

TEXTE

164/2024

Die Grenzen des Konsums: Nachhaltiger Konsum unter der Berücksichtigung von planetaren Grenzen und globalen Wachstumsdynamiken

Abschlussbericht

TEXTE 164/2024

Ressortforschungsplan des Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3720 37 306 0
FB001528

Die Grenzen des Konsums: Nachhaltiger Konsum unter der Berücksichtigung von planetaren Grenzen und globalen Wachstumsdynamiken

Abschlussbericht

von

Dr. Monika Dittrich, Axel Liebich, Birte Ewers, Anja
Kathan, Clemens Wingenbach, Sonja Limberger,
Dr. Lars-Arvid Brischke

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH,
Heidelberg

Daniel Weiß, Lea Mohnen, Lucca Maixner, Benno Keppner,
Leon Leuser, Ulrike Knörzer, Jan Christian Polanía Giese
adelphi, Berlin

Dr. Karl Schoer
Wiesbaden

Johannes Müller
ecoinvent Association, Zürich (Schweiz)

Konzeption und Gestaltung von Infografiken:
Julia Olliges (adelphi) und Marina Piselli (STUDIO GRAFICO)

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt

Wörlitzer Platz 1

06844 Dessau-Roßlau

Tel: +49 340-2103-0

Fax: +49 340-2103-2285

info@umweltbundesamt.de

Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH

Wilckensstr. 3

69120 Heidelberg

Abschlussdatum:

November 2023

Redaktion:

Fachgebiet III 1.1: Übergreifende Aspekte des Produktbezogenen Umweltschutzes,
Nachhaltige Konsumstrukturen, Innovationsprogramm

Dr. Michael Bilharz

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, November 2024

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Die Grenzen des Konsums: Nachhaltiger Konsum unter der Berücksichtigung von planetaren Grenzen und globalen Wachstumsdynamiken

Das Konzept der „Planetaren Grenzen“ (Planetary Boundaries), welches die Belastungsgrenzen der Erde quantifiziert, hat in den letzten Jahren zunehmend Einzug in die wissenschaftliche und politische Diskussion erhalten. Mit der Feststellung, dass die planetaren Grenzen bereits heute teilweise überschritten sind, drängt sich die Frage auf, wie anschlussfähige und global verallgemeinerbare Konsummuster aussehen könnten, die innerhalb planetarer Grenzen bleiben.

Der Bericht geht – ausgehend von durchschnittlichen Konsummustern in Deutschland – dieser Frage nach. Dazu wurden elf repräsentative und skalierbare Konsumgüter wie Auto, IKT-Ausstattung und Baumwolle definiert. Deren Konsum und die damit verbundenen Umweltwirkungen wurden in Bezug zu einzelnen planetaren Grenzen bzw. dem Budget gesetzt, das pro Person zur Verfügung steht. Der Bericht konzentriert sich auf das zukünftige Konsumverhalten im Jahr 2050 und geht davon aus, dass die Welt bis dahin vollständig defossilisiert sein wird. Zukünftige Umweltwirkungen wurden auf dieser Basis mittels prospektiver Ökobilanzen berechnet. Hieraus wurden in Form von Personas beispielhaft sechs Konsummuster entwickelt und skizziert, die innerhalb planetarer Grenzen leben. Diese idealtypischen Konsummuster für das Jahr 2050 wurden dann den vergangenen, aktuellen und potenziellen zukünftigen globalen Wachstumsdynamiken der repräsentativen Güter gegenübergestellt.

Der Bericht macht durch die Konsumperspektive greifbar, wie ein Leben innerhalb planetarer Grenzen aussehen könnte. Er liefert Leitlinien für das Konsumverhalten in einer zukünftigen, defossilisierten Welt und skizziert potenzielle global verallgemeinerbare und anschlussfähige Konsummuster.

Abstract: The limits of consumption: Sustainable consumption taking into account planetary boundaries and global growth dynamics

The concept of "Planetary Boundaries", which quantifies the Earth's limits, has increasingly become part of the scientific and political debate in recent years. Recognising that planetary boundaries are already being partially exceeded today, the question arises as to what relatable and globally generalisable consumption patterns could look like that remain within planetary boundaries.

The report examines this question based on average consumption patterns in Germany. To this end, eleven representative and scalable consumer goods such as cars, ICT devices and cotton were defined. Their consumption and the associated environmental impacts were set in relation to individual planetary boundaries and the budgets available per person. The report focuses on future consumption patterns in 2050 and assumes that the world will be completely defossilised by then. Future environmental impacts were calculated on this basis using prospective life cycle assessments. From this, six exemplary consumption patterns were developed and outlined in the form of personas that live within planetary boundaries. These idealised consumption patterns for the year 2050 were then compared with the past and current as well as potential future global growth dynamics of the representative goods.

Through the consumer perspective, the report makes tangible what a life within planetary boundaries could look like. It provides guidelines for consumer behaviour in a future, defossilised world and outlines potential globally generalisable and relatable consumption patterns.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	6
Abbildungsverzeichnis.....	9
Tabellenverzeichnis.....	16
Abkürzungsverzeichnis.....	21
Zusammenfassung.....	23
Summary.....	38
1 Einleitung.....	52
1.1 Hintergrund und Zielsetzung im Projekt.....	52
1.2 Aufbau des Endberichts.....	53
2 Stand des Wissens.....	55
2.1 Literatur.....	55
2.2 Zentrale Ergebnisse.....	65
3 Identifikation von Konsummustern.....	68
3.1 Vorgehen und Methodik.....	68
3.1.1 Konkretisierung der planetaren Grenzen.....	70
3.1.2 Auswahl repräsentativer Güter.....	71
3.1.3 Methode zur Bestimmung der Umweltwirkungen der repräsentativen Güter in 2050.....	76
3.1.4 Relevante Umweltwirkungen im Rahmen der planetaren Grenzen.....	79
3.1.5 Theoretische und empirische Grundlagen für Konsummuster.....	80
3.1.6 Erarbeitung eines Rechentools.....	81
3.1.7 Erarbeitung der Konsummuster.....	83
3.2 Das Konzept der Planetaren Grenzen und die im Projekt genutzten Grenzwerte.....	85
3.2.1 Das Konzept der Planetaren Grenzen.....	85
3.3 Ableitung der Grenzwerte für das Projekt Grenzen des Konsums.....	86
3.3.1 Die im Projekt genutzte Grenze der Dimension Klimawandel.....	87
3.3.2 Die im Projekt genutzte Grenze der Dimension Landnutzung.....	88
3.3.3 Die im Projekt genutzte Grenze der Dimension Süßwasser.....	88
3.3.4 Die im Projekt genutzten Grenzen der Dimension Biogeochemische Flüsse.....	88
3.4 Die repräsentativen Güter.....	89
3.4.1 Repräsentatives Gut 1: Milch und Ergebnisse der Lancet-Studie.....	89
3.4.2 Repräsentatives Gut 2: Auto.....	91

3.4.3	Repräsentatives Gut 3: Elektrofahrrad	93
3.4.4	Repräsentatives Gut 4: ÖPV.....	93
3.4.5	Repräsentatives Gut 5: Flug.....	94
3.4.6	Repräsentatives Gut 6: Haustiere	96
3.4.7	Repräsentatives Gut 7: Baumwolle.....	97
3.4.8	Repräsentatives Gut 8: Wohnfläche	99
3.4.9	Repräsentatives Gut 9: Haushaltsausstattung.....	101
3.4.10	Repräsentatives Gut 10: IKT-Ausstattung.....	102
3.4.11	Repräsentatives Gut 11: Strom.....	103
3.5	Ergebnisse für den heutigen Durchschnitt: Wo sind Konsumreduktionen der Bürger*innen nötig, um 2050 im Rahmen der planetaren Grenzen zu liegen?	104
3.6	Ergebnisse für den GreenSupreme Durchschnitt	109
3.7	Anschlussfähige Konsummuster	112
3.7.1	Literaturübersicht Konsummuster.....	112
3.7.2	Statistische Datengrundlagen.....	117
3.7.3	Beschreibung der einzelnen Konsummuster	119
3.8	Schlussfolgerungen	147
3.8.1	Zusammenfassung und Vergleich der Konsummuster	147
3.8.2	Unsicherheiten.....	151
3.8.3	Fazit.....	153
4	Globale Wachstumsdynamiken und Nachfragetrends der repräsentativen Güter	155
4.1	Vorgehen und Methodik.....	155
4.2	Auswahl Ländergruppen	156
4.3	Zukünftige Marktentwicklung.....	157
4.4	Die Dynamik der repräsentativen Güter.....	159
4.4.1	Repräsentatives Gut 1: Milch.....	159
4.4.2	Repräsentatives Gut 2: Auto.....	174
4.4.3	Repräsentatives Gut 3: ÖPV.....	193
4.4.4	Repräsentatives Gut 4: Flug.....	207
4.4.5	Repräsentatives Gut 5: Haustiere	224
4.4.6	Repräsentatives Gut 6: Baumwolle.....	238
4.4.7	Repräsentatives Gut 7: Wohnfläche	251
4.4.8	Repräsentatives Gut 8: Haushaltsausstattung.....	262
4.4.9	Repräsentatives Gut 9: IKT-Ausstattung.....	275

4.4.10	Repräsentatives Gut 10: Strom.....	287
4.4.11	Länderstudie Indien	299
4.4.12	Länderstudie Südafrika	312
4.5	Schlussfolgerungen	327
4.5.1	Zusammenfassung und Vergleich der Konsumdynamiken.....	327
4.5.2	Die globale Nachfragedynamik vor dem Hintergrund nachhaltiger Konsummuster	331
4.5.3	Konsummuster und planetare Grenzen.....	333
4.5.4	Fazit.....	335
5	Zusammenfassung und Fazit zum Projekt.....	336
A	Anhang zu Kapitel 3: Betrachtung weiterer Umweltwirkungen	341
A.1	Weitere betrachtete Ressourcen- bzw. Wirkungskategorien.....	341
A.2	Ressourceninanspruchnahme und Umweltwirkungen der repräsentativen Güter	347
A.3	Weitere Umweltwirkungen der betrachteten Konsummuster.....	349
A.3.1	GreenSupreme Durchschnittsbürger*in.....	349
A.3.2	Familie Yilmaz	351
A.3.3	Ehepaar Schmitt.....	352
A.3.4	Chris Bassey	354
A.3.5	Familie Kaulatz	356
A.3.6	Familie Nowak.....	358
A.3.7	Villa Kunterbunt	360
A.4	Zusammenfassung	362
B	Anhang zu Kapitel 4.....	370
B.1	Länder und Zuordnung zu den drei gewählten Ländergruppen	370
6	Quellenverzeichnis	381

Abbildungsverzeichnis

Abbildung Z- 1:	Der Konsum des heutigen Durchschnitts im Vergleich zu den planetaren Grenzen (Nicht-CO ₂ -Effekte des Flugverkehrs werden berücksichtigt).....	27
Abbildung Z- 2:	Der Konsum des GreenSupreme-Durchschnitts im Vergleich zu den planetaren Grenzen (Nicht-CO ₂ -Effekte des Flugverkehrs werden berücksichtigt).....	27
Abbildung Z- 3:	Konsum der repräsentativen Güter der entwickelten Konsummuster und des Durchschnitts heute & 2050 im Vergleich	30
Abbildung Z- 4:	THG-Emissionen durch den Konsum der repräsentativen Güter (ohne Ernährung) im Jahr 2050 und heute relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich.....	31
Abbildung Z- 5:	Ausschnitt aus den Grafiken zum weltweit wachsenden Güterwohlstand 2050.....	36
Figure S- 1:	The consumption of today's average compared to the planetary boundaries (non-CO ₂ effects of air travel are considered)	42
Figure S- 2:	The consumption of the GreenSupreme average compared to the planetary boundaries (non-CO ₂ effects of air travel are considered)	42
Figure S- 3:	Comparison of consumption levels of representative goods for the developed consumption patterns and the average citizen today and in 2050	44
Figure S- 4:	GHG emissions from the consumption of representative goods (excluding food) in 2050 and today relative to the planetary boundaries.....	45
Figure S- 5:	Excerpt from the graphics on global growth in consumer goods in 2050	50
Abbildung 1:	Ergebnisdarstellung: Einhaltung bzw. Überschreitung der Dimensionen im KPG durch den gesamten Konsum (Beispiel) 82	
Abbildung 2:	Ergebnisdarstellung: Anteile der Konsumfelder an der Inanspruchnahme der Dimensionen im KPG (Beispiel).....	82
Abbildung 3:	Aufbau des Rechentools am Beispiel Konsumfeld Kleidung (Beispiel)	83
Abbildung 4:	Aufbau des Rechentools am Beispiel Ernährung.....	83
Abbildung 5:	Vorbereitung und Auswahl der Personas.....	84
Abbildung 6:	Das Konzept der planetaren Grenzen	85

Abbildung 7:	Planetare Grenzen-relevante Umweltwirkungen von Milch, heute und in 2050	89
Abbildung 8:	Zwecke für die Nutzung des Pkw, 2018 und 2005 im Vergleich	91
Abbildung 9:	Umweltwirkungen eines Elektroautos*, 2020 und 2050	92
Abbildung 10:	Umweltwirkungen eines Autos mit Verbrennungsmotor*, 2020 und 2050	92
Abbildung 11:	Umweltwirkungen von Fahrten mit E-Bikes, 2020 und 2050...	93
Abbildung 12:	Umweltwirkungen durch die Nutzung von ÖPV, 2020 und 2050	94
Abbildung 13:	Umweltwirkungen von Flügen (nur Kraftstoff), 2020 und 2050	95
Abbildung 14:	Umweltwirkungen von Flügen (inkl. anderer Effekte), 2020 und 2050	96
Abbildung 15:	Umweltwirkungen von Hundefutter, 2020 und 2050	97
Abbildung 16:	Umweltwirkungen von Baumwollstoff, 2020 und 2050.....	98
Abbildung 17:	Umweltwirkungen von synthetischen Stoffen, 2020 und 2050	99
Abbildung 18:	Umweltwirkungen eines konventionellen Wohngebäudes, 2020 und 2050.....	101
Abbildung 19:	Umweltwirkungen der durchschnittlichen Haushaltsausstattung, 2020 und 2050	102
Abbildung 20:	Umweltwirkungen der IKT-Ausstattung, 2020 und 2050	103
Abbildung 21:	Umweltwirkungen von Strom, 2020 und 2050	104
Abbildung 22:	Der Konsum des/der heutigen Durchschnittsbürger*in (repräsentative Güter) im Vergleich zu den planetaren Grenzen (ohne Nicht-CO ₂ -Effekte beim Flug)	106
Abbildung 23:	Der Konsum des/der heutigen Durchschnittsbürger*in im Vergleich zu den planetaren Grenzen (Nicht-CO ₂ -Effekte des Flugs werden berücksichtigt).....	107
Abbildung 24:	Umweltwirkungen des deutschen Durchschnittskonsums der repräsentativen Güter (ohne Ernährung und Sockelbeitrag) relativ zu den planetaren Grenzen	108
Abbildung 25:	Umweltwirkungen des deutschen Durchschnittskonsums der repräsentativen Güter (ohne Ernährung) relativ zu den CO ₂ - und Stickstoffbudgets ohne und mit Transformation sowie mit reduzierten Konsummengen	109
Abbildung 26:	Der Konsum der/des GreenSupreme-Durchschnittsbürgerin/s im Vergleich zu den planetaren Grenzen (nur CO ₂ beim Flug)	112

Abbildung 27:	Der Konsum der/des GreenSupreme-Durchschnittsbürgerin/s im Vergleich zu den planetaren Grenzen (Nicht-CO ₂ -Effekte des Flugs werden berücksichtigt).....	112
Abbildung 28:	Anteil der Personen in Haushalten nach Haushaltsgröße	117
Abbildung 29:	Familie Yilmaz – Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) relativ zu den planetaren Grenzen.....	122
Abbildung 30:	Familie Yilmaz – Umweltwirkungen der Ernährung pro Person relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich mit dem Durchschnitt im Jahr 2050	123
Abbildung 31:	Familie Yilmaz – Umweltwirkungen des Konsumfeldes Ernährung (links) und des Konsums ohne Ernährung (rechts) relativ zu den planetaren Grenzen/ Budget im Jahr 2050	123
Abbildung 32:	Ehepaar Schmitt – Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) relativ zu den planetaren Grenzen.....	126
Abbildung 33:	Ehepaar Schmitt – Umweltwirkungen der Ernährung relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich mit dem Durchschnitt im Jahr 2050	127
Abbildung 34:	Ehepaar Schmitt - Umweltwirkungen des Konsumfeldes Ernährung (links) und des Konsums ohne Ernährung (rechts) relativ zu den planetaren Grenzen/ Budget im Jahr 2050	128
Abbildung 35:	Chris Bassey – Umweltwirkungen des Konsums (ohne Ernährung) relativ zu den planetaren Grenzen	131
Abbildung 36:	Chris Bassey – Umweltwirkungen der Ernährung relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich mit dem Durchschnitt im Jahr 2050	132
Abbildung 37:	Chris Bassey - Umweltwirkungen des Konsumfeldes Ernährung (links) und des Konsums ohne Ernährung (rechts) relativ zu den planetaren Grenzen/ Budget im Jahr 2050	133
Abbildung 38:	Familie Kaulatz – Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) relativ zu den planetaren Grenzen.....	136
Abbildung 39:	Familie Kaulatz – Umweltwirkungen der Ernährung relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich mit dem Durchschnitt im Jahr 2050	137
Abbildung 40:	Familie Kaulatz - Umweltwirkungen des Konsumfeldes Ernährung (links) und des Konsums ohne Ernährung (rechts) relativ zu den planetaren Grenzen/ Budget im Jahr 2050	137
Abbildung 41:	Familie Nowak – Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) relativ zu den planetaren Grenzen.....	140
Abbildung 42:	Familie Nowak – Umweltwirkungen der Ernährung relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich mit dem Durchschnitt im Jahr 2050	141

Abbildung 43:	Familie Nowak - Umweltwirkungen des Konsumfeldes Ernährung (links) und des Konsums ohne Ernährung (rechts) relativ zu den planetaren Grenzen/ Budget im Jahr 2050	142
Abbildung 44:	Villa Kunterbunt – Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) relativ zu den planetaren Grenzen.....	145
Abbildung 45:	Villa Kunterbunt – Umweltwirkungen der Ernährung relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich mit dem Durchschnitt im Jahr 2050	146
Abbildung 46:	Villa Kunterbunt – Umweltwirkungen des Konsumfeldes Ernährung (links) und des Konsums ohne Ernährung (rechts) relativ zu den planetaren Grenzen/ Budget im Jahr 2050	146
Abbildung 47:	THG-Emissionen durch den Konsum der repräsentativen Güter (ohne Ernährung) im Jahr 2050 und heute relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich.....	148
Abbildung 48:	Waldverlust durch den Konsum der repräsentativen Güter (ohne Ernährung) im Jahr 2050 und heute relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich.....	149
Abbildung 49:	Phosphor durch den Konsum der repräsentativen Güter (ohne Ernährung) im Jahr 2050 und heute relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich	149
Abbildung 50:	Stickstoff durch den Konsum der repräsentativen Güter (ohne Ernährung) im Jahr 2050 und heute relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich	150
Abbildung 51:	Süßwasserbedarf durch den Konsum der repräsentativen Güter (ohne Ernährung) im Jahr 2050 und heute relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich.....	150
Abbildung 52:	Umweltwirkungen der Ernährung für die verschiedenen Ernährungsformen im Vergleich.....	151
Abbildung 53:	Jährliche Milchproduktion weltweit, 1990 – 2019.....	161
Abbildung 54:	Konsum von Milchderivaten, absolut, weltweit, 1990 – 2019	161
Abbildung 55:	Konsum von Milch- und Milchprodukten (exkl. Butter), Afrika, 1990 – 2019*	163
Abbildung 56:	Konsum von Milch- und Milchprodukten (exkl. Butter), Asien, 1990 – 2019*	164
Abbildung 57:	Konsum von Milch- und Milchprodukten (exkl. Butter), Europa, 1990 – 2019*	166
Abbildung 58:	Konsum von Milch- und Milchprodukten (exkl. Butter), Lateinamerika, 1990 – 2019*	167
Abbildung 59:	Konsum von Milch- und Milchprodukten (exkl. Butter), Ozeanien, 1990 – 2019*	168

Abbildung 60:	Verteilung des Pro-Kopf-Konsums von Milch und Milchprodukten (exkl. Butter) nach Einkommen	169
Abbildung 61:	Pro-Kopf-Konsum und Einkommen, ausgewählte Länder, 2020	170
Abbildung 62:	Szenarien der zukünftigen Entwicklung des globalen Konsums von Milchprodukten bis 2050.....	171
Abbildung 63:	Entwicklung der Verkehrsleistung von Pkws in ausgewählten Ländern von 1990 bis 2009	176
Abbildung 64:	Pkw-Registrierungen bzw. -Verkauf und -Produktion weltweit seit 1990	178
Abbildung 65:	Pkw-Registrierung/Verkauf nach Kontinenten.....	179
Abbildung 66:	Verkehrsleistung der Pkws (in Pkm pro Person) für ausgewählte Länder zwischen 1990 und 2019	184
Abbildung 67:	Motorisierungsgrad nach Einkommensgruppen für das Jahr 2019 (für ausgewählte Länder)	187
Abbildung 68:	Weltweite Einkommensdynamik und Pkw-Bestand seit 1990 (Indexiert, 1990 =100)	188
Abbildung 69:	Zukünftige Szenarien des weltweiten Pkw-Bestandes bis 2050 (Ausgangsjahr 2020).....	189
Abbildung 70:	Zukünftige Szenarien der weltweiten Verkehrsleistung der Pkws bis 2050 (Basisjahr 2020).....	190
Abbildung 71:	Schienenverkehrsleistung weltweit zwischen 1995 – 2016 und Verkehrsleistung pro Kopf 2016.....	194
Abbildung 72:	Verkehrsleistung des Personenschienenverkehrs zwischen 1995 und 2018, nach regionalen Gruppen.....	195
Abbildung 73:	Passagieranzahl einzelner Länder Europas nach Regional- bzw. Fernzügen in Millionen (Ergebnisse einer Studie für die Jahre 2014 und 2015).....	198
Abbildung 74:	Schienenverkehrsleistung pro Person nach Einkommensgruppen für das Jahr 2017	201
Abbildung 75:	Entwicklung der weltweiten Schienenverkehrsleistung, der Bevölkerungszahl und des BIP pro Kopf 1995 – 2020 (Indexiert, 1995=100).....	203
Abbildung 76:	Zukünftige Szenarien des Schienenverkehrs bis 2050 (Basisjahr 2019).....	204
Abbildung 77:	Weltweites Luftverkehrswachstum.....	209
Abbildung 78:	Anzahl der beförderten Passagiere im Luftverkehr, 1990 – 2020	209
Abbildung 79:	Anzahl beförderter Passagiere im Luftverkehr, 1990 – 2020 nach Regionen	210
Abbildung 80:	Flugverkehrsaufkommen nach Einkommensgruppen für das Jahr 2019	218

Abbildung 81:	Entwicklung des weltweiten Passagieraufkommens und BIP pro Person 1990 – 2020 (Indexiert, 1990=100)	219
Abbildung 82:	Zukünftige Szenarien des Flugverkehrs bis 2050 (Ausgangsjahr 2019).....	220
Abbildung 83:	Verteilung der Flugverkehrsleistung auf die Regionen weltweit 2018 und 2050.....	221
Abbildung 84:	Weltweite Ausgaben für den Haustierbedarf 2010 – 2019 [in Mrd. USD]	226
Abbildung 85:	Entwicklung des Einkommens, der Bevölkerung und des Haustierbesitzes in den USA seit 1995 (Indexiert, 1995=100)	233
Abbildung 86:	Zukünftige Szenarien der Haustierpopulation (Katzen und Hunde) bis 2050.....	235
Abbildung 87:	Weltweite Baumwollfaserproduktion nach Regionen und Produktionsmenge pro Person, 1990 – 2019	239
Abbildung 88:	Globaler Baumwollfaserverbrauch der Spinnereien, 1990 – 2020	240
Abbildung 89:	Entwicklung der weltweiten Faser-Nachfrage, 1960 – 2020..	240
Abbildung 90:	Entwicklung des globalen Baumwollverbrauchs der Spinnereien, der Bevölkerung und des Einkommens zwischen 1990 und 2020 (Indexiert, 1990=100)	247
Abbildung 91:	Zukünftige Szenarien des Baumwollverbrauchs bis 2050 (Basisjahr der Berechnung 2020)	248
Abbildung 92:	Entwicklung der durchschnittlichen Wohnfläche pro Kopf, 1960-2020, ausgewählte Länder weltweit	252
Abbildung 93:	Entwicklung der Pro- Kopf- Wohnfläche in ausgewählten Ländern, 2000-2017	256
Abbildung 94:	Pro-Kopf- Wohnfläche nach Pro-Kopf-Einkommen.....	258
Abbildung 95:	Projektion zur künftigen Entwicklung des absoluten Wohnraumbedarfs bis 2050	260
Abbildung 96:	Entwicklung der Eigentumsrate von Kühlschränken, 1995-2020, ausgewählte Länder des globalen Südens.....	264
Abbildung 97:	Anteil der Haushalte mit einem Kühlschrank, für ausgewählte afrikanische Länder (für verfügbare Jahre zwischen 1992 und 2019).....	266
Abbildung 98:	Anteil der Haushalte mit einem Kühlschrank, für ausgewählte asiatische Länder (für verfügbare Jahre zwischen 1992 und 2019).....	267
Abbildung 99:	Anteil der Haushalte mit einem Kühlschrank, für ausgewählte lateinamerikanische Länder (für verfügbare Jahre zwischen 1992 und 2019).....	269

Abbildung 100:	Anteil der Haushalte, die einen Kühlschrank besitzen, nach Einkommen pro Kopf.....	271
Abbildung 101:	Anteil der Haushalte, die über einen Kühlschrank verfügen, nach Einkommensgruppen.....	272
Abbildung 102:	Anteil der Haushalte mit einem Computer zu Hause, weltweit, 2002-2017.....	277
Abbildung 103:	Anteile Haushalte mit einem Computer zu Hause nach Einkommensgruppen, 2017, in %.....	281
Abbildung 104:	Anteil der Haushalte in Besitz eines TV-Geräts, nach Einkommensgruppen, in %.....	281
Abbildung 105:	Zukünftige Szenarien des Besitzes an Computern bis 2050 (Basisjahr 2015)	283
Abbildung 106:	Weltweiter Stromverbrauch privater Haushalte und Verbrauch pro Person zwischen 1990 und 2020.....	288
Abbildung 107:	Stromverbrauch privater Haushalte je Einwohner*in nach Regionen, 1990 - 2020.....	289
Abbildung 108:	Stromverbrauch privater Haushalte nach Einkommensgruppen, 1990 - 2020	294
Abbildung 109:	Zugang zu Elektrizität in der Welt nach Einkommensgruppen, 2000 - 2020.....	295
Abbildung 110:	Stromverbrauch privater Haushalte nach durchschnittlichem Wachstum der Länder zwischen 1990 und 2020	296
Abbildung 111:	Entwicklung des Einkommens und der Bevölkerung in Indien, 1990-2020.....	300
Abbildung 112:	Fahrzeugbestand Indiens nach Kategorien, 2000 – 2019 (in 1000).....	301
Abbildung 113:	Szenarien des zukünftigen Milchkonsums, Indien 2020-2050	306
Abbildung 114:	Szenarien des zukünftigen Flugverkehrs, Indien 2020-2050..	307
Abbildung 115:	Der Konsum des/der GreenSupreme Durchschnittsbürger*in relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung).....	350
Abbildung 116:	Der Konsum der Familie Yılmaz relativ zu den Vergleichswerten	352
Abbildung 117:	Der Konsum des Ehepaars Schmitt relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung)	354
Abbildung 118:	Der Konsum von Chris Bassey relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung).....	356
Abbildung 119:	Der Konsum der Familie Kaulatz relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung)	358
Abbildung 120:	Der Konsum der Familie Nowak relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung)	360

Abbildung 121:	Der Konsum der Villa Kunterbunt relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung) 362
Abbildung 122:	KRA durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050 relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung).....363
Abbildung 123:	KEA durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050 relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung).....364
Abbildung 124:	Naturraumbeanspruchung durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050 relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung) 365
Abbildung 125:	Hemerobie durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050 relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung) 365
Abbildung 126:	GWP100 durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050 relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung).....366
Abbildung 127:	Versauerungspotenzial durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050 relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung) 367
Abbildung 128:	ODP durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050 relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung).....367
Abbildung 129:	PM10 durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050 relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung).....368
Abbildung 130:	PM2,5 durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050 relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung).....368

Tabellenverzeichnis

Tabelle Z- 1:	Vergleich der durchschnittlichen, nachhaltigen Konsummengen (GreenSupreme) und der zukünftigen Konsummengen, abgeleitet aus aktuellen Trends (im SSP2 und im SSP5) 33
Tabelle Z- 2:	Ausschnitt aus den für die planetaren Grenzen relevanten Umweltwirkungen (mit niedriger (SSP2) und hoher (SSP5) Abschätzung) auf Basis der hochgerechneten Gütermengen für das Jahr 2050.....34
Table S- 1:	Comparison of average sustainable consumption levels (GreenSupreme) and future consumption levels, derived from current trends (in SSP2 and SSP5) 47
Table S- 2:	Extract from the environmental impacts relevant to planetary boundaries with average (SSP2) and high (SSP5) estimates

	based on the extrapolated quantities of consumer goods for the year 2050.....	48
Tabelle 1:	Überblick und ausgewählte Ergebnisse der 16 ausgewerteten Studien.....	57
Tabelle 2:	Ausgewählte Datensätze für die repräsentativen Güter.....	72
Tabelle 3:	Übersicht der verwendeten Elementarflüsse aus Ecoinvent Sachbilanzen	79
Tabelle 4:	Grenzwerte und Unsicherheitsbereiche im Konzept der Planetaren Grenzen nach Steffen et al. (2015)	86
Tabelle 5:	Vergleich der durchschnittlichen Ernährung in Deutschland mit der EAT-Lancet Referernzernährung	90
Tabelle 6:	Zuordnung und Gewichtung der Produkte zu den Materialgruppen des IÖR	99
Tabelle 7:	Relevante Umweltwirkungen der heutigen Durchschnittsperson im Konsumfeld Ernährung auf die planetaren Grenzen (keine Änderung bei den Lebensmittelabfällen).....	105
Tabelle 8:	Relevante Umweltwirkungen pro Person durch den Konsum der repräsentativen Güter auf die planetaren Grenzen (heute, ohne und mit Transformationen nach GreenSupreme).....	105
Tabelle 9:	Umweltwirkungen pro Person im Konsumfeld Ernährung.....	110
Tabelle 10:	Umweltwirkungen pro Person durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050	111
Tabelle 11:	Konsumausgaben privater Haushalte 2018	118
Tabelle 12:	Bandbreiten bei den privaten Konsumausgaben 2019	118
Tabelle 13:	Konsummuster der Familie Yilmaz im Vergleich zum Durchschnitt 2050	120
Tabelle 14:	Familie Yilmaz –Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050	121
Tabelle 15:	Familie Yilmaz – Umweltwirkungen des Konsums (ohne Ernährung) nach Gütern im Jahr 2050	121
Tabelle 16:	Familie Yilmaz – Umweltwirkungen pro Person im Bedürfnisfeld Ernährung im Jahr 2050.....	122
Tabelle 17:	Konsummuster des Ehepaars Schmitt im Vergleich zum Durchschnitt 2050	124
Tabelle 18:	Ehepaar Schmitt –Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050.....	125
Tabelle 19:	Ehepaar Schmitt – Umweltwirkungen des Konsums (ohne Ernährung) nach Gütern im Jahr 2050	125

Tabelle 20:	Ehepaar Schmitt – planetare Grenzen-relevante Umweltwirkungen pro Person im Bedürfnisfeld Ernährung im Jahr 2050	127
Tabelle 21:	Konsummuster von Chris Bassey im Vergleich zum Durchschnitt 2050	129
Tabelle 22:	Chris Bassey – planetare Grenzen-relevante Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050	129
Tabelle 23:	Chris Bassey – Umweltwirkungen des Konsums (ohne Ernährung) nach Gütern im Jahr 2050	130
Tabelle 24:	Umweltwirkungen pro Person im Bedürfnisfeld Ernährung von Chris Bassey im Jahr 2050	131
Tabelle 25:	Konsummuster der Familie Kaulatz im Vergleich zum Durchschnitt 2050	134
Tabelle 26:	Familie Kaulatz – Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) pro Person und Jahr im Jahr 2050.....	134
Tabelle 27:	Familie Kaulatz – Umweltwirkungen des Konsums (ohne Ernährung) nach Gütern im Jahr 2050	135
Tabelle 28:	Umweltwirkungen pro Person im Bedürfnisfeld Ernährung der Familie Kaulatz im Jahr 2050	136
Tabelle 29:	Konsummuster der Familie Nowak im Vergleich zum Durchschnitt 2050	138
Tabelle 30:	Familie Nowak – Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) pro Person und Jahr im Jahr 2050.....	139
Tabelle 31:	Familie Nowak – Umweltwirkungen des Konsums (ohne Ernährung) nach Gütern im Jahr 2050	139
Tabelle 32:	Umweltwirkungen pro Person im Bedürfnisfeld Ernährung der Familie Nowak im Jahr 2050.....	141
Tabelle 33:	Konsummuster der Villa Kunterbunt im Vergleich zum Durchschnitt 2050	143
Tabelle 34:	Villa Kunterbunt – Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050.....	143
Tabelle 35:	Villa Kunterbunt – Umweltwirkungen des Konsums (ohne Ernährung) nach Gütern im Jahr 2050	144
Tabelle 36:	Umweltwirkungen pro Person im Bedürfnisfeld Ernährung der Villa Kunterbunt im Jahr 2050.....	145
Tabelle 37:	Konsum der repräsentativen Güter im Vergleich (Angaben pro Person).....	147
Tabelle 38:	Entwicklung der Konsummenge von Milch und Milchprodukten	171
Tabelle 39:	Vergleich der Projektion zu Referenzberechnungen.....	172
Tabelle 40:	Umweltwirkungen des Milchkonsums heute und 2050 weltweit	173

Tabelle 41:	Umweltwirkungen der globalen Verkehrsleistung der Pkws heute und 2050*	191
Tabelle 42:	Umweltwirkungen des globalen Schienenverkehrs (als Beispiel des ÖPV) heute und 2050.....	205
Tabelle 43:	Umweltwirkungen des Fliegens heute und 2050 weltweit....	222
Tabelle 44:	Umweltwirkungen von Haustieren (bzw. Haustierfutter) heute und 2050 weltweit.....	236
Tabelle 45:	Umweltwirkungen des globalen Baumwollverbrauchs heute und 2050.....	249
Tabelle 46:	Wohnfläche pro Kopf im Jahr 2050	260
Tabelle 47:	Umweltwirkungen der globalen Wohnfläche heute und 2050	261
Tabelle 48:	Globale Ausstattung mit Haushaltsgütern pro Person im Jahr 2050	273
Tabelle 49:	Umweltwirkungen des globalen Besitzes von Haushaltsgeräten heute und 2050	274
Tabelle 50:	Entwicklung des Besitzes an Computern.....	284
Tabelle 51:	Entwicklung des Besitzes an mobilen Geräten.....	284
Tabelle 52:	IKT-Warenkorb im Jahr 2050, Ausstattung pro Kopf.....	285
Tabelle 53:	Umweltwirkungen der weltweiten IKT-Nutzung heute und 2050	286
Tabelle 54:	Umweltwirkungen der globalen Stromproduktion	298
Tabelle 55:	Zukünftiger Elektrizitätsbedarf Indiens nach Szenarien der IEA und Teske (2019)	308
Tabelle 56:	Umweltwirkungen des indischen Milchkonsums heute und 2050	308
Tabelle 57:	Umweltwirkungen des Flugverkehrs in Indien heute und 2050	309
Tabelle 58:	Umweltwirkungen des Stromverbrauchs in Indien heute und 2050	310
Tabelle 59:	Entwicklung des Konsums ausgewählter Güter in Südafrika	322
Tabelle 60:	Umweltwirkungen des Konsums von Milch- und Milchprodukten in Südafrika heute und 2050	323
Tabelle 61:	Umweltwirkungen des Stromverbrauchs in Südafrika heute und 2050.....	325
Tabelle 62:	Umweltwirkungen der ÖPV-Nutzung in Südafrika heute und 2050	325
Tabelle 63:	Vergleich der durchschnittlichen, nachhaltigen Konsummengen in GreenSupreme und der Konsummengen, abgeleitet aus aktuellen Trends	332
Tabelle 64:	Umweltwirkungen, niedrige (SSP2) und hohe Abschätzung (SSP5)	333

Tabelle 65:	Basisdaten für die Ableitung des Vergleichswertes für Deutschland im Jahr 2020	343
Tabelle 66:	Umweltwirkungen nach Gütern im Jahr 2050 (Teil 1).....	347
Tabelle 67:	Umweltwirkungen nach Gütern im Jahr 2050 (Teil 2).....	348
Tabelle 68:	Umweltwirkungen des Konsums des GreenSupreme Durchschnitts (ohne Ernährung) im Jahr 2050	349
Tabelle 69:	Familie Yilmaz – zusätzliche Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050	351
Tabelle 70:	Ehepaar Schmitt – zusätzliche Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050	353
Tabelle 71:	Chris Bassey – zusätzliche Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050	354
Tabelle 72:	Familie Kaulatz – zusätzliche Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050	356
Tabelle 73:	Familie Nowak – zusätzliche Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050	358
Tabelle 74:	Villa Kunterbunt – zusätzliche Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050	360
Tabelle 75:	Gruppierung der Länder geographisch, nach Einkommen und nach Wachstumsdynamik.....	370

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
BIP	Bruttoinlandsprodukt
CCS	Carbon Capture and Storage
CH	Schweiz
CH₄	Methan
CO₂	Kohlendioxid
CO₂-Äq.	Kohlendioxid-Äquivalente
DE	Deutschland
EFH	Einfamilienhaus
FAO	Food and Agriculture Organisation of the United Nations
GDH	Gewerbe, Dienstleistungen und Handel
GLO	Global
GWh	Gigawattstunden
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
IVH	Industrieverband Heimtierbedarf
KEA	Kumulierter Energieaufwand
KPG	Konzept Planetare Grenzen
KRA	Kumulierter Rohstoffaufwand
kWh	Kilowattstunde
LULUCF	Land use and land use change, Landnutzung und Landnutzungsänderungen
MFH	Mehrfamilienhaus
N	Stickstoff
N₂O	Lachgas
OPD	engl. Ozone Depletion Potential; dt. Ozonabbaupotential
ÖPFV	Öffentlicher Personenfernverkehr
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖPV	Öffentlicher Personenverkehr
P	Phosphor
PG	Planetare Grenze(n)
Pkm	Personenkilometer

Abkürzung	Erläuterung
Pkw	Personenkraftwagen
PtX	Power to X – Strom zu anderen Energieträgern
PV	Photovoltaik
PWh	Petawattstunde (entspricht 1.000 Terrawattstunden)
RER	Rest of Europe, EU-28 ohne Deutschland
RoW	Rest of World, Welt ohne EU-28
SDG(s)	Sustainable Development Goal(s)
SSP	Shared Socioeconomic Pathways
THG	Treibhausgase
UBA	Umweltbundesamt
UNEP	United Nations Environment Programm
UNEP-IRP	UNEP-International Resource Panel

Zusammenfassung

Hintergrund

Seit Jahrzehnten steigt mit zunehmendem Wohlstand und steigender Bevölkerung die Inanspruchnahme und Beanspruchung natürlicher Ressourcen. Unser gegenwärtiges Konsum- und Wirtschaftssystem ist von dauerhaftem (exponentiellem) Wachstum geprägt. Die Extraktion von Rohstoffen hat sich weltweit seit 1970 mehr als verdreifacht (WU Vienna 2021), die Süßwasserentnahme ist zwischen 1970 und 2010 um fast 60 % gestiegen (FAO 2021) und die Waldflächen sind seit 1990 (netto) um 178 Millionen Hektar zurückgegangen (FAO 2020) (das entspricht in etwa der fünffachen Fläche Deutschlands). In der Konsequenz nehmen verschiedene Umweltbelastungen, darunter Klimawandel, Versauerung oder Bodendegradation deutlich zu. Zunehmend besteht die Gefahr, dass die Widerstandsfähigkeit (Resilienz) ökologischer Systeme überfordert wird und ökosystemare Prozesse „kippen“. Die Belastung der globalen Umwelt hat bereits ein solches Ausmaß erreicht, dass in vielen Bereichen der „sichere Handlungsspielraum“ für die Menschheit verlassen wurde. Das Überschreiten sogenannter planetarer Grenzen (Belastbarkeitsgrenzen) birgt die Gefahr von Aus- und Wechselwirkungen, die das Leben auf der Erde – wie wir es heute kennen – verändern und unser Erdsystem destabilisieren wird. Mit dem Konzept der Planetaren Grenzen nach Steffen et al. (2015) wurden planetare Belastbarkeitsgrenzen in Bezug auf einzelne Dimensionen (biophysikalische Systeme bzw. Prozesse) quantifiziert. Das Konzept der Planetaren Grenzen nach Steffen et al. (2015) ist Ausgangspunkt für das Forschungsprojekt „Grenzen des Konsums“.

Ziel des Forschungsvorhabens

Wie sieht ein nachhaltiger Konsum in der Zukunft aus? Nachhaltiger Konsum wird meist nur in Bezug auf die Gegenwart und die aktuellen Energie- und sonstigen Versorgungssysteme quantifiziert. Diese müssen sich in den kommenden Jahrzehnten verändern, um die beschlossenen Klimaziele und weitere Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. Ziel des Forschungsvorhabens ist es daher, sehr konkrete, anschauliche Konsumniveaus zu quantifizieren, die im Jahr 2050 innerhalb der planetaren Grenzen liegen. Dies soll mit Blick auf verschiedene Umweltwirkungen bzw. Dimensionen des Konzepts der Planetaren Grenzen sowie mit Blick auf unterschiedliche Güter und Dienstleistungen erfolgen. Im Projekt werden dazu Konsummuster identifiziert, die in Deutschland und im besten Fall global anschlussfähig sind. Außerdem werden vergangene und zukünftige Nachfragetrends nach bestimmten Konsumgütern skizziert und die planetaren Grenzen der globalen Wachstumsdynamik gegenübergestellt.

Das Projekt hat folgende Arbeitsschwerpunkte: Aufbereitung des Wissensstandes, Quantifizierung der Konsumgrenzen für Deutschland anhand verschiedener Konsummuster, Analyse und Vergleich globaler Wachstumsdynamiken von zehn Konsumgütern. Die Ergebnisse sind in umfangreichen Infografiken aufbereitet worden.

Stand des Wissens

Die Grundlage des Projektes bildet die Aufarbeitung des aktuellen Wissensstands durch Literaturrecherchen. Der Fokus liegt dabei in der Zusammenführung des aktuellen Forschungs- und Diskussionsstands zum Thema der planetaren Grenzen. Ziel ist es, Rahmen, Zielsetzung sowie methodische Herangehensweisen aus dem ausgewählten Literaturpool zu definieren und für die Bestimmung global verallgemeinerbarer Konsummuster zu nutzen. Darauf folgt die Entwicklung verschiedener Konsummuster im Projekt. Die Aufarbeitung und Darstellung der

analysierten Literatur erfolgt in Form von 16 Steckbriefen, die im Rahmen dieses Endberichts in gekürzter Form zusammengetragen werden (siehe dazu Tabelle 1).

Aus den analysierten Forschungsarbeiten gehen insbesondere folgende Aspekte hervor: In beinahe allen Studien wird die Dimension des Klimawandels betrachtet, zusätzlich werden der Landnutzungswandel, die Süßwassernutzung und die biogeochemischen Flüsse adressiert. Die Herangehensweisen zur Konkretisierung der planetaren Grenzen weicht in den Studien teilweise stark ab, das betrifft sowohl die Grenzdefinitionen als auch die Berechnung des noch zur Verfügung stehenden Budgets. Die Operationalisierung bzw. Disaggregation der planetaren Grenzen erfolgt in den analysierten Studien mittels unterschiedlicher Prinzipien, das gängigste ist die Gleichverteilung pro Kopf. Zu den umfassendsten und am gründlichsten analysierten Konsumfeldern zählt die Ernährung.

Folgende weitere Arbeiten wurden als besonders geeignet identifiziert:

- ▶ die EAT-Lancet-Studie (Willett et al. 2019) als Ergänzung zum Ernährungsbereich,
- ▶ das GreenSupreme-Szenario aus dem Projekt RESCUE (Dittrich et al. 2020a) (siehe Kapitel 3.1), das einen ambitionierten Transformationspfad zur Senkung der Treibhausgasemissionen für Deutschland bis 2050 beschreibt, für das Hintergrundsystem einer defossilisierten Welt und
- ▶ die Berechnung des Durchschnittskonsums sowie die Vorstudie zu Ansätzen und Konzepten zur Verknüpfung des „Planetaren Grenzen“-Konzepts (Dittrich et al. 2021a).

Vorgehen und Methodik

Grenzwerte der planetaren Grenzen – Konkretisierung & Disaggregation

Die Grenzen der Belastbarkeit der Ökosysteme auf der Erde werden durch das Konzept der Planetaren Grenzen beschrieben. Das Konzept wurde erstmalig von Rockström et al. (2009) formuliert und von Steffen et al. (2015) weiterentwickelt. Es beschreibt neun Dimensionen, die für die Widerstandsfähigkeit der Erdsysteme zentral sind.

Für die Dimensionen Klimawandel, Ozonverlust der Stratosphäre, Versauerung der Meere, Biogeochemische Flüsse (Stickstoff- und Phosphoreinträge), Süßwassernutzung, Landnutzungswandel und Genetische Vielfalt (als Teil der Dimension Intaktheit der Biosphäre) waren bereits globale Grenzen konkretisiert und Kontrollvariablen definiert. Allerdings konnten nicht alle Grenzen in der Wirkungskette ausreichend eindeutig mit menschlichen Aktivitäten in Bezug gesetzt werden (z. B. Intaktheit der Biosphäre) (Dittrich et al. 2021a). Zum Zeitpunkt der Bearbeitung dieser Studie waren für die Dimensionen neue Substanzen und Partikelverschmutzung der Atmosphäre noch keine Grenzen definiert¹. Für die Dimensionen Klimawandel, Biogeochemische Flüsse (Phosphor und Stickstoff), Süßwassernutzung und Landnutzungswandel konnten Pro-Kopf-Grenzen beziffert werden.

In diesem Projekt war eine Aufteilung des noch zur Verfügung stehenden globalen Budgets zur Einhaltung der planetaren Grenzen nach dem Gleichheitsprinzip vorgegeben. Für die Gegenüberstellung der Umweltwirkungen des Konsums einer einzelnen Person mit den

¹ Inzwischen liegen auch Vorschläge für konkrete Grenzen und Kontrollvariablen der Dimensionen Neue Substanzen und modifizierte Lebensformen vor (Persson et al. 2022). Für die Dimensionen Aerosolgehalt der Atmosphäre und Funktionale Vielfalt (als zweiter Teil der Dimension Intaktheit der Biosphäre) wurden ebenfalls neue Erkenntnisse und Vorschläge für global definierte Grenzwerte publiziert (Richardson et al. 2023).

planetaren Grenzen werden die ausgewählten Grenzen in Pro-Kopf-Werte überführt. Hierzu wurde die Bevölkerungsprognose des Szenarios Shared Socioeconomic Pathway 1 (SSP 1) (Riahi et al. 2017; van Vuuren et al. 2017) genutzt. Das Szenario beschreibt einen nachhaltigen Entwicklungspfad und kommt dem Narrativ des GreenSupreme-Szenarios (siehe Kapitel 3.1) am nächsten. Demnach liegt die globale Bevölkerung im Jahr 2050 bei rund 8,5 Milliarden Menschen. Im Projekt wird zudem der Konsum in einer jährlichen Perspektive bilanziert. Die Grenzwerte für die Dimensionen Klimawandel und Landnutzungswandel liegen bei Steffen et al. (2015) jedoch nicht in jährlicher Abgrenzung vor und müssen daher anderweitig abgeleitet werden. Der Ernährungsbereich wird in diesem Projekt separat ausgewiesen, da die EAT-Lancet-Studie (Willett et al. 2019) mit der Agrarfläche und den Methan- und Lachgasemissionen zusätzliche Umweltwirkungen ausweist und die Annahmen der Szenarien sich etwas unterscheiden.

Repräsentative Konsumgüter

Um die Konsummuster zu konkretisieren, wurden Güter ausgewählt, die unterschiedliche Konsumfelder hinreichend gut repräsentieren. Zu den Konsumfeldern gehören: Ernährung, Mobilität, Freizeit, Kleidung, Wohnen und Kommunikation. Analysiert wurden im Projekt die Konsumgüter: (E-)Auto, (E-)Fahrrad, ÖPV, Flüge, Wohngebäude, Haushaltsgeräte, Haustiere, Kleidung (Baumwolle und Synthetik), Internet- und Kommunikationstechnologie (IKT), Ernährungsformen bzw. Lebensmittelabfälle (nach der EAT-Lancet Studie von Willett et al. (2019))² und zusätzlich Milch bzw. Milchprodukte sowie Strom (Querschnittsgut). Während im heutigen Stromverbrauch die Wärmeerzeugung nicht enthalten ist, weil mit Erdöl, Gas oder Holz geheizt wird, ist sie im Jahr 2050 im Stromverbrauch von Haushalten enthalten. Die Strommengen für z. B. die Mobilität sind in diesem Projekt dem jeweiligen Gut Elektroauto bzw. dem Elektrofahrrad zugeordnet.

Berechnung der relevanten (zukünftigen) Umweltwirkungen

Die Umweltwirkungen der Güter wurden auf Grundlage der Ökobilanzdatenbank ecoinvent (Datenbank-Version 3.7.1, von Dezember 2020) berechnet. Für die Berechnung der gegenwärtigen Umweltwirkungen wurden bereits existierende Datensätze genutzt, die dem repräsentativen Gut am nächsten oder ähnlichsten sind. Unter den gegenwärtigen Produktionssystemen sind die planetaren Grenzen mit anschlussfähigen Konsummustern allerdings nicht einhaltbar. Das zeigt sich angesichts des fortschreitenden Klimawandels und der wissenschaftlichen Einigkeit über das Verlassen sicherer Handlungsspielräume (Richardson et al. 2023). Daraus resultiert eine Dringlichkeit die Energieversorgung, industrielle Prozesse, die Landwirtschaft und viele weitere Bereiche der Ökonomie zu transformieren (z. B. IPCC (2021, 2022a; b)). Zukünftiger Konsum innerhalb der planetaren Grenzen erfordert ein nachhaltiges und technisch mögliches Produktionssystem im Jahr 2050. Die Berechnung zukünftiger Umweltwirkungen wurde mittels eines prospektiven Ökobilanzmodells umgesetzt. Hierfür waren aufwendige methodische Entwicklungsarbeiten für die Anpassung der Ökobilanzdaten an das Szenario GreenSupreme aus dem Projekt RESCUE für das Jahr 2050 (Dittrich et al. 2020a) notwendig. Diese wurden hauptsächlich im Rahmen des UBA-Projekts REFINE (Dittrich et al. 2024a; b; Liebich et al. 2023) realisiert. Der Fokus im Projekt REFINE lag auf dem Energiesektor,

² Für den Ernährungsbereich wurden die Annahmen zu den Umweltwirkungen und den Konsummustern aus der EAT-Lancet-Studie (Willett et al. 2019) übernommen. In der EAT-Lancet-Studie wird eine globale Referenzernährung entwickelt, die einerseits Empfehlungen zu gesunder Ernährung umsetzt und sich andererseits nach Möglichkeit innerhalb der planetaren Grenzen bewegt. Ergänzend wurde das Konsumgut Milch bzw. Milchprodukte ausgewertet.

daher wurden insbesondere die Annahmen zu Schlüsseltechnologien und Prozessen geändert, die für die Energiesysteme besonders relevant sind.

Für die Güter, für die aktuelle Ökobilanzdaten in der Ökobilanzdatenbank ecoinvent vorliegen, wurden dieselben Datensätze übernommen und auf das Jahr 2050 übertragen. Einige Prozesse mussten allerdings ergänzt bzw. modifiziert werden (z. B. Windkraftanlagen onshore/offshore, PV-Anlagen Freifläche/Aufdach etc.) oder gänzlich neu erstellt werden (z. B. Wasser-Elektrolyse (inkl. Herstellung Elektrolyseur) für H₂, „Direct Air Capture“-Anlage für CO₂, Fischer-Tropsch-Synthese PtL (v.a. Benzin und Diesel)). Diese umfangreichen Anpassungen der ecoinvent-Datenbank basieren auf den Annahmen des GreenSupreme-Szenarios. Es wird dabei unterstellt, dass die Produkte bzw. die Dienstleistungen verfahrenstechnisch etwa so hergestellt bzw. angeboten werden wie heute, aber die Energie, der Zement, der Kunststoff oder das enthaltene Metall entsprechend den Produktionsänderungen des gewählten GreenSupreme-Szenarios produziert werden.

Die berechneten Sachbilanzen der ausgewählten Güter wurden im nächsten Schritt hinsichtlich der Flüsse ausgewertet, die für die planetaren Grenzen relevant sind. Die relevanten Elementarflüsse (z. B. Kohlendioxid, Wasser oder Umwandlung von/zu Wald) wurden für die Dimensionen Klimawandel, Süßwassernutzung, Landnutzungswandel und biogeochemische Flüsse (Stickstoff und Phosphor) aus den ecoinvent-Sachbilanzen ermittelt, gefiltert und teilweise umgerechnet (Dittrich et al. 2021a).

Weitere theoretische und empirische Grundlagen sowie Recherchen zu statistischen Daten wurden in einem eigens für das Projekt konzipierten Rechner, dem Konsumrechner, zusammengeführt. Das Rechentool ist so aufgebaut, dass die konsumierten Mengen der repräsentativen Güter variiert werden können. Zur Orientierung werden die Durchschnittsmengen aktuell und in 2050 (nach GreenSupreme) angezeigt. Spielerisch lassen sich so die Mengen variieren und schließlich die Beiträge zur jeweiligen planetaren Grenze für das repräsentative Gut anzeigen.

Identifikation & Entwicklung anschlussfähiger Konsummuster

Der heutige Durchschnitt

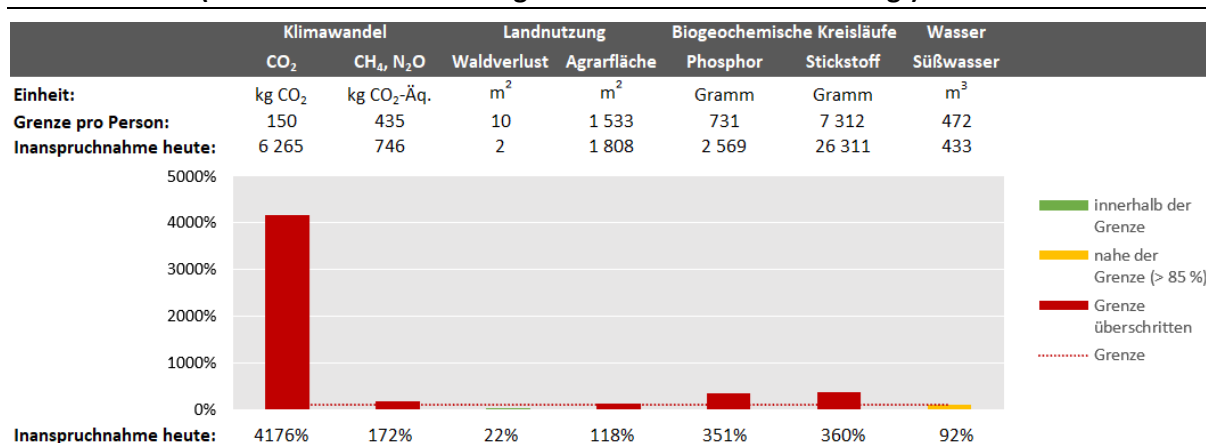
In Deutschland legen die Bürger*innen durchschnittlich 11.033 Pkm mit einem Kraftstoffauto und weitere 2.251 Pkm mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurück. Mit dem Flugzeug werden zudem 1.945 Pkm privat geflogen. Die durchschnittliche Wohnfläche liegt 2022 bei rund 47 m² pro Person. Die Haushalte Deutschlands sind im Durchschnitt mit 0,57 Kaffeemaschinen, 0,71 Waschmaschinen und 0,89 Kühlschränken pro Person ausgestattet. Deutsche Konsument*innen bevorzugen Kleidung aus Baumwolle und konsumieren durchschnittlich pro Person und Jahr rund 10 kg Baumwolle zuzüglich 6,15 kg synthetische Textilien. Weiterhin besitzt eine Person heute eine Reihe von Geräten der Unterhaltungselektronik sowie Informations- und Kommunikationsgeräte und im Schnitt rund 0,47 Haustiere. (Details siehe Kapitel 3.4)

Die Ernährung ist gegenwärtig von einem hohen Konsum tierischer Produkte geprägt. Diese nehmen einen Anteil von 38 % der jährlichen Nahrungsmenge pro Person in Deutschland ein (Destatis 2019a). Zusätzlich fallen relevante Mengen an Lebensmittelabfällen an. Im Jahr 2020 lagen diese bei rund 56 kg pro Person (UBA 2022a).

Ausgehend vom derzeitigen, durchschnittlichen Konsummuster resultieren Umweltwirkungen, die für die planetaren Grenzen relevant sind: Das heutige durchschnittliche Konsumniveau der ausgewählten Güter überschreitet die Pro-Kopf-Grenzen für die Dimension des Klimawandels deutlich. Im Vergleich zu den Belastungsgrenzen werden durch den heutigen durchschnittlichen

Konsum 4.176 % des Pro-Kopf-CO₂-Budgets (Klimawandel) in Anspruch genommen. Werden bei der Berechnung der Umweltwirkungen die Nicht-CO₂-Effekte des Flugverkehrs ebenfalls berücksichtigt, fallen diese bei der Inanspruchnahme des CO₂-Budgets deutlich ins Gewicht. Deutlich überschritten werden zudem die Grenzen für Methan und Lachgas, für die Agrarfläche sowie für die jährlichen Phosphor- und Stickstoffbudgets. Die Grenzen für den Waldverlust und für Süßwasser werden eingehalten (siehe Abbildung Z- 1).

Abbildung Z- 1: Der Konsum des heutigen Durchschnitts im Vergleich zu den planetaren Grenzen (Nicht-CO₂-Effekte des Flugverkehrs werden berücksichtigt)

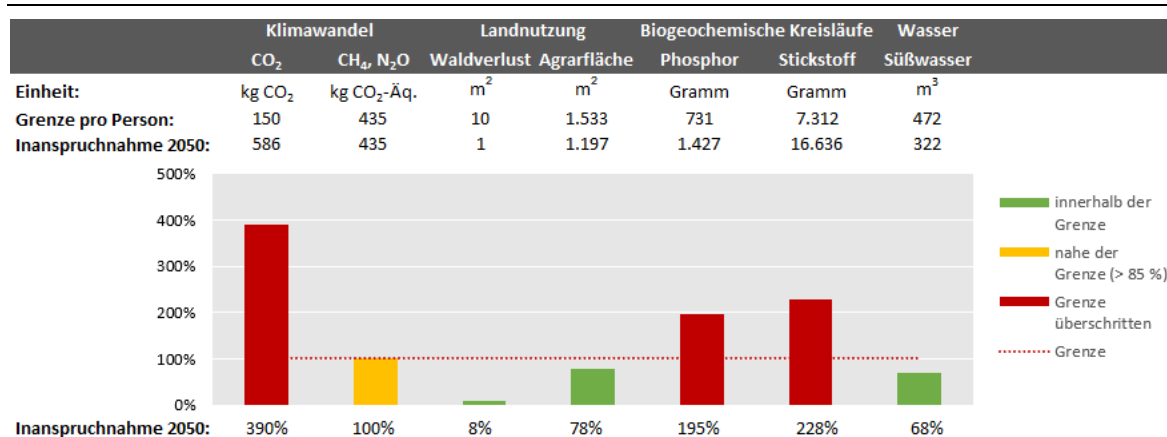


Quelle: eigene Darstellung eigener Ergebnisse

Der (zukünftige) GreenSupreme Durchschnitt im Jahr 2050

Wenn bei der Berechnung der Umweltwirkungen ambitionierte technische Transformationen aus dem GreenSupreme-Szenario – sowie dem Szenario zugrunde liegende Änderungen im Konsumverhalten (UBA 2019) – berücksichtigt werden, können diese zu einer Reduktion der Inanspruchnahme der Budgets beitragen (siehe Abbildung Z- 2).

Abbildung Z- 2: Der Konsum des GreenSupreme-Durchschnitts im Vergleich zu den planetaren Grenzen (Nicht-CO₂-Effekte des Flugverkehrs werden berücksichtigt)



Quelle: eigene Darstellung eigener Ergebnisse

Da die planetaren Grenzen in der Dimension Klimawandel durch das GreenSupreme-Szenario bzw. durch die Referernzernährung (Willett et al. 2019) definiert werden, hält der/die zukünftige (GreenSupreme-) Durchschnittsbürger*in die Grenzen für CO₂ bzw. Methan und Lachgas ein. Berücksichtigt man darüber hinaus die Nicht-CO₂-Effekte des Flugverkehrs, so wird allerdings

auch der Grenzwert für den Klimawandel (CO₂-Äq.) überschritten (siehe Abbildung Z- 2). Die planetare Grenze Landnutzungswandel wird in dem Rahmen, wie sie für dieses Projekt definiert wurde, im Jahr 2050 ebenfalls eingehalten. Auch die planetare Grenze für den Bedarf von Süßwasser wird eingehalten. Nicht eingehalten werden die Grenze für die Stickstoff- und Phosphorflüsse. Ein wichtiger Grund für die Überschreitung ist, dass die Grenzen allein durch die Ernährung bereits fast erreicht sind. Hinzu kommt, dass die neuen Technologien zur Erzeugung von Energie hohe P- und N-Flüsse aufweisen.

Die entwickelten zukünftigen, anschlussfähigen Konsummuster

Ziel der entwickelten Konsummuster ist es, den nachhaltigen Konsum im Jahr 2050 vorstellbar zu machen und Veränderungen in persönlichen Lebensstilen zu illustrieren. Das heißt, die Konsummuster sollen anschauliche Narrative dafür liefern, wie der Konsum im Jahr 2050 innerhalb planetarer Grenzen aussehen könnte. Was verändert sich im Vergleich zu heute? Welche Konsummöglichkeiten bestehen, wenn die planetaren Grenzen eingehalten werden sollen?

Insgesamt wurden sechs Konsummuster in Form verschiedener Personas entwickelt:

- ▶ Die vierköpfige **Familie Yilmaz** lebt mit ihren Hunden in einer Kleinstadt. Die Fahrten zu den Fußballspielen der Tochter, der Weg in die Stadt zur Arbeit oder der Kurzurlaub an der niederländischen Küste werden mit den beiden Elektroautos bewältigt. Die Familie lebt, im Vergleich zum Durchschnitt, auf einer kleinen Wohnfläche pro Kopf, besitzt allerdings eine überdurchschnittlich hohe Ausstattung an Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und auch der Stromverbrauch ist deutlich überdurchschnittlich.
- ▶ Das **Ehepaar Schmitt** unternimmt gerne ausgedehnte Spaziergänge mit ihren beiden Hunden und nutzt neben dem E-Auto auch zwei E-Fahrräder. Um sich längere und mittlerweile schon etwas beschwerlichere Fernreisen zu ermöglichen, fliegen sie – wenn auch nur selten – mit dem Flugzeug in den Urlaub.
- ▶ **Chris Bassey** ist beruflich viel mit seinem Auto (das auf Basis synthetischer Kraftstoffe fährt) wie auch mit dem ÖPV unterwegs. Er lebt allein in einer großzügigen Wohnung in der Großstadt. Elegante Kleidung ist ihm wichtig, beim Kauf achtet er auf hohe Qualität. Im Jahr beläuft sich sein Kleiderkauf auf 1 kg Baumwolle mehr und 2,5-mal so viel synthetische Stoffe wie im Durchschnitt im Jahr 2050. Um diesen überdurchschnittlichen Konsum auszugleichen, verzichtet Chris Bassey aufs Fliegen und legt Wert auf eine gesunde, vegane Ernährung.
- ▶ Bei **Familie Kaulatz** ist der Alltag mit vier Kindern ziemlich trubelig. Die Familie teilt sich eine Wohnfläche von rund 180m², ein E-Lastenrad und drei Katzen. Ihre Mobilität schöpft die Familie mit vielen und teilweise langen Fahrten in den Urlaub aus, wodurch die Familie deutlich mehr Strecken zurücklegt als der Durchschnitt 2050. Bei der Kleidung machen sie keine Abstriche – ihnen ist wichtig, dass die Kleidung den modischen Trends entspricht. Auch die Ausstattung mit Haushaltsgeräten und der Stromverbrauch fallen überdurchschnittlich aus.

- Die **Familie Nowak** lebt in einer Hausgemeinschaft, die fest zusammenhält und vieles wird geteilt und weitergegeben. Claire Nowak und ihr Sohn leben sehr sparsam und benötigen dadurch wesentlich weniger Kleidung, Haushalts- und IKT-Geräte als der Durchschnitt 2050 und sie legen unterdurchschnittlich viele Strecken mit dem eigenen E-Auto zurück. Vielfach sind beide mit dem ÖPV unterwegs – gerne auch für längere Ausflüge oder Urlaube. Bislang waren die beiden nur etwa alle 10 Jahre auch mit dem Flugzeug unterwegs – zuletzt auf Korsika. Auf Grund der Nicht-CO₂-bezogenen Effekte beim Fliegen, die einen deutlichen Einfluss auf die THG-Emissionen hat, ist es kaum möglich öfter zu fliegen, um innerhalb der planetaren Grenzen zu bleiben.
- Für die **Villa Kunterbunt** ist das Reisen in die Ferne unverzichtbar. Es werden weite Reisen mit den öffentlichen Verkehrsmitteln unternommen und der gemeinsame elektrisch betriebene VW-Bus hat es auch schon über die Seidenstraße bis nach China geschafft. Alle in der Wohngemeinschaft ernähren sich vegan. Laptop und Smartphone besitzen natürlich alle im Haushalt. Waschmaschine und Küchenausstattung werden geteilt. Die Wohngemeinschaft ist äußerst sparsam im Stromverbrauch und liegt mit einer Wohnfläche von 25 m² pro Person auch hier unter dem Durchschnitt 2050.

Der Vergleich der Konsummuster in Abbildung Z- 3 fasst die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den verschiedenen Konsummustern im Vergleich zum heutigen Durchschnitt zusammen.

Abbildung Z- 3: Konsum der repräsentativen Güter der entwickelten Konsummuster und des Durchschnitts heute & 2050 im Vergleich



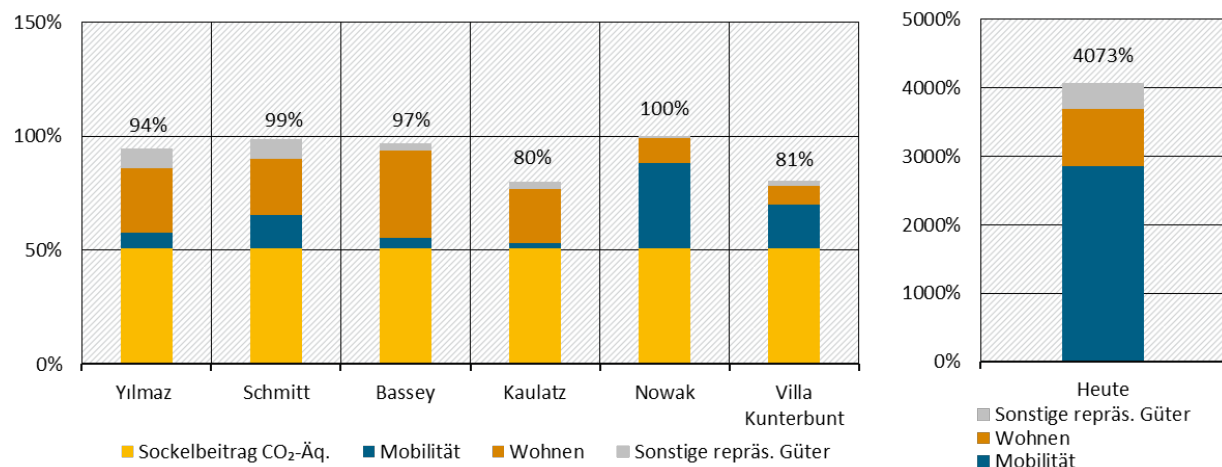
Quelle: eigene Darstellung eigener Ergebnisse; Anmerkung: in der zusammenfassenden Darstellung wurde die Ernährung ausgeblendet, ebenso wie die Werte für das E-Fahrrad, das im Vergleich zu den heutigen Konsummengen deutlich höher liegt.

Durch den Konsum der repräsentativen Güter nach unterschiedlichen Konsummustern entstehen unterschiedlich ausgeprägte Umweltwirkungen. Für jedes Konsummuster wurden die Umweltwirkungen pro Person im Jahr 2050 für die Ernährung wie auch für den sonstigen Konsum ohne Ernährung detailliert in Tabellen sowie grafisch aufbereitet. Alle Familien, mit Ausnahme der Villa Kunterbunt halten die Grenzwerte für den sonstigen Konsumbereich ein. Im Ernährungsbereich gelingt es keinem Konsummuster innerhalb der planetaren Grenzen zu bleiben. Die Ergebnisse wurden jeweils für den sonstigen Konsumbereich und für den Ernährungsbereich gesondert betrachtet und beschrieben. Zudem wurden alle für die planetaren Grenzen relevanten Umweltwirkungen der einzelnen Konsummuster, die durch den Konsum der repräsentativen Güter anfallen, verglichen und dem heutigen Konsum gegenübergestellt.

Als Beispielergebnis zeigt Abbildung Z- 4 die Treibhausgasemissionen, die im jeweiligen Konsumfeld im Vergleich zur planetaren Grenze anfallen. Familie Kaulatz und die Villa Kunterbunt schneiden bei den CO₂-Emissionen (inkl. Nicht-CO₂-Effekte bei den Flügen) am besten ab (Abbildung Z- 4). Bei Familie Kaulatz ist dafür das fehlende Auto verantwortlich. In der Villa Kunterbunt ist der entscheidende Unterschied die deutlich geringere Wohnfläche. Die Emissionen des heutigen durchschnittlichen Konsums würden den Anteil am Budget mit

4.241 % deutlich überschreiten³. Das ist auf die klimawirksamen Effekte der knapp 2.000 jährlichen Flugkilometer zurückzuführen, aber auch die höhere durchschnittliche Wohnfläche von 47 m² spielt dabei eine Rolle. Die sonstigen repräsentativen Konsumgüter, wie der Baumwollkonsum oder IKT-Geräte, fallen weniger ins Gewicht. Der „Sockelbeitrag“ (rund 76 kg CO₂ pro Person und Jahr) stellt eine Restgröße dar, die sich nur auf die Treibhausgasemissionen (2050) bezieht. Der Wert stellt die von den repräsentativen Gütern nicht abgedeckten Treibhausgasemissionen dar (z. B. Emissionen für Bau bzw. Erhaltung öffentlicher Gebäude, Industrie/Fabriken, Abfall, (Ab-)Wasser etc.) (siehe Kapitel 3.1.2).

Abbildung Z- 4: THG-Emissionen durch den Konsum der repräsentativen Güter (ohne Ernährung) im Jahr 2050 und heute relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu, Mobilität: bei den Flügen sind zusätzlich klimawirksame Effekte berücksichtigt

Die nachhaltigen, anschlussfähigen Konsummuster zeigen, dass dieselben Hotspots wie heute auch in Zukunft beim privaten Konsum gelten. Heute erzeugen die privaten Haushalte die meisten Treibhausgase in den Konsumfeldern Ernährung, Mobilität und Wohnen. Diese drei sind auch zukünftig in einer defossilisierten Welt die relevantesten Konsumfelder in Bezug auf die Einhaltung der planetaren Grenzen. Werden die Nicht-CO₂-Effekte von Flügen einbezogen, so sind Flüge mit Abstand für die meisten Treibhausgase verantwortlich und fast nicht mehr innerhalb der planetaren Grenzen möglich; es sei denn, eine Person „spart“ über viele Jahre Treibhausgasemissionen auf und reduziert andere Konsumposten. Eine sehr große Wohnung kann außerdem nicht mit einer hohen Mobilität mit Auto bzw. ÖPV und einer fleischlastigen Diät innerhalb der planetaren Grenzen einhergehen. Wenn in einem der drei zentralen Konsumfelder deutlich über dem Durchschnitt konsumiert wird, muss zwangsläufig mindestens eines der beiden anderen Konsumfelder eingeschränkt werden.

Globale Wachstumsdynamiken

Die Identifikation global verallgemeinerbarer Konsummuster, die sich im Rahmen der planetaren Grenzen bewegen, ist von großer Relevanz, etwa zur Orientierung und Steuerung des Konsumverhaltens. Tatsächlich erleben wir aber seit einigen Jahrzehnten, dass sich die nicht nachhaltigen Konsummuster der Industriestaaten weltweit dynamisch in Schwellenländern ausbreiten. Vor diesem Hintergrund wurden globale Wachstumspfade der ausgewählten repräsentativen Konsumgüter Milch, Pkw, ÖPV, Flug, Wohnfläche, Haushaltsgüter, IKT-Güter,

³ Die Umweltwirkungen bzw. Emissionen des Ernährungsbereiches sind hier nicht mitberücksichtigt weshalb sich die Inanspruchnahme des Budgets im Vergleich zu Abbildung Z- 1 unterscheidet.

Strom, Baumwolle und Haustiere zwischen 1990 und 2020 analysiert und den Zielkorridoren für nachhaltigen Konsum gegenübergestellt. Der globalen Betrachtung und Analyse der Nachfragetrends folgte eine Einordnung der Umweltwirkungen, die von diesen Konsumgütern ausgehen.

Für jedes repräsentative Gut wurden globale und regionale Trends seit 1990 dargelegt. Dabei wurden auch Trends nach Einkommensgruppen und -dynamik aufgezeigt. Neben der Ermittlung der tatsächlichen Konsumtrends wurde die Güternachfrage auf der Basis der Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) (Riahi et al. 2017) fortgeschrieben, um Schätzwerte zu erhalten. Diese geben Aufschluss darüber, wie sich künftige Konsumvolumen (unter Berücksichtigung globaler Einkommens- und Bevölkerungsentwicklungen) entwickeln können. Die Ergebnisse wurden, soweit möglich, mit existierenden Szenarien zur Nachfrageentwicklung der repräsentativen Güter verglichen.

Über alle repräsentativen Güter zeigte sich, dass die Nachfrage bis 2050 stark ansteigt. Die steigende Nachfrage wird dabei stark durch ein steigendes Einkommen getrieben. Bei einigen Gütern sind aber auch die Bevölkerungsentwicklung oder andere Faktoren relevant (z. B. sinkende Haushaltsgrößen oder Sättigungseffekte ab einem bestimmten Konsumniveau). Die zukünftigen Zuwächse der Nachfrage nach den repräsentativen Gütern sind beachtlich und liegen, je nach Gut, zwischen einem Anstieg um 50 % und einer Vervierfachung der aktuell nachgefragten Gütermengen. Im Folgenden werden einige Beispielergebnisse genannt:

- **Haushaltsgüter:** Mit steigendem Einkommen steigt der Besitz von Haushaltsgütern wie Kühlschränken, Öfen, Herden etc. bis Sättigungsgrenzen erreicht werden. Bis zum Jahr 2050 ist somit aufgrund des anzunehmenden steigenden Einkommens mit einem deutlichen Anstieg des Konsums von Haushaltsgütern zu rechnen. Unter der Annahme, dass sich die Pro-Kopf-Ausstattung mit Haushaltswaren mit steigendem Einkommen der Ausstattung in Deutschland im Jahr 2020 annähert, ergibt sich für 2050 ein Schätzwert für die globale Ausstattung mit Haushaltsgütern in Höhe von 0,5 Kühlschränken, 0,4 Waschmaschinen, 0,3 Kochstellen, 0,3 Kaffeemaschinen und 0,2 Spülmaschinen (im Median).
- **IKT-Geräte:** Die Konsumtrends sind je nach IKT-Produkt heterogen. Manche Güter wie TV-Geräte oder Handys haben sich schnell und eher unabhängig vom Einkommen verbreitet, andere Güter wie Computer hingegen finden sich überproportional in reichen Ländern. Aufbauend auf der Betrachtung der Verbreitungsdynamiken wurden für 2050 Schätzwerte für die mediane globale Ausstattung mit IKT in Höhe von 2,4 mobilen Geräten, 0,5 Computern, 0,4 TV-Geräten, 0,2 Wifi-Routern und 0,1 Druckern bestimmt.
- **Wohnfläche:** Aufbauend auf der regionalen Betrachtung des Status Quo und der historischen Entwicklung der Wohnfläche pro Kopf wurde die zukünftige Entwicklung auf Basis der Einkommensdynamik für das Jahr 2050 geschätzt. Diese geschätzte Wohnfläche lag im weltweiten Durchschnitt 2020 bei 14,8 m² und steigt bis zum Jahr 2050 auf 20–46 m².
- **Flüge:** Die Nachfrage nach Flügen steigt sehr wahrscheinlich besonders stark. Eigene Berechnungen auf der Basis der SSP-Szenarien liegen zwischen 15,5 Billionen Pkm und 30,8 Billionen Pkm im Jahr 2050. Das von der ICAO als „am wahrscheinlichsten“ betrachtete Szenario (erarbeitet vor der Corona-Pandemie) unterstellt einen Zuwachs von jährlich

4,4 %. Damit würde sich die Verkehrsleistung alle 16 Jahre verdoppeln und bis 2050 sogar rund 34 Billionen Pkm erreichen (Bopst et al. 2019b).

- **Pkw:** Prognosen der UNEP gehen davon aus, dass sich der Bestand von leichten Nutzfahrzeugen bis zum Jahr 2050 verdoppeln wird. 90 % dieses Wachstums wird dabei auf Nicht-OECD-Länder entfallen (UNEP 2020). Die Berechnungen auf der Basis des SSP5-Szenarios würden im Jahr 2050 die höchsten Fahrzeugbestände mit rund 4,2 Milliarden Pkw ergeben, im mittleren Szenario (SSP2) würde der Bestand bis 2050 auf rund 2,7 Milliarden Pkw ansteigen, im Vergleich zu rund 1,2 Mrd. Pkw im Jahr 2019.

Tabelle Z- 1 zeigt Ergebnisse für zwei mögliche Konsumtrends und stellt diese dem nachhaltigen Konsumniveau, abgeleitet aus GreenSupreme, gegenüber. Das Trendmittel basiert auf dem SSP2, der maximale Trend basiert auf dem SSP5. Es zeigt sich, dass die durchschnittlichen zukünftigen Verbräuche der meisten repräsentativen Güter pro Person im Jahr 2050 *geringer* sein werden als die durchschnittlichen Verbräuche des nachhaltigen Konsumniveaus (GreenSupreme). Viele Entwicklungs- und Schwellenländer werden, basierend auf den SSP-Szenarien, das Einkommensniveau, das in GreenSupreme beschrieben ist, nicht erreichen. Entsprechend wird das Nachfrageniveau, das in GreenSupreme für Deutschland beschrieben ist, in Entwicklungs- und Schwellenländern nicht erreicht werden.

Eine Ausnahme sind die Flüge. Die zukünftige Nachfrage im mittleren Szenario wird das nachhaltige Niveau um ein Vielfaches überschreiten. Auch das nachhaltige Niveau der Mobilität mit Pkw wird im Szenario SSP5 überschritten.

Tabelle Z- 1: Vergleich der durchschnittlichen, nachhaltigen Konsummengen (GreenSupreme) und der zukünftigen Konsummengen, abgeleitet aus aktuellen Trends (im SSP2 und im SSP5)

	Nachhaltiges Konsumniveau	Konsummuster Trend Mittel (SSP2)	Konsummuster Trend Maximum (SSP 5)
Bevölkerung global	9,69 Mrd.	9,16 Mrd.	8,56 Mrd.
Einkommen / Person	32,5 Tsd. \$	25,2 Tsd. \$	42,3 Tsd. \$
Milch (Milchäquivalente, einschl. Milchprodukte)	239 kg/Person	137 kg/Person	225 kg / Person
Auto	6.700 Pkm / Person	Rd. 6.000 Pkm / Person	Rd. 9.500 Pkm / Person
ÖPV	3.300 Pkm / Person	Rd. 1.100 Pkm/ Person	Rd. 1.800 Pkm / Person
Flug	Rd. 250 Pkm / Person	Rd. 2.400 Pkm / Person	Rd. 3.700 Pkm / Person
Baumwolle	7 kg/ Person	Voraussichtlich eher konstant bei rd. 3,2 kg /Person	
Wohnfläche	41 m ² / Person	28 m ² / Person	46m ² / Person
Haushaltsausstattung	Dt. Durchschnitt	weniger	
IKT-Geräte	Dt. Durchschnitt	weniger	
Strom	1.714 kWh /Person	1.224 kWh/ Person*	[Rd. 1.600 kWh/Person**]

	Nachhaltiges Konsumniveau	Konsummuster Trend Mittel (SSP2)	Konsummuster Trend Maximum (SSP 5)
Haustiere	Rd. 0,5 Tiere / Person	Rd. 0,1 Tiere / Person	Rd. 0,1 Tiere / Person

Quelle: eigene Zusammenstellung auf Basis diverser Quellen; * nach Teske et al. (2019) ist in Nicht-OECD-Ländern sowohl der Strombedarf der Haushalte als auch sonstige Sektoren, wie GDH (ohne Industrie), Mobilität etc. enthalten (siehe Kapitel 4.4.10.5); ** nach IEA (2021a) ist Strom im Gebäudesektor enthalten, allerdings ist nicht der gesamte Endenergieverbrauch von Haushalten abgedeckt (daher nur eingeschränkt vergleichbar).

Im weiteren Ergebnis liegen Spannweiten der potenziellen globalen, zukünftigen Umweltwirkungen vor, die für das Konzept der Planetaren Grenzen von Interesse sind. Diese werden mit den ermittelten Umweltwirkungskoeffizienten aus den vorangegangenen Arbeiten in diesem Projekt berechnet (siehe Tabelle Z- 2). Die Umweltwirkungen wurden abschließend den planetaren Grenzen gegenübergestellt.

In der folgenden tabellarischen Übersicht (Tabelle Z- 2) werden die Umweltwirkungen, die im Rahmen der planetaren Grenze relevant sind,

- der mittleren Nachfrage (SSP2) mit den Faktoren, die sich auf der Basis der Transformation in GreenSupreme ergeben, und
- der hohen Nachfrage (SSP5) mit den aktuellen Faktoren, d.h. ohne technische Transformation zusammengefasst.

Beide Rechnungen sind nur eingeschränkt belastbar, weil das SSP2 nicht so ambitioniert ist wie GreenSupreme und weil das SSP5 durchaus auch transformative Elemente enthält. Die Hochrechnungen zeigen jedoch eine Spannweite der Umweltwirkungen auf, die im Rahmen des Konzepts der Planetaren Grenzen relevant und mit den repräsentativen Gütern verbunden ist.

Tabelle Z- 2: Ausschnitt aus den für die planetaren Grenzen relevanten Umweltwirkungen (mit niedriger (SSP2) und hoher (SSP5) Abschätzung) auf Basis der hochgerechneten Gütermengen für das Jahr 2050

	Klimawandel (CO ₂ -Emissionen [Gt] SSP2/SSP5)	Waldverlust [km ²] SSP2/SSP5	Süßwasser [Mrd. m ³ /a] SSP2/SSP5	P-Flüsse [t/a] SSP2/SSP5	N-Flüsse [Mio. t / a] SSP2/SSP5
Milch	0,02 / 1,02	3.626 / 5.730	142,0 / 219,5	175,4 / 194,7	5,7/ 9,8
Auto	0,08/ 24,56	133,8 / 6.419	27,2 / 87,3	1.470 / 916,9	1,58 / 13,8
ÖPV (nur Bahn)	0,01 / 1,03	4,4 / 83,9	1,2 / 6,0	35,4 / 112,1	0,75 / 1,7
Flug	0,01 / 3,3	9,5 / 1.045	3,9 / 6,7	83,6 / 45,0	4,0 / 0,01
Flug (CO ₂ inkl. andere Effekte)	4,2 / 9,8	-	-	-	-
Baumwolle	0,01 / 0,19	4,9 / 29,1	310,5 / 293,8	37,05 / 28,3	0,93 / 1,03
Wohnfläche	0,29 / 3,5	180 / 468,9	24,7 / 42,5	452,2 / 500,5	1,25 / 4,3
Haushalts-ausstattung	0,00 / 0,21	15,4 / 37,9	0,88 / 2,4	22,6 / 24,4	0,06 / 0,23

	Klimawandel (CO ₂ -Emissionen [Gt] SSP2/SSP5)	Waldverlust [km ²] SSP2/SSP5	Süßwasser [Mrd. m ³ /a] SSP2/SSP5	P-Flüsse [t/a] SSP2/SSP5	N-Flüsse [Mio. t / a] SSP2/SSP5
IKT	0,01 / 1,2	13,8 / 126,9	15,9 / 28,2	1.536 / 1.988	0,45 / 1,9
Strom*	0,1 / -	1.103 / -	39 / -	13.200 / -	2,3 / -
Haustiere	0,01 / 0,4	81,2 / 107,9	10,1 / 11,0	85,4 / 103,3	0,46 / 0,69
Summe rd.	4,7 / 41,8⁺	5.172 / 14.048⁺	575 / 697⁺	17.098 / 3.913⁺	17,5 / 33,5⁺
<i>Zum Vergleich: planetare Grenze</i>	<i>1,2–1,5 Gt (jährlich)</i>	<i>5.130.000 km² (Budget ab 2020)</i>	<i>4.000 Mrd. m³ (jährliches Budget, aktuell)</i>	<i>6.200.000 t (jährliches Budget, aktuell)</i>	<i>62 Mio. t (jährliches Budget, aktuell)</i>

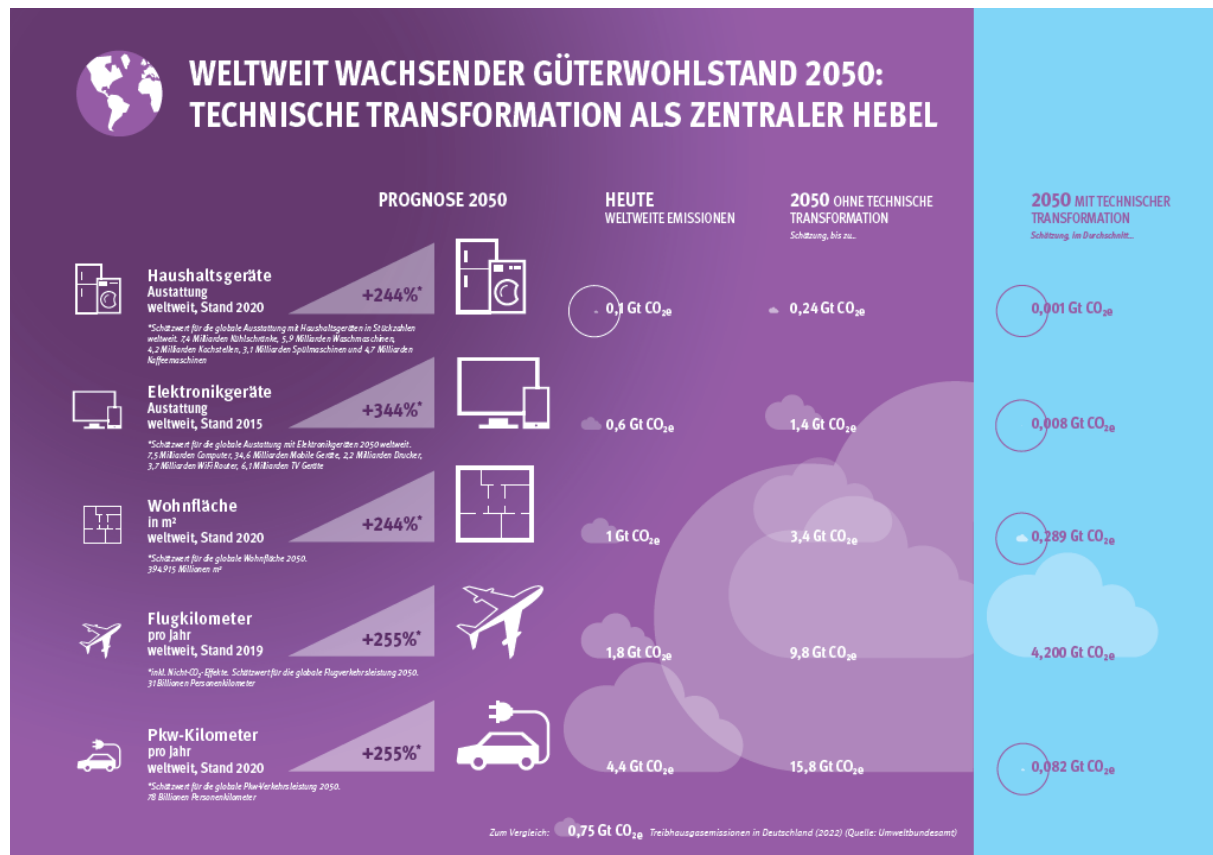
Quelle: eigene Berechnungen auf Basis diverser Quellen; *nach Teske et al. (2019); ⁺ohne Strom; Anmerkung: In dieser Tabelle werden nur die repräsentativen Güter dargestellt, damit ist nicht der gesamte Ernährungsbereich (nach Willett et al. (2019)) abgedeckt.

Der Konsum der zukünftigen Güter(-mengen) zeigt sich insbesondere dann problematisch, wenn von einer fehlenden Transformation ausgegangen wird und keine ambitionierten Konsum- und Produktionsweisen – wie sie das GreenSupreme-Szenario – beschreibt, zum Tragen kommen.

In den zum Bericht erstellten Grafiken wurden die zentralen Ergebnisse zielgruppenspezifisch aufbereitet. Als Beispiel verbildlicht Abbildung Z- 5 die hochgerechneten Konsumniveaus und stellt die verschiedenen potenziellen Spannweiten der Treibhausgasemissionen dar. Ganz deutlich tritt dabei das Konsumfeld Mobilität hervor. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass vor allem zwei Bedingungen eine zukünftige Einhaltung der planetaren Grenzen bestimmen: Ambitionierte technische Änderungen sowie ein ausgewogener Umgang mit umweltrelevanten Konsumfeldern.

Die steigenden Nachfragemengen und die mit ihnen verbundenen Ressourceninanspruchnahmen bzw. Umweltwirkungen sind weniger „bedrohlich“ für die Stabilität der Erdsysteme, wenn die Transformation zu einer postfossilen Wirtschaftsweise weltweit gelingt. Heutige Konsumausprägungen können durch das Gelingen einer Transformation, wie sie GreenSupreme beschreibt, teilweise auch in Zukunft anschlussfähig und vorstellbar sein.

Abbildung Z- 5: Ausschnitt aus den Grafiken zum weltweit wachsenden Güterwohlstand 2050



Quelle: Konzeption und Gestaltung von Infografiken durch Julia Olliges (adelphi) und Marina Piselli (STUDIO GRAFICO)

Fazit, Einschränkungen der Studie und weiterer Forschungsbedarf

Die entwickelten anschlussfähigen Konsummuster decken ein relativ breites Spektrum unterschiedlicher Konsumausprägungen ab. Allerdings zeigen die Ergebnisse, dass Flüge in keinem Konsummuster vertretbar sind, wenn die Nicht-CO₂-Effekte berücksichtigt werden. Denn auch bei einer Umstellung auf synthetische Kraftstoffe, bleiben die Nicht-CO₂-Effekte auf das Klima bestehen. Es sei denn, eine Person „spart“ über viele Jahre Treibhausgasemissionen und reduziert andere Konsumposten. Eine sehr große Wohnung kann nicht mit einer hohen Mobilität mit Auto bzw. ÖPV und einer fleischlastigen Diät innerhalb der planetaren Grenzen einhergehen. Es zeigt sich, dass die Ernährung – die von Willett et al. (2019) übernommen wurde – trotz deutlicher Annäherung an die Einhaltung planetarer Grenzen, eine Herausforderung bleibt.

Die Analyse der Nachfragetrends der zehn Güter zeigte, dass die steigende Nachfrage, neben anderen Einflussfaktoren, stark durch ein steigendes Einkommen getrieben wird. Die zukünftigen Zuwächse der Nachfrage nach den repräsentativen Gütern sind beachtlich und liegen, je nach Gut, zwischen einem Anstieg um 50 % und einer Vervierfachung der aktuell nachgefragten Gütermengen. Werden die Umweltwirkungen, die im Konzept der Planetaren Grenzen relevant sind, für die nachgefragten Gütermengen berechnet, so zeigt sich die Relevanz der technischen Änderungen zu einer treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Produktionsweise – sie stellt eine essentielle Voraussetzung für einen nachhaltigen Konsum in der Zukunft dar.

In seiner Gesamtheit zeigt das Projekt, dass neben einer technischen Transformation, Anpassungen in den individuellen Lebensstilen nötig sind: ein reduzierter Fleischkonsum, weniger Lebensmittelabfälle, Wohnen auf kleinerem Raum und eine stärkere Nutzung von Rad, ÖPV bzw. Sharing-Angeboten. Gelingt dies, so ist ein gutes Leben beinahe innerhalb der planetaren Grenzen möglich.

Gleichwohl müssen die in diesem Projekt erzielten Ergebnisse und Schlussfolgerungen vor dem Hintergrund von zahlreichen Annahmen, Datenlücken und Unsicherheitsfaktoren betrachtet werden. So stellen z. B. nicht mitberücksichtigte oder nicht absehbare Umwelt-, Produktions- und Konsum-Veränderungen unbekannte Größen dar. Diese umfassen unter anderem beispielsweise (Aus-)Wirkungen des Klimawandels, veränderte Ressourcenbedarfe durch eine Transformation der Produktion und Dynamiken/Verschiebungen der zukünftigen planetaren Grenzen.

Die Rohstoffansprachnahme wird durch das Konzept der Planetaren Grenzen nicht direkt thematisiert. Das Energiesystem, das GreenSupreme beschreibt (Dittrich et al. 2020a; UBA 2019), erfordert allerdings hohe Rohstoffbedarfe der erforderlichen Schlüsseltechnologien. Im Projekt REFINE wurden unter anderem die Veränderungen des Rohstoffbedarfs Deutschlands für relevante Rohstoffe im GreenSupreme-Szenario berechnet (Dittrich et al. 2024a; b; Liebich et al. 2023). Die Ergebnisse aus dem Projekt REFINE zeigen, dass in Relation zu heutigen globalen Produktionsmengen keiner der ermittelten und ausgewerteten Rohstoffbedarfe für die Schlüsseltechnologien derzeitige Produktionsniveaus übersteigt. Neben den analysierten Schlüsseltechnologien müssen jedoch noch weitere Bedarfe anderer Industriesektoren mitbedacht werden. Insbesondere für Kupfer und Aluminium kann es hier zu Konflikten mit Rohstoffnachfragen anderer Sektoren kommen. Vor diesem Hintergrund und den damit möglicherweise steigenden Umweltbelastungen nimmt die Dringlichkeit zur Umsetzung weiterer Rohstoffeinsparungen weiter zu. Neben den Wirkungskategorien aus dem Konzept der Planetaren Grenzen wurden daher weitere Ressourcen- bzw. Wirkungskategorien betrachtet, um zusätzlich belastbare Aussagen etwa zum Rohstoffbedarf der identifizierten Konsummuster treffen zu können (siehe Anhang A).

Die Schlussfolgerungen des Projektes sind unter diesen Vorbehalten zu lesen. Es bleibt ferner Aufgabe aufbauender Forschungsarbeiten, das Konzept der Planetaren Grenzen als Instrument zur Identifikation nachhaltiger Lebensstile bzw. Konsummuster zu hinterfragen: Wird das Konzept seiner Aufgabe gerecht? Welche Alternativen gibt es? Welche Gültigkeit besitzen die planetaren Grenzen in der Zukunft? Welche Ergebnisse erzielen eine Mitberücksichtigung von nicht betrachteten Dimensionen des Konzeptes der Planetaren Grenzen? Wie können zukünftig Regionalitäten oder lokale Rand- und Umweltbedingungen einbezogen werden? Welche Konsumgüter sind zukünftig noch repräsentativ(er)? Sollten in die Disaggregation bzw. Aufteilung des Budgets auf die Bevölkerung neben der Anwendung des Gleichheitsprinzips weitere ethische oder historische Komponenten einfließen? Nicht untersucht wird darüber hinaus in diesem Forschungsbericht, wie die beschriebenen Szenarios politisch und gesellschaftlich erreicht werden können.

Summary

Background

For decades, increasing prosperity and a growing population have led to an increase in the utilisation and strain on natural resources. Our current consumption and economic system are characterised by permanent (exponential) growth. The extraction of raw materials has more than tripled worldwide since 1970 (WU Vienna 2021), freshwater extraction has increased by almost 60 % between 1970 and 2010 (FAO 2021) and forest areas have decreased by 178 million hectares (net) since 1990 (FAO 2020) (this corresponds to around five times the area of Germany). As a result, various environmental pressures, including climate change, acidification and soil degradation, are increasing significantly. There is an increasing risk that the resilience of ecological systems will be overburdened, and ecosystem processes will "tip over". The pressure on the global environment has already reached to an extent that exceeds the "safe operating space" in many areas. Exceeding so-called planetary boundaries (defining the carrying capacity boundaries) harbours the risk of interactions that will change life on Earth as we know it today and potentially destabilises our Earth system. With the concept of planetary boundaries according to Steffen et al. (2015) planetary boundaries were quantified in relation to individual dimensions (biophysical systems or processes). The concept of planetary boundaries according to Steffen et al. (2015) is the starting point for the research project "Limits to Consumption".

Aim of the research project

What will sustainable consumption look like in the future? Sustainable consumption is usually only quantified in relation to the present, the current energy and other supply systems. These must change in the coming decades in order to achieve the agreed climate targets and other sustainability goals. The aim of the research project is therefore to quantify very specific vivid consumption patterns that lie within the planetary boundaries in 2050. This is done with regard to various environmental impacts and dimensions of the concept of planetary boundaries as well as with regard to different goods and services. The project identifies consumption patterns that are compatible in Germany and, in the best case, globally. In addition, past and future demand trends for certain consumer goods are outlined and the planetary boundaries are compared with global growth dynamics.

The project has the following focal points: Preparation of the state of knowledge, quantification of consumption boundaries for Germany based on various consumption patterns, analysis and comparison of global growth dynamics of ten consumer goods. The results are presented in comprehensive infographics.

State of knowledge

The project starts with a review of the current state of knowledge through literature research. The focus is on summarising the current state of research and discussion on the topic of planetary boundaries. The aim is to define the framework, objectives and methodological approaches from the selected pool of literature and use them to determine globally generalisable consumption patterns. This is followed by the development of various consumption patterns in the project. The analysed literature is processed and presented in the form of 16 abstracts, which are compiled in brief form in this final report (see Tabelle 1).

The following aspects in particular emerge from the research work analysed: The dimension of climate change is considered in almost all studies, and land use change, freshwater use and biogeochemical flows are also addressed. The approaches to specify the planetary boundaries differ greatly in some of the studies, both in terms of the definitions of the boundaries and the

calculation of the budget still available. The operationalisation or disaggregation of the planetary boundaries is carried out in the analysed studies using different principles, the most common being equal distribution per capita. The food sector is one of the most comprehensive and thoroughly analysed areas of consumption.

The following other works were identified as particularly suitable:

- ▶ the EAT-Lancet study (Willett et al. 2019) as a supplement to the food sector,
- ▶ the GreenSupreme-scenario from the RESCUE project (Dittrich et al. 2020a), which describes an ambitious transformation pathway to reduce greenhouse gas emissions for Germany by 2050, for the background system of a defossilised world, and
- ▶ the calculation of average consumption and the preliminary study on approaches and concepts for linking the "planetary boundaries" concept (Dittrich et al. 2021a).

Procedure and methodology

Boundary values of the planetary boundaries (specification & disaggregation)

The boundaries to the resilience of the Earth's ecosystems are described by the concept of planetary boundaries. The concept was first introduced by Rockström et al. (2009) and further developed by Steffen et al. (2015). It describes nine dimensions that are central to the resilience of Earth systems. For the dimensions of climate change, stratospheric ozone depletion, ocean acidification, biogeochemical flows (nitrogen and phosphorus), freshwater use, land-system change and genetic diversity (as part of the dimension of biosphere integrity), global boundaries had already been specified and control variables were defined at the time of project initiation. However, not all boundaries in the impact chain could be sufficiently clearly related to human activities (e. g. integrity of the biosphere) (Dittrich et al. 2021a). At the time this study was conducted, no boundary was yet defined for the dimensions of novel entities and atmospheric aerosol loading⁴. Per capita boundaries are quantified for the dimensions of climate change, biogeochemical flows (phosphorus and nitrogen), freshwater use and land use change.

In this project, the globally available budget in compliance with the planetary boundaries was allocated according to the principle of equality. To compare the environmental impact of an individual person's consumption with the planetary boundaries, the selected boundaries are converted into per capita values. The population forecast of the Shared Socioeconomic Pathway 1 (SSP 1) scenario (Riahi et al. 2017; van Vuuren et al. 2017) was used for this purpose, as this scenario comes closest to the narrative of the GreenSupreme-scenario (see chapter 3.1) . According to this scenario, the global population in 2050 will be around 8.5 billion people. The project also analyses consumption from an annual perspective. The threshold values for the dimensions of climate change and land use change are not available from Steffen et al. (2015) and must therefore be derived differently. The food sector is reported separately in this project, using the EAT-Lancet study (Willett et al. 2019) as the main source. The EAT-Lancet study shows additional environmental impacts with agricultural land and methane and nitrous oxide emissions and the assumptions of the scenarios differ slightly.

⁴ There are now proposals for specific boundaries and control variables for the dimensions of novel entities and modified life forms are now available (Persson et al. 2022). New findings and proposals for globally defined boundaries have also been published for the dimensions atmospheric aerosol loading and functional diversity (as the second part of the biosphere integrity dimension) (Richardson et al. 2023).

Representative consumer goods

To specify the consumption patterns, goods were selected that represent the different areas of consumption sufficiently well. The areas of consumption include: Food, mobility, leisure, clothing, housing and communication. The following consumer goods were analysed in the project: (e-)car, (e-)bicycle, public transport, flights, residential buildings, household appliances, pets, clothing (cotton and synthetics), information and communication technology (ICT), diets and food waste (according to the EAT-Lancet study by Willett et al. (2019))⁵ and additionally milk and dairy products as well as electricity (cross-sectional good). While heat generation is not included in today's electricity consumption because it is heated with oil, gas or wood, it is included in the electricity consumption of households in 2050. In this project, the electricity quantities for mobility, for example, are allocated to the respective electric car or electric bicycle.

Calculation of the relevant (future) environmental impacts

The environmental impacts of the goods were calculated based on the ecoinvent life cycle assessment database (database version 3.7.1, from December 2020). Existing data sets that are closest or most similar to the representative good were used to calculate the current environmental impacts. Under the current production systems, however, the planetary boundaries cannot be adhered to with compatible consumption patterns. This is evident against the backdrop of advancing climate change and the scientific consensus that the safe operating space is being left (Richardson et al. 2023). This results in an urgent need to transform the energy supply, industrial processes, agriculture and many other areas of the economy (e.g. IPCC (2021, 2022a; b)). Future consumption within planetary boundaries requires a sustainable and technically feasible production system in 2050. The calculation of future environmental impacts was realised by means of prospective life cycle assessments. This required extensive methodological development work for the adaptation to the background system – the GreenSupreme-scenario from RESCUE for the year 2050 (Dittrich et al. 2020a). This was carried out as part of the UBA project REFINE (Dittrich et al. 2024a; b; Liebich et al. 2023). The focus of the REFINE project was on the energy sector, so the assumptions on key technologies and processes that are particularly relevant for the energy system were changed.

For the goods with available LCA data in ecoinvent, the same data sets were used and transferred to the year 2050. However, some processes had to be supplemented or modified (e.g. wind power plants onshore/offshore, PV plants ground-mounted/rooftop) or created from scratch (e.g. water electrolysis (incl. production of electrolyser) for H₂, “direct air capture”- plant for CO₂, Fischer-Tropsch synthesis PtL (mainly petrol and diesel)). These extensive adjustments to the ecoinvent database are based on the assumptions of the GreenSupreme-scenario. It is assumed that the products or services are manufactured or offered in roughly the same way as today, but that the energy, cement or metal contained are produced in line with the production changes in the selected GreenSupreme-scenario.

In the next step, the calculated life cycle inventories of the selected goods were analysed regarding the flows that are relevant for the planetary boundaries. The relevant elementary flows (e.g. carbon dioxide, water or conversion from/to forest) were determined, filtered and partially converted from the ecoinvent life cycle inventories for the dimensions of climate

⁵ For the food sector, the assumptions on environmental impacts and consumption patterns from the EAT-Lancet study (Willett et al. 2019) were adopted. In the EAT-Lancet study, a global reference diet is developed that implements recommendations for a healthy diet while remaining within planetary boundaries wherever possible. The consumption of milk and dairy products was analysed additionally.

change, freshwater use, land-system change and biogeochemical flows (nitrogen and phosphorus) (Dittrich et al. 2021a).

Further, theoretical and empirical principles as well as research into statistical data were brought together in a calculator specially designed for the project, the consumption calculator. The calculator tool is structured in such a way that the quantities consumed of the representative goods can be varied. The average quantities currently and in 2050 (according to GreenSupreme) are displayed for orientation purposes. The quantities can thus be varied in a playful way. Finally, the contributions to the respective planetary boundary for the representative good are displayed.

Identification & development of compatible consumption patterns

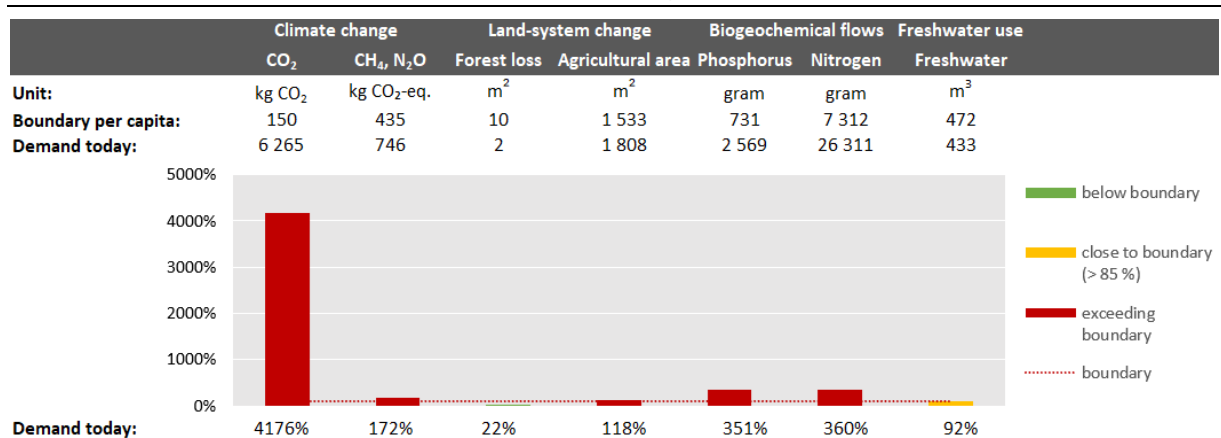
Today's average

In Germany, people travel an average of 11,033 pkm by fuel-powered car and a further 2,251 pkm by public transport. In addition, 1,945 pkm are travelled privately by plane. The average living space in 2022 is 47 m² per person. German households are equipped with 0.57 coffee machines, 0.71 washing machines and 0.89 fridges per person on average. German consumers favour cotton clothing and consume an average of around 10 kg of cotton plus 6.15 kg of synthetic textiles per year. Furthermore, today one person owns a range of consumer electronics as well as information and communication devices and on average around 0.47 pets.

The diet is currently characterised by a high consumption of animal products; in addition, relevant quantities of food waste are produced. These account for 38 % of the annual amount of food per person in Germany (Destatis 2019a). In addition, relevant amounts of food waste are generated. In 2020, this totalled around 56 kg per person (UBA 2022a).

Based on the current average consumption pattern, this results in environmental impacts that are relevant for the planetary boundaries: The current average consumption level of the selected goods exceeds the per capita boundary for the climate change dimension and the boundary for the biogeochemical flows. Compared to the planetary boundaries, today's average consumption utilises 4,176 % of the per capita CO₂-budget (climate change). The annual phosphorus and nitrogen budgets are also significantly exceeded. If the non-CO₂ effects of air travel are also considered when calculating the environmental impacts, these are significantly exceeding the CO₂-budget. The boundaries for methane and nitrous oxide, for agricultural land and for the annual phosphorus and nitrogen budgets are also clearly exceeded. The boundaries for forest loss and freshwater use are being adhered to (see Figure S- 1).

Figure S- 1: The consumption of today's average compared to the planetary boundaries (non-CO₂ effects of air travel are considered)

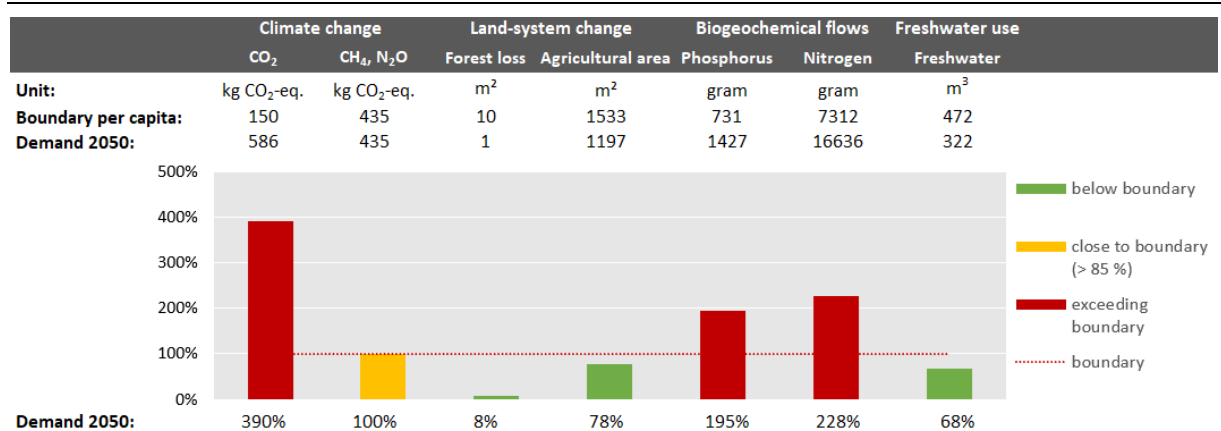


Source: own presentation of own results

The (future) GreenSupreme average in 2050

If ambitious technical transformations from the GreenSupreme-scenario as well as changes in consumer behaviour (UBA 2019) are considered when calculating the environmental impacts, these can contribute to a reduced demand of budgets (see Figure S- 2).

Figure S- 2: The consumption of the GreenSupreme average compared to the planetary boundaries (non-CO₂ effects of air travel are considered)



Source: own presentation of own results

As the planetary boundaries in the climate change dimension are defined by the GreenSupreme-scenario and by the reference diet (Willett et al. 2019), the future (GreenSupreme) average citizen complies with the boundaries for CO₂ and CH₄/N₂O. However, if the non-CO₂ effects of air travel are also considered, the boundary value for climate change (CO₂-eq.) is in fact exceeded (see Figure S- 2). The planetary boundary for land-system change is also respected in 2050 within the framework defined for this project. The planetary boundary for freshwater demand is also met. The boundaries for nitrogen and phosphorus flows are not complied. An important reason for this is that these boundaries are almost exceeded by the food sector alone. In addition, the new technologies for generating energy have high P- and N-flows.

The developed future, compatible consumption patterns

The aim of the developed consumption patterns is to visualise sustainable consumption in 2050 and illustrate changes in personal lifestyles. In other words, the consumption patterns are intended to provide vivid narratives of what consumption could look like in 2050 within planetary boundaries. What will change compared to today? What consumption options exist if the planetary boundaries are to be respected?

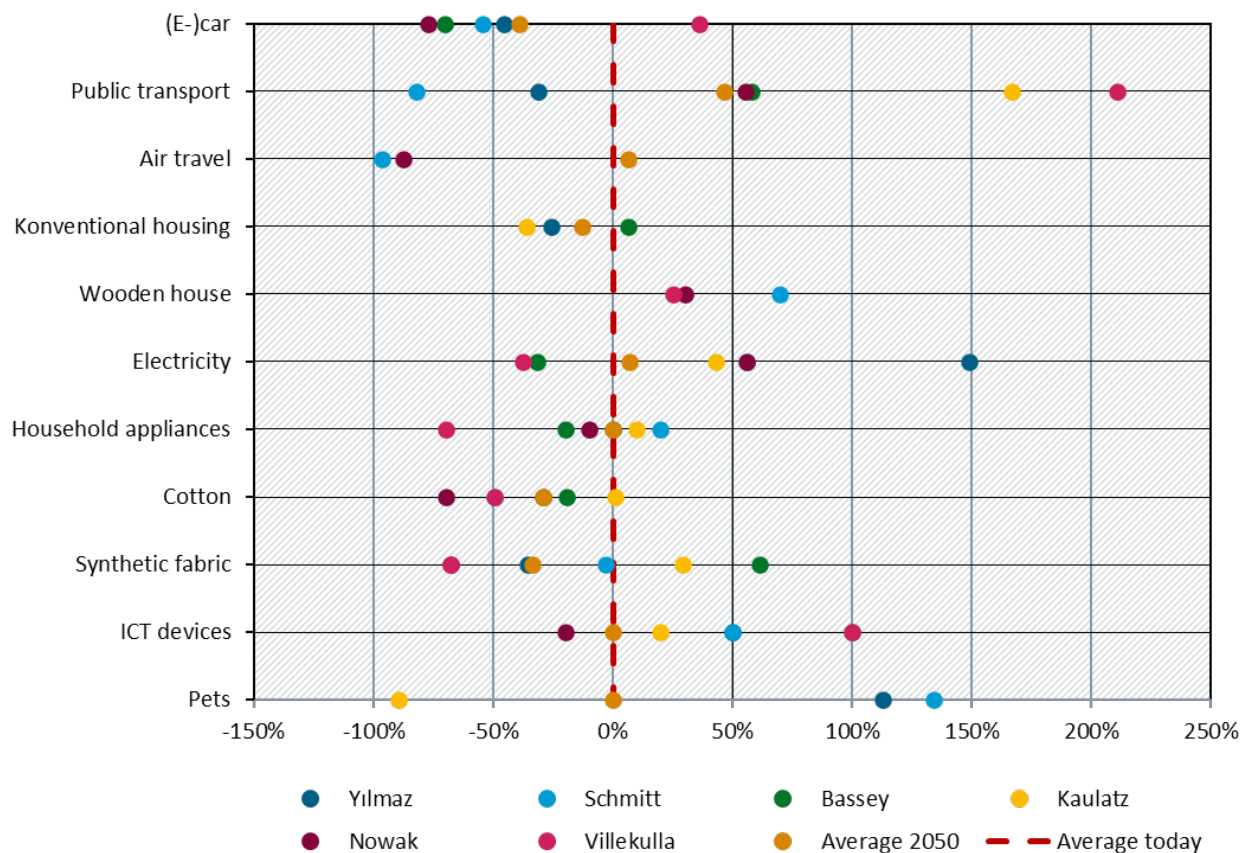
A total of six consumption patterns were developed in the form of different personas:

- ▶ The **Yılmaz family** of four lives in a small town with their dogs. They use their two electric cars to get to their daughter's football games, to get to work in the city or to go on a short holiday to the Dutch coast. Compared to the average, the family lives in a small living space per capita, but has an above-average level of information and communication technologies (ICT) and their electricity consumption is also well above average.
- ▶ The **Schmitt couple** enjoys going on long walks with their two dogs and uses two e-bikes in addition to their electric car. To make longer and now somewhat more arduous long-distance journeys possible, they go on holiday by plane – albeit only rarely.
- ▶ **Chris Bassey** travels a lot for work with his car (which runs on synthetic fuels) as well as by public transport. He lives alone in a spacious flat in the city. Elegant clothes are important to him, and he pays attention to high quality when buying them. Each year, he buys 1 kg more cotton and 2.5 times more synthetic fabrics than the average in 2050. To compensate for this above-average consumption, Chris Bassey avoids flying and prioritises a healthy, vegan diet.
- ▶ **The Kaulatz family's** everyday life with four children is pretty busy. The family shares a living space of around 180 m², an electric cargo bike and three cats. The family makes the most of their mobility with many and sometimes long journeys on holiday, which means that the family covers significantly more distances than the average 2050. They do not make any compromises when it comes to clothing – it is important to them that their clothes are in line with fashion trends. Their household appliances and electricity consumption are also above average.
- ▶ The **Nowak family** lives in a household community where many things are shared and passed on. Claire Nowak and her son live very frugally and therefore need significantly less clothing, household and ICT appliances than the average 2050. They also travel less than average distances in their own electric car. Often, they travel by public transport – even for longer trips or holidays. So far, they have only travelled by plane every 10 years or so – most recently to Corsica. Due to the non-CO₂-related effects of flying, which has a significant impact on GHG emissions, it is hardly possible to fly more often to stay within planetary boundaries.
- ▶ For **Villa Villekulla**, travelling to faraway places is essential. Long journeys are made by public transport and the shared electric VW bus has already made it all the way to China via the Silk Road. Everyone in the shared flat eats a vegan diet. Of course, everyone in the household has a laptop and smartphone. The washing machine and kitchen equipment are

shared. The shared flat is extremely economical in terms of electricity consumption and the living space of 25 m² per person is also below the 2050 average.

The comparison of consumption patterns in Figure S- 3 summarises the similarities and differences between the various consumption patterns compared to the current average.

Figure S- 3: Comparison of consumption levels of representative goods for the developed consumption patterns and the average citizen today and in 2050



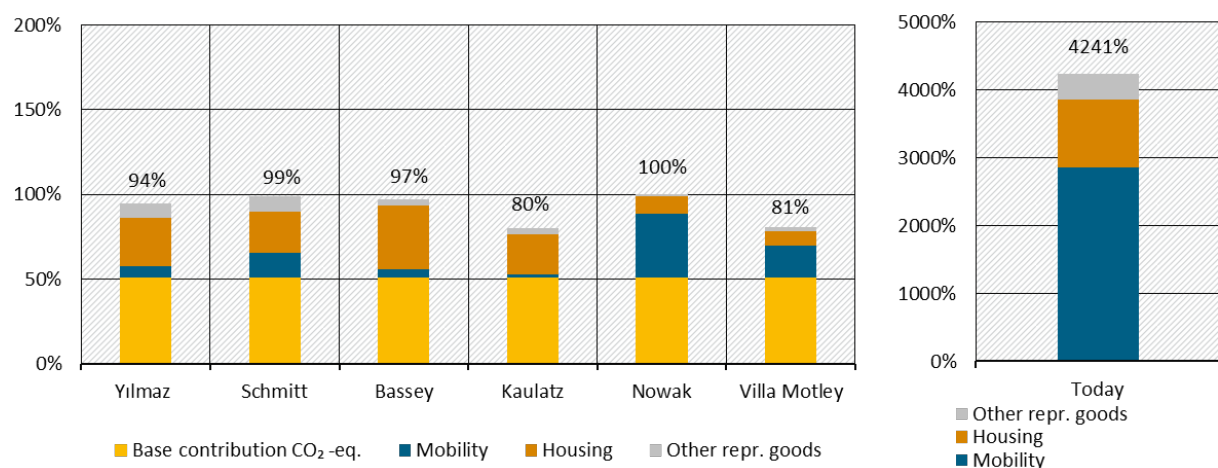
Source: own presentation of own results; note: in this figure, the food sector has been excluded, as have the values for e-bikes, which are significantly higher in 2050 compared to current consumption levels.

The consumption of the representative goods according to different consumption patterns results in different environmental impacts. For each consumption pattern, the environmental impact per person in 2050 was analysed in detail in tables and graphs for both food and other consumption excluding food. All families, with the exception of Villa Villekulla, comply with the boundary values for other consumption. In the food sector, no consumption pattern manages to stay within the planetary boundaries. The results were analysed and described separately for the other consumption area and for the food sector. In addition, all planetary boundaries-relevant environmental impacts of the consumption patterns – resulting from the consumption of the representative goods – were compared with current consumption levels and their environmental impacts.

As an example, result Figure S- 4 shows the greenhouse gas emissions that occur in the respective consumption area compared to the planetary boundary. The Kaulatz family and Villa Villekulla perform best in terms of CO₂-emissions (including other climate-impacting effects

from air travel) (Figure S- 4). The Kaulatz family's lack of a car is decisive. For Villa Villekulla, the decisive difference is the significantly smaller living space. At 4,241 %, the emissions of today's average consumption would significantly exceed the share of the budget⁶. This is due to the climate-impacting effects of the almost 2,000 annual passenger kilometres, but the higher average living space of 47 m² also plays a role. The other representative consumer goods, such as cotton consumption or ICT devices, are less significant. The "base contribution" (around 44 kg CO₂ per person per year) is a residual figure that only relates to greenhouse gas emissions (2050). The value represents the greenhouse gas emissions not covered by the representative goods (e.g. emissions for the construction or maintenance of public buildings, industry/factories, waste, (waste) water, etc.).

Figure S- 4: GHG emissions from the consumption of representative goods (excluding food) in 2050 and today relative to the planetary boundaries



Source: ifeu's own calculations; Mobility: additional climate-impacting effects from air travel are considered

The sustainable, relatable consumption patterns show that the same hotspots as today will also apply to private consumption in the future. Today, private households generate the most greenhouse gases in the consumption areas of food, mobility and housing. In a defossilised world, these three will continue to be the most relevant areas of consumption in terms of compliance with planetary boundaries. If the non-CO₂ effects of flights are included, flights are by far responsible for the most greenhouse gases and are almost no longer possible within the planetary boundaries; unless a person "saves up" greenhouse gas emissions over many years and reduces other consumption areas. Furthermore, a very large home cannot go hand in hand with a high level of mobility by car or public transport and a meat-based diet within the planetary boundaries. If consumption is significantly higher than average in one of the three central areas of consumption, at least one of the other areas of consumption must inevitably be reduced.

Global growth dynamics

The identification of globally compatible consumption patterns that are within planetary boundaries is of great relevance, for example to guide and control consumer behaviour. In fact, however, we have been experiencing a dynamic spread of unsustainable consumption patterns from industrialised countries to emerging economies worldwide for several decades. Against

⁶ The environmental impacts of the food sector are not considered here, which is why the relation to the climate change boundary differs from Figure S- 1.

this backdrop, real global dynamics of selected representative consumer goods such as milk, cars, public transport, air travel, living space, household goods, ICT devices, electricity, cotton and pets between 1990 and 2020 were analysed and compared with the target corridors for sustainable consumption. The global perspective and analysis of demand trends was followed by a categorisation of the environmental impacts of these consumer goods.

Global and regional trends since 1990 were presented for each representative good. Trends by income group and income dynamics were also shown. In addition to determining the actual consumption trends, the demand for goods was analysed on the basis of the Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) (Riahi et al. 2017) in order to obtain estimated values. These provide information on how future consumption levels may develop (considering global income and population trends). As far as possible, the results were compared with existing scenarios regarding the development of demand for the representative goods.

Demand for all representative goods is expected to rise sharply by 2050. The increase in demand is strongly driven by rising income. For some goods, however, population growth or other factors are relevant (e.g. decreasing household sizes or saturation effects above a certain level of consumption). The future growth in demand for the representative goods is considerable and, depending on the good, ranges from an increase of 50 % to a quadrupling of the quantities of goods currently in demand. Some sample results are given below:

- ▶ **Household goods:** As income rises, the ownership of household goods such as fridges, ovens, cookers, etc. increases until saturation limits are reached. A significant increase in the consumption of household goods can therefore be expected by 2050 due to the assumed rise in income. Assuming that per capita household goods equipment will approach the equipment levels in Germany in 2020 as incomes rise, the estimated value for global equipment with household goods in 2050 is 0.5 refrigerators, 0.4 washing machines, 0.3 hobs, 0.3 coffee machines and 0.2 dishwashers (median).
- ▶ **ICT devices:** Consumer trends are heterogeneous depending on the ICT product. Some goods such as TV sets or mobile phones have spread quickly and rather independently of income, while other goods such as computers are found disproportionately in rich countries. Based on the analysis of the distribution dynamics, estimated values for the median global ICT equipment in 2050 were determined as 2.4 mobile devices, 0.5 computers, 0.4 TV sets, 0.2 wifi routers and 0.1 printers.
- ▶ **Living space:** Based on the regional analysis of the status quo and the historical development of living space per capita, the future development was estimated for the year 2050 on the basis of income dynamics. This estimated living space was 14.8 m² on average worldwide in 2020 and will increase to 20-46 m² by 2050.
- ▶ **Air travel:** The demand for air travel is very likely to increase particularly strongly. Our own calculations based on the SSP scenarios range from 15.5 trillion pkm to 30.8 trillion pkm in 2050. The scenario considered "most likely" by the ICAO (developed before the coronavirus pandemic) assumes an annual increase of 4.4 %. This would mean that transport performance would double every 16 years and even reach around 34 trillion passenger kilometres by 2050 (Bopst et al. 2019b).

- **Passenger cars:** UNEP forecasts assume that the number of light commercial vehicles will double by 2050. Non-OECD countries will account for 90 % of this growth (UNEP 2020). Calculations based on the SSP5 scenario would result in the highest number of vehicles in 2050 with around 4.2 billion passenger cars, while in the medium scenario (SSP2) the number of passenger cars would increase to around 2.7 billion by 2050, compared to around 1.2 billion in 2019.

Table S- 1 shows two possible trends of consumption patterns and compares these with the sustainable consumption level derived from the GreenSupreme-scenario. The trend average is based on SSP2, the maximum trend is based on SSP5. It can be seen that the average future consumption of most representative goods per person in 2050 will be *lower* than the average consumption of the sustainable consumption level (GreenSupreme). Based on the SSP scenarios, many developing and emerging countries will not reach the income level described in GreenSupreme. Accordingly, the demand level described in GreenSupreme for Germany will not be reached in developing and emerging countries.

Air travel is an exception. Future demand in the medium scenario will exceed the sustainable level by far. The sustainable level of mobility by car is also exceeded in the SSP5 scenario.

Table S- 1: Comparison of average sustainable consumption levels (GreenSupreme) and future consumption levels, derived from current trends (in SSP2 and SSP5)

	Sustainable consumption level	Consumption pattern medium trend (SSP2)	Consumption pattern maximum trend (SSP 5)
<i>Global population</i>	<i>9.69 Mrd.</i>	<i>9.16 billion</i>	<i>8.56 billion</i>
<i>Income / person</i>	<i>32.5 Tsd. \$</i>	<i>25.2 thousand \$</i>	<i>42.3 thousand \$</i>
Milk (milk equivalents, incl. dairy products)	239 kg/person	137 kg/person	225 kg / person
Car	6,700 pkm / person	Approx. 6,000 pkm / person	Approx. 9,500 pkm / person
Public transport	3,300 pkm / person	Approx. 1,100 pkm/person	Approx. 1,800 pkm / person
Air travel	Approx. 250 pkm / person	Approx. 2,400 pkm / person	Approx. 3,700 pkm / person
Cotton	7 kg/ person	Expected to remain constant at around 3.2 kg/person	
Living space	41 m ² / person	28 m ² / person	46 m ² / person
Household appliances	German average	less	
ICT devices	German average	less	
Electricity	1,714 kWh /person	1,224 kWh/person*	[Approx. 1,600 kWh/person**]
Pets	Approx. 0.5 animals / person	Approx. 0.1 animals / person	Approx. 0.1 animals / person

Source: own compilation based on various sources; * according to Teske et al. (2019) non-OECD countries include both the electricity demand of households and other tertiary sectors such as commerce and services (excluding industry), mobility, etc. (see chapter 4.4.10.5); ** according to IEA (2021a) value includes electricity in the building sector, but does not cover the entire final energy consumption of households (therefore only comparable to a limited extent).

As another result, there are ranges of potential global, future environmental impacts that are of interest for the concept of planetary boundaries. These are calculated using the determined environmental impact coefficients from the previous work in this project (see Table S- 2).

Finally, the environmental impacts were compared with the planetary boundaries.

The following tabular overview (Table S- 2) shows the environmental impacts that are relevant within the planetary boundary framework

- a) of average demand (SSP2) with the factors resulting from the transformation in GreenSupreme and
- b) of high demand (SSP5) summarised with the current factors, i.e. without technical transformation.

Both calculations are only reliable to a limited extent because the SSP2 is not as ambitious as GreenSupreme and because the SSP5 also contains transformative elements. However, the extrapolations show a range of environmental impacts that is relevant in the context of the concept of planetary boundaries and associated with the representative goods.

Table S- 2: Extract from the environmental impacts relevant to planetary boundaries with average (SSP2) and high (SSP5) estimates based on the extrapolated quantities of consumer goods for the year 2050

	Climate change (CO ₂ -emissions [Gt] SSP2/SSP5	Forest loss [km ²] SSP2/SSP5	Freshwater [billion m ³ / a] SSP2/SSP5	P-flows [t / a] SSP2/SSP5	N-flows [million tonnes / a] SSP2/SSP5
Milk	0.02 / 1.02	3,626 / 5,730	142.0 / 219.5	175.4 / 194.7	5.7/ 9.8
Car	0.08/ 24.56	133.8 / 6,419	27.2 / 87.3	1.470 / 916.9	1.58 / 13.8
Public transport (train only)	0.01 / 1.03	4.4 / 83.9	1.2 / 6.0	35.4 / 112.1	0.75 / 1.7
Air travel	0.01 / 3.3	9.5 / 1,045	3.9 / 6.7	83.6 / 45.0	4.0 / 0.01
Air travel (CO ₂ incl. other effects)	4.2 / 9.8	-	-	-	-
Cotton	0.01 / 0.19	4.9 / 29.1	310.5 / 293.8	37.05 / 28.3	0.93 / 1.03
Living space	0.29 / 3.5	180 / 468.9	24.7 / 42.5	452.2 / 500.5	1.25 / 4.3
Household appliances	0.00 / 0.21	15.4 / 37.9	0.88 / 2.4	22.6 / 24.4	0.06 / 0.23
ICT devices	0.01 / 1.2	13.8 / 126.9	15.9 / 28.2	1,536 / 1,988	0.45 / 1.9
Electricity*	0.1 / -	1,103 / -	39 / -	13,200 / -	2.3 / -

	Climate change (CO ₂ -emissions [Gt] SSP2/SSP5	Forest loss [km ²] SSP2/SSP5	Freshwater [billion m ³ / a] SSP2/SSP5	P-flows [t / a] SSP2/SSP5	N-flows [million tonnes / a] SSP2/SSP5
Pets	0.01 / 0.4	81.2 / 107.9	10.1 / 11.0	85.4 / 103.3	0.46 / 0.69
Total approx.	4.7 / 41.8⁺	5,172 / 14,048⁺	575 / 697⁺	17,098 / 3,913⁺	17.5 / 33.5⁺
<i>For comparison: planetary boundary</i>	<i>1.2–1.5 Gt (annually)</i>	<i>5,130,000 km² (budget from 2020 onwards)</i>	<i>4,000 billion m³ (annual budget, current)</i>	<i>6,200,000 t (annual budget, current)</i>	<i>62 mio. t (annual budget, current)</i>

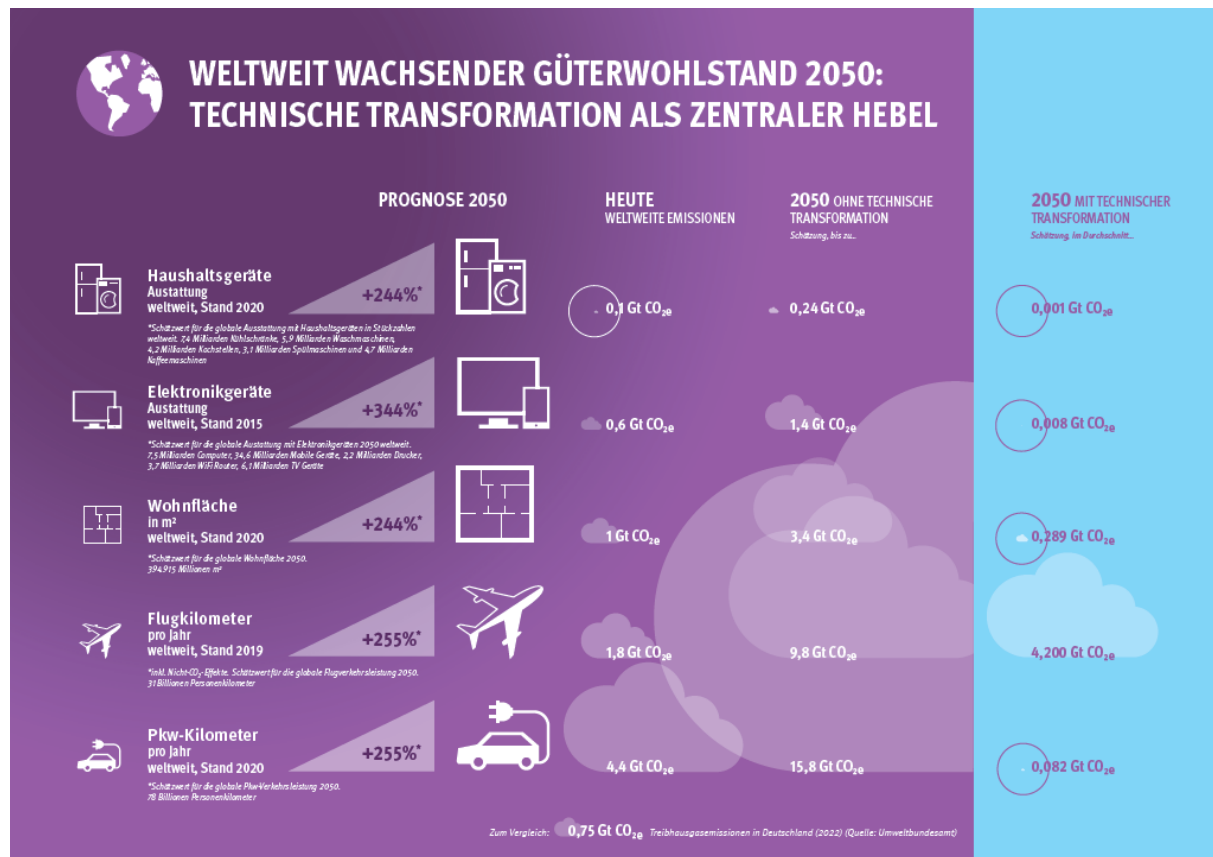
Source: own calculations based on various sources; *according to Teske et al. (2019);⁺ without electricity; Note: Only the representative goods are shown in this table, so the consumption area of food (according to Willett et al. (2019)) is not covered.

The consumption of future goods (quantities) is particularly problematic if a lack of transformation is assumed and no ambitious consumption and production methods – as described in the GreenSupreme-scenario – take effect.

In the graphics created for the report, the key results were prepared for specific target groups. As an example, Figure S- 5 visualises the extrapolated consumption levels and represents the various potential ranges of greenhouse gas emissions. The mobility sector stands out very clearly. The results underpin that two prerequisites in particular will determine future compliance with the planetary boundaries: Ambitious technical changes and a balanced approach to environmentally relevant areas of consumption.

Rising demand and the associated resource consumption and environmental impacts are less "threatening" to the stability of the Earth's systems if the transformation to a defossilised world is successful. Today's forms of consumption can also be partially imaginable and compatible in the future if a transformation such as the one described by the GreenSupreme-scenario succeeds.

Figure S- 5: Excerpt from the graphics on global growth in consumer goods in 2050



Source: Concept and design of infographics by Julia Olliges (adelphi) and Marina Piselli (STUDIO GRAFICO); note: the graphics are only available in German.

Conclusion, limitations of the study and need for further research

The developed compatible consumption patterns cover a relatively broad spectrum of different consumption lifestyles. However, the results show that air travel is not justifiable in any consumption pattern if the non-CO₂-effects are considered. Air travel also remains very problematic even when switching to synthetic fuels. Unless a person "saves up" greenhouse gas emissions over many years and reduces levels in other consumption areas. A very large home cannot go hand in hand with high mobility by car or public transport and a meat-based diet within planetary boundaries. Despite significant progress towards adherence to planetary boundaries, the diet described by Willett et al. (2019) remains challenging.

The analysis of the demand trends for the ten goods showed that the rising demand is strongly driven by rising income, in addition to other influencing factors. The future growth in demand for the representative goods is considerable and, depending on the good, ranges from an increase of 50 % to a quadrupling of the quantities of goods currently in demand. If the environmental impacts, which are relevant in the concept of planetary boundaries, are calculated for the quantities of goods demanded, the relevance of technical changes towards a greenhouse gas-neutral and resource-conserving mode of production becomes apparent – it represents an essential prerequisite for sustainable consumption in the future.

In its entirety, the project shows that in addition to a technical transformation, adjustments in individual lifestyles are necessary: reduced meat consumption, less food waste, living in smaller

spaces and greater use of bicycles, public transport and sharing services. If this succeeds, a good life is possible almost within planetary boundaries.

Nevertheless, the results and conclusions reached in this project must be considered against the background of numerous assumptions, data gaps and uncertainty factors. For example, unconsidered or unforeseeable changes in the environment, production and consumption represent unknown variables. These include, for example, the effects of climate change, changes in resource requirements due to a transformation of production and dynamics/shifts in future planetary boundaries.

The use of raw materials is not directly addressed by the concept of planetary boundaries. However, the energy system described by GreenSupreme (Dittrich et al. 2020a; UBA 2019) requires a high demand for raw materials for the necessary key technologies. Among other things, the REFINE project calculated the changes in Germany's raw material requirements for relevant raw materials in the GreenSupreme scenario (Dittrich et al. 2024a; b; Liebich et al. 2023). The results from the REFINE project show that, in relation to current global production volumes, none of the raw material requirements determined and analysed for the key technologies exceed current production levels. However, in addition to the analysed key technologies, further requirements from other industrial sectors must also be taken into account. For copper and aluminium in particular, there may be conflicts with demand for raw materials from other sectors. Against this backdrop and the resulting potential increase in environmental pollution, the urgency of realising further raw material savings continues to grow. In addition to the impact categories from the concept of planetary boundaries, further resource and impact categories were analysed in order to be able to make additional reliable statements, for example on the raw material requirements of the identified consumption patterns (see Appendix A).

The conclusions of the project should be read with these limitations in mind. It also remains the task of further research to challenge the concept of planetary boundaries as an instrument for identifying sustainable lifestyles and consumption patterns. Does the concept do justice to its task? What alternatives are there? What validity will the planetary boundaries have in the future? What results can be achieved by considering dimensions of the concept of planetary boundaries that had to be excluded? How can regionalities or local boundaries and environmental conditions be included in the future? Which consumer goods will be (more) representative in the future? Should further ethical or historical components be incorporated into the disaggregation or distribution of the budget among the population, in addition to the application of the principle of equality? Furthermore, this research report does not analyse how the scenarios described can be achieved politically and socially.

1 Einleitung

1.1 Hintergrund und Zielsetzung im Projekt

Seit Jahrzehnten steigt mit zunehmendem Wohlstand und steigender Bevölkerung die Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen. Die Extraktion von Rohstoffen hat sich global seit 1970 mehr als verdreifacht (WU Vienna 2021), die Süßwasserentnahme ist zwischen 1970 und 2010 um fast 60 % gestiegen (FAO 2021) und die Waldflächen sind seit 1990 (netto) um 178 Millionen ha zurückgegangen (FAO 2020). In der Konsequenz nehmen verschiedene Umweltbelastungen, darunter Klimawandel, Versauerung oder Bodendegradation, so stark zu, dass die Gefahr besteht, dass die Widerstandsfähigkeit (Resilienz) ökologischer Systeme überfordert wird und ökosystemare Prozesse „kippen“. Die Folge wäre, dass die Erde für die Menschen und das Leben, wie wir es heute kennen, deutlich unwirtlicher wird.

Die Grenzen der Belastbarkeit der Ökosysteme auf der Erde werden durch das Konzept der Planetaren Grenzen beschrieben. Das Konzept wurde erstmalig von Rockström et al. (2009) formuliert und von Steffen et al. (2015) weiterentwickelt. Es beschreibt neun Dimensionen, die für die Widerstandsfähigkeit der Erdsysteme zentral sind. Für die Dimensionen Klimawandel, Ozonverlust der Stratosphäre, Versauerung der Meere, Biogeochemische Flüsse, Süßwassernutzung, Landnutzungswandel und Genetische Vielfalt (als Teil der Dimension Intaktheit der Biosphäre) waren zum Zeitpunkt der Bearbeitung bereits globale Grenzen konkretisiert und Kontrollvariablen definiert. Inzwischen liegen auch Vorschläge für konkrete Grenzen und Kontrollvariablen der Dimensionen Neue Substanzen und Modifizierte Lebensformen vor (Persson et al. 2022). Für die Dimensionen Aerosolgehalt der Atmosphäre und Funktionale Vielfalt (als zweiter Teil der Dimension Intaktheit der Biosphäre) waren zum Zeitpunkt der Projektbearbeitung keine exakten Grenzen definiert.

Übergeordnetes Ziel des Forschungsvorhabens war es, den Strukturwandel in der Wirtschaft und Gesellschaft Deutschlands in Richtung Nachhaltigkeit voranzutreiben. Das Konzept der Planetaren Grenzen diente als Ausgangspunkt für das Forschungsprojekt. Ziel war es, ausgehend vom Konzept der Planetaren Grenzen sehr konkrete, anschauliche Konsumniveaus zu quantifizieren, die nach einer ambitionierten Transformation innerhalb der planetaren Grenzen liegen. Gegenwärtig werden der Konsum und die daraus resultierenden Umweltwirkungen meist vor dem Hintergrund heutiger Energiesysteme analysiert. In dieser Studie wurde abgeschätzt, welche Umweltwirkungen mit dem Konsum in einer defossilisierten Zukunft verbunden sein werden. Es sollte ein Bild davon gezeichnet werden, wie ein Leben innerhalb der planetaren Grenzen mit Fokus auf den Konsum aussehen könnte. Dies ist mit Blick auf verschiedene Umweltwirkungen bzw. Dimensionen des Konzepts der Planetaren Grenzen sowie mit Blick auf unterschiedliche Güter und Dienstleistungen erfolgt.

Das Projekt war in vier inhaltliche Arbeitspakete aufgeteilt, die aufeinander aufbauen:

- Im Arbeitspaket 1 wurde das für das Projekt relevante Wissen aufbereitet.
- Im Arbeitspaket 2 wurden Konsumgrenzen für Deutschland in Form von verschiedenen Konsummustern quantifiziert.
- Im Arbeitspaket 3 wurden die im vorigen Arbeitspaket ermittelten Konsummuster mit globalen Wachstumsdynamiken verglichen.

- Im Arbeitspaket 4 wurden die Forschungsergebnisse für verschiedene Zielgruppen aufbereitet und veröffentlicht.

Der Aufbau des Endberichts orientiert sich an den Inhalten und der Struktur der erarbeiteten Arbeitspakete.

1.2 Aufbau des Endberichts

Kapitel 2: Stand des Wissens

Den ersten Schritt im Projekt bildete die Aufarbeitung des relevanten Wissenstands aus der internationalen Forschung und Forschungsarbeiten für das Umweltbundesamt zum Thema des nachhaltigen Konsums innerhalb der planetaren Grenzen. Die Aufarbeitung und Darstellung der ausgewählten Studien wurden in Form von 16 Steckbriefen dokumentiert. Diese liefern einen Überblick sowie Erkenntnisse darüber, welche Ansätze, Datengrundlagen und weitere Aspekte bislang in der Literatur betrachtet und genutzt wurden. Die Erkenntnisse wurden in der Folge für die Entwicklung global verallgemeinerbarer Konsummuster genutzt.

Kapitel 3: Identifikation von Konsummustern

Kapitel 3 widmet sich der Identifikation und Quantifizierung von Konsummustern, die in Deutschland anschlussfähig sind und die planetaren Grenzen nicht überschreiten.

Die Identifikation bzw. Entwicklung nachhaltiger Konsummuster fußt auf einer Vielzahl an Arbeiten. Hierzu gehört die Auswahl des Hintergrundsystems und der repräsentativen Güter, die Auswahl der relevanten Werte für die planetaren Grenzen, die Implementierung der Hintergrunddaten in Ökobilanzen sowie die Herleitung repräsentativer Konsummuster.

Im Kapitel 3 wird das Konzept der Planetaren Grenzen für die Fragestellung operationalisiert, indem die konkreten Grenzen, die im Projekt genutzt werden, abgeleitet werden. Die Zwischenergebnisse für die repräsentativen Güter werden vorgestellt. Dazu gehören die Veränderungen der für das Konzept der Planetaren Grenzen relevanten Umweltwirkungen der repräsentativen Güter.

Außerdem dokumentiert das Kapitel die Ergebnisse für die heutige Durchschnittsbürger*in. Basierend auf dem aktuellen durchschnittlichen Verbrauch der repräsentativen Güter werden die für die planetaren Grenzen relevanten Umweltwirkungen berechnet und den Grenzen gegenübergestellt.

Im Anschluss werden die Ergebnisse für die Durchschnittsbürger*in aus dem Szenario GreenSupreme für das Jahr 2050 vorgestellt. Die für die planetaren Grenzen relevanten Umweltwirkungen werden unter Berücksichtigung der technologischen Änderungen berechnet und mit den planetaren Grenzen verglichen.

Anschließend werden die identifizierten, anschlussfähigen Konsummuster vorgestellt und erläutert. Zuletzt wird ein Zwischenfazit gezogen, die Grenzen der Ergebnisse benannt und Forschungsbedarf aufgezeigt.

Zusätzlich werden im Addendum (siehe Anhang A) Ergebnisse für weitere Umweltwirkungen und Ressourceninanspruchnahmen aufgezeigt. Diese wurden für die repräsentativen Güter mitberechnet und werden jeweils für die Güter und die sechs Konsummuster ausgewiesen.

Kapitel 4: Globale Wachstumsdynamiken und Nachfragetrends der repräsentativen Güter

In Kapitel 4 werden Nachfragetrends der ausgewählten repräsentativen Güter aus dem vorangegangenen Kapitel analysiert. Das Kapitel widmet sich der globalen Betrachtung und Analyse der Nachfragetrends und -dynamiken der ausgewählten Konsumgüter sowie einer Einordnung der Umweltwirkungen, die von diesen Konsumgütern ausgehen.

In die Analyse wurden alle Länder weltweit einbezogen und nach drei Gruppen aufgeteilt: Geographisch nach Kontinenten, nach Einkommensgruppen und nach Einkommensdynamik.

Für jedes repräsentative Gut werden historische und aktuelle Trends und Nachfragedynamiken dokumentiert. Zunächst werden die globalen Trends und dann die Trends nach geographischer Gruppierung seit 1990 aufgezeigt. Zudem werden die Trends nach Einkommensgruppen und nach Einkommensdynamik dargelegt. Dabei werden die wesentlichen Einflussfaktoren für die Nachfrage nach dem repräsentativen Gut herausgearbeitet, darunter das Einkommen als Faktor, der für alle repräsentativen Güter relevant ist, sowie weitere Faktoren, die spezifisch für das jeweilige repräsentative Gut sind.

In einem weiteren Arbeitsschritt wurde die zukünftige Nachfrage abgeschätzt und die potenziellen Umweltwirkungen aufgezeigt. Zur Abschätzung der zukünftigen Marktentwicklung wurde der Nachfragetrend unter Berücksichtigung relevanter Einflussfaktoren fortgeschrieben. Berücksichtigt wurde die Entwicklung der Bevölkerung und des Einkommens auf der Basis der Shared Socioeconomic Pathways (SSP).

Für zwei ausgewählte Schwellenländer, Indien und Südafrika, werden zudem die Nachfragetrends der vergangenen drei Jahrzehnte und die zukünftige Nachfrage für die repräsentativen Güter im Detail aufgezeigt.

Das Kapitel schließt mit einem Fazit, das die vergangenen und die zukünftig zu erwartenden Nachfragetrends der repräsentativen Güter kurz und bündig zusammenfasst. Ferner werden die Konsumdynamiken mit den identifizierten nachhaltigen Konsummustern aus Kapitel 3 verglichen. Schließlich werden die Umweltwirkungen, die im Rahmen des Konzepts der Planetaren Grenzen relevant sind, über alle repräsentativen Güter hinweg zusammenfassend betrachtet.

2 Stand des Wissens

Die Grundlage des Projektes bildete die Aufarbeitung des relevanten Wissenstands aus der nationalen und internationalen Forschung unter Berücksichtigung von Forschungsarbeiten für das Umweltbundesamts. Die Auswahl der Studien erfolgte in Abstimmung mit dem Auftraggeber und fokussierte sich auf den Forschungsstand zum Konzept der Planetaren Grenzen und zu Konsumgrenzen. Außerdem wurden einzelne Projekte ausgewertet bzw. die für dieses Projekt relevante Inhalte aufbereitet. Die Aufarbeitung und Darstellung erfolgten in Form von 16 Steckbriefen, die einen Überblick über

1. den Rahmen und die Zielsetzung der jeweiligen Studie (Scope),
2. die Methodik, d.h. die für die Untersuchung herangezogenen planetaren Grenzen, ihre Disaggregation, die Datengrundlage und die Art des Benchmarkings,
3. die Ergebnisse sowie
4. die Nutzbarkeit im weiteren Verlauf des Forschungsprojekts geben.

Im Rahmen des Endberichts erfolgt eine zusammenfassende Betrachtung der aus den Studien gewonnenen Erkenntnisse mit Fokus auf die methodischen Unterschiede der analysierten Literatur. Außerdem werden jene Ansätze, Datengrundlagen und zentralen Aspekte der Studien dargelegt, welche im Weiteren für die Bearbeitung des Projektes genutzt wurden.

2.1 Literatur

Die Erkenntnisse aus der Literatur boten die Grundlage für die Entwicklung global verallgemeinerbarer Konsummuster und schufen Ansätze für die darauf aufbauenden Arbeitspakete im Projekt.

Aus den analysierten Studien (im Detail siehe Tabelle 1) gehen insbesondere folgende Aspekte hervor:

- Die betrachteten planetaren Grenzen bzw. Dimensionen:

Es zeigt sich beispielsweise, dass in beinahe allen Studien der Klimawandel betrachtet wurde, zusätzlich wurden auch der Landnutzungswandel, die Süßwassernutzung und die biogeochemischen Flüsse adressiert. In Einzelfällen wurden auch weitere planetare Grenzen berücksichtigt (z. B. Biodiversitätsverlust, Ozeanversauerung und Ozonabbau in der Stratosphäre).

- Operationalisierung bzw. Disaggregation der Grenzwerte/Handlungsspielräume

Die Konkretisierung der planetaren Grenzen weicht in den Studien teilweise stark voneinander ab. Das betrifft die genutzte Grenzdefinition ebenso wie die Berechnung des noch verfügbaren Budgets bzw. des sicheren Handlungsrahmens. Die Disaggregation der planetaren Grenzen erfolgt mittels unterschiedlicher Prinzipien; das Gängigste ist die Gleichverteilung pro Kopf.

- Die analysierten Konsumfelder/-güter:

Das Konsumfeld, das am umfassendsten und gründlichsten analysiert wurde, ist die Ernährung. Mehrere der betrachteten Studien analysieren das Konsumfeld Wohnen (einschließlich Gebäude), vergleichsweise wenige Studien berücksichtigen Mobilität und Dienstleistungen. Darunter sind auch Studien, die keine Konsumfelder differenzieren, sondern ausschließlich die

aggregierte Ebene betrachten. Die Konsumfelder Bekleidung und Waren wurden in den wenigsten Studien analysiert.

Tabelle 1: Überblick und ausgewählte Ergebnisse der 16 ausgewerteten Studien

Auto- ren- schaft	Titel	Scope	Betrachtete Grenzen/ Dimensionen	Disaggregation	Benchmarking	Analysierte Konsumfelder	Nutzbarkeit / Einschränkungen
Heijungs et al. (2014)	Maximizing affluence within the planetary boundaries	Konsumszenarien für die EU	Klimawandel [CO ₂ -Äq.]	Backcasting-Ansatz: Vereinbarkeit Konsumszenarien mit definierten planetaren Grenzen	Politische Zielsetzung der EU (2030 und 2050)	59 Produktgruppen	Nicht nutzbar da keine technologische Entwicklung (wie z. B. Ausbau Erneuerbare) und eine gleichbleibende Bevölkerung angenommen
O'Neill et al. (2018)	A good life for all within planetary boundaries	Ressourcenverbrauch und andere Umweltwirkungen für 150 Nationen	Klimawandel [CO ₂], biogeochemische Flüsse (Phosphor und Stickstoff), Süßwassernutzung, Landnutzungswandel (eHANPP), ökologischer Fußabdruck, Rohstoff-Fußabdruck (material footprint)	Gleichheitsprinzip / Pro-Kopf-Disaggregation	Diverse Quellen	Keine Eingrenzung der Konsumfelder, ausgenommen Ernährung	Verwendung des Gleichheitsprinzips; eingeschränkt nutzbar, da Fokus auf globales Benchmarking für 150 Nationen sowie den Abgleich mit sozialen Indikatoren und keine Berechnung zu Grenzen für einzelne Konsumfelder mit Ausnahme der Ernährung
Akenji et al. (2019)	1.5-Degree Lifestyles	Ziele für Lifestyle-Carbon-Footprints kompatibel mit dem 1,5 °C-Ziel (Pariser Abkommen) für Finnland und Japan	Klimawandel (CO ₂ -Äq.-Emissionen: Kohlenstoffdioxid (CO ₂), Methan (CH ₄), Distickstoffmonoxid (N ₂ O), Fluorkohlenwasserstoffe	Pro-Kopf-Disaggregation nach dem Gleichheitsprinzip	auf das 1,5 °C-Ziel des Pariser Abkommens und der dort festgesetzten Reduktionsziele	Ernährung, Wohnen, Mobilität, Konsumgüter (z. B. Haushaltsgeräte, Kleidung),	Nutzbarkeit gegeben, da ähnliche Datengrundlage für Deutschland vorhanden; identifizierte Lebensstile als

Auto- ren- schaft	Titel	Scope	Betrachtete Grenzen/ Dimensionen	Disaggregation	Benchmarking	Analysierte Konsumfelder	Nutzbarkeit / Einschränkungen
		sowie Brasilien, Indien und China	(HFCs), Perfluorkohlenwassersto- ffe (PFCs) und Schwefelhexafluorid (SF6))			Freizeit, Dienstleistung en	Ausgangspunkt; Übertragbarkeit der Methode auf weitere planetare Grenzen möglich
Willett et al. (2019)	Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems.	Globale gesunde Ernährung auf Grundlage von (ökologisch) nachhaltigen Ernährungssyste- men 2050	Klima, Landnutzungswandel, Süßwassernutzung, Biogeochemische Kreisläufe (N & P), Biodiversitätsverlust	Je nach planetarer Grenze unterschiedliche Kriterien	Referenzernäh- rung in Bezug auf die Global Burden of Disease Datenbank	Ernährung (Nahrungsmitt el und - produktion)	Nutzbar als Referenzrahmen für das Konsumfeld Ernährung
Sandin et al. (2015)	Using the planetary boundaries framework for setting impact-reduction targets in LCA contexts	Nutzung der planetaren Grenzen zur Identifikation von Reduktionszielen auf Produktebene am Beispiel des Bekleidungssektors in Schweden	Klimawandel (CO ₂ - Emissionen), Biogeochemische Flüsse (Phosphor und Stickstoff), Süßwassernutzung, Landnutzungswandel, Veränderung der Integrität der Biosphäre	vier unterschiedliche ethische Prinzipien	globale Reduktionsziele für die analysierten planetaren Grenzen bis 2050	Bekleidung	Methode prinzipiell nutzbar, ev. durch Gewichtung unterschiedlicher Bedürfnisfelder
Di Giulio und Fuchs (2014); zusätzli- ch betrach- tet:	Sustainable Consumption Corridors: Concept, Objections, and Responses	Anknüpfung an das Konzept des „Guten Lebens“; Wohlergehen zwischen „suffizient“ und „florierend“	keine konkreten planetaren Grenzen genannt	N.A.	N.A.	Konsum als Gesamtkonzept wird gleichgesetzt mit der Erfüllung von Bedürfnissen	Governance Konzept für eine übergreifende Nachhaltigkeitspolitik; keine Konkretisierung für Konsumkorridore, daher begrenzt nutzbar

Auto- ren- schaft	Titel	Scope	Betrachtete Grenzen/ Dimensionen	Disaggregation	Benchmarking	Analysierte Konsumfelder	Nutzbarkeit / Einschränkungen
Fuchs (2019) und Gough (2020)							
Spring- mann et al. (2018)	Options for keeping the food system within environmental limits	Optionen für den Verbleib des Ernährungssystems bis 2050 innerhalb der planetaren Grenzen durch Verringerung der Lebensmittelver- luste und -abfälle, technologische Veränderungen (u.a. Ertragssteigerung) Ernährungswandel bzw. eine noch stärker pflanzenbasierte Ernährung.	Klimawandel, Landnutzungswandel, Süßwassernutzung und biogeochemische Flüsse	je nach planetarer Grenze unterschiedliche Kriterien; für Klimawandel CH ₄ und N ₂ O Budget aus der Landwirtschaft bezogen auf 2-Grad Ziel nach RCP 2.6	aktuellen und projizierten Umweltauswir- kungen aus dem Ernährungssys- tem verglichen mit den disaggregierten planetaren Grenzen	Ernährung	Die Studie untermauert die Ergebnisse der EAT- Lancet, unterscheidet sich aber teilweise im Hinblick auf die genutzten planetaren Grenzwerte. Es wird empfohlen auf die umfassendere und aktuellere EAT Lancet Studie zurückzugreifen
Sala et al. (2020)	Environmental sustainability of European production and consumption assessed against planetary boundaries	Der EU-weite Konsum und die Produktion im Jahre 2010 werden mit Hilfe einer Lebenszyklusanaly- se analysiert und ins Verhältnis zu den	Klimawandel (CO ₂), Versauerung der Ozeane, Stratosphärischer Ozonabbau, Biogeochemische Kreisläufe (Phosphor und Stickstoff),	nach dem Gleichheitsprinzip (pro-Kopf- Disaggregation)	Vergleich der Ergebnisse der Lebenszyklusanaly- se mit den an das „environmental footprint framework“ angepassten LCIA-	EU-weiter Konsum; keine Untersuchung einzelner Konsumbereic- he	da keine Betrachtung auf Ebene von Haushalten erfolgt, nur begrenzt nutzbar; von Interesse ist allerdings der Ansatz des „absolute sustainability assessment“

Auto- ren- schaft	Titel	Scope	Betrachtete Grenzen/ Dimensionen	Disaggregation	Benchmarking	Analysierte Konsumfelder	Nutzbarkeit / Einschränkungen
		planetaren Grenzen gesetzt.	Süßwassernutzung und Landnutzungsänderung		basierten planetaren Grenzen		
Vita et al. (2019)	The Environmental Impact of Green Consumption and Sufficiency Lifestyles Scenarios in Europe: Connecting Local Sustainability Visions to Global Consequences.	Basierend auf Backcasting- Workshops mit verschiedenen Stakeholdern wurden nachhaltige Lebensstile und Konsummuster identifiziert und daraus 19 Szenarien mit Suffizienzoptionen und 17 mit nachhaltigem Konsum erstellt.	Landnutzungsveränderu ngen, Süßwassernutzung, Klimawandel und Humantoxizitätspotenzia l	N.A.	N.A.	Bekleidung, Bauen, Ernährung, Produkte, Mobilität, Dienstleistung en, Wohnen	Direkter Bezug und damit auch eine Disaggregation und ein Benchmarking mit den planetaren Grenzen fehlt, daher ist die Studie begrenzt nutzbar; Ähnlichkeiten in der Vorgehensweise zur Modellierung der Umweltauswirkungen
Hjalsted et al. (2021)	Sharing the safe operating space: Exploring ethical allocation principles to operationalize the planetary boundaries and assess absolute sustainability at individual and industrial sector levels	Methode für die Berechnung einer absoluten Nachhaltigkeits- quote auf individueller und industrieller Ebene; am Beispiel der Molkereiproduktion in Dänemark, Indien sowie im globalen Molkereisektor.	Klimawandel (CO ₂) und Biogeochemische Flüsse (Phosphor und Stickstoff)	Berechnung des individuellen Budgets am Klimawandel und den biogeochemischen Flüssen; Skalierung nach dem Gleichheitsprinzip, dem Grandfathering- Prinzip und der Zahlungsfähigkeit	Verhältnis zwischen der tatsächlichen Wirkung des Stakeholders und dem ihm zugewiesenen Anteil am sicheren Handlungsraum	Fallstudie Molkereisektor	Methodisch interessant erscheint die Allokation auf die individuelle Ebene womit ein direkter Konsumbezug hergestellt wird.

Auto- ren- schaft	Titel	Scope	Betrachtete Grenzen/ Dimensionen	Disaggregation	Benchmarking	Analysierte Konsumfelder	Nutzbarkeit / Einschränkungen
Anders en et al. (2020)	Assessment of absolute environmental sustainability in the built environment	Analyse neuartiger Ansätze nachhaltigen Bauens im Bereich der Einfamilienhäuser. Umweltfußab- drücke werden mit Hilfe eine Lebenszyklusana- lyse berechnet und zur ökologischen Tragfähigkeit der Erde und den planetaren Grenzen ins Verhältnis gesetzt.	Klimawandel, Biogeochemische Flüsse, Süßwassernutzung, Landnutzungsänderung	Für die planetaren Grenzen eines Einfamilienhauses werden drei Verteilungsprinzi- pien betrachtet: Utilitarismus, Egalitarismus und „acquired rights“- Ansatz (grandfathering)	Umweltauswirkun- gen der verschiedenen Haustypen verglichen mit den disaggregierten planetaren Grenzen	Bausektor	Stark abweichende Methodik; teilweise könnten Charakteristiken der untersuchten Haustypen als Optionen für Konsumstile herangezogen werden
Ahlert et al. (2015)	Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus – Analyse und Veranschaulichung global nachhaltiger materieller Versorgungspfade auf der Ebene von Haushalten	Bedürfnisbefriedi- gung mit materiellen Gütern innerhalb der Randbedingungen von globaler Gerechtigkeit, einer nachhaltigen Rohstoffnutzung und einer umweltverträg- lichen Gesellschaft	Rohstoffe	Durchschnittlicher Rohstoffkonsum pro Kopf	Die für den aktuellen und zukünftigen Konsum notwendigen Rohstoffe wurden mit der globalen Verfügbarkeit für diese Rohstoffe verglichen.	Haushaltsaus- stattung	keine Verknüpfung zum Konzept der Planetaren Grenzen; nur Rohstoffe wurden untersucht; Interessant erscheinen die identifizierten Haushaltstypen für die Entwicklung von Persona/ Konsummuster in diesem Projekt
UBA (2023a)	Der CO ₂ -Rechner	Der CO ₂ -Rechner ist ein Onlinetool, mit dem jede Person die	Klimawandel (CO ₂ , Methan (CH ₄) und Lachgas (N ₂ O)).	N.A.	N.A.	Wohnen und Strom, Mobilität,	Vorbild für die Identifizierung der Konsummuster/

Auto- ren- schaft	Titel	Scope	Betrachtete Grenzen/ Dimensionen	Disaggregation	Benchmarking	Analysierte Konsumfelder	Nutzbarkeit / Einschränkungen
		persönlichen Treibhausgasemissionen berechnen und das Einsparpotenzial durch unterschiedliche Änderungen im Konsumverhalten austesten kann.				Ernährung, sonstiger Konsum und Öffentliche Emissionen	Persona in diesem Projekt
Purr et al. (2019) sowie Dittrich et al. (2020a; b; c; d; e; f) und Güther et al. (2020)	RESCUE-Studie: Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität	Im Rahmen des Projektes RESCUE wurden insgesamt sechs Szenarien untersucht, die bis 2050 eine Minderung der Treibhausgasemissionen um mindestens 95 % erreichen. Die Szenarien unterscheiden sich im Ambitionsniveau hinsichtlich der Schnelligkeit der Transformation, der Einführung emissionsarmer und rohstoffsparender Technologien in der	Klimawandel (alle THGs) sowie Rohstoffanspruchnahme und Flächennutzung	Das Szenario GreenSupreme wurde so ausgestaltet, dass Deutschland seinen Beitrag für die Erreichung eines 1,5°-Ziels erreicht.	N.A.	Diverse Felder im Produktions- und Konsumbereich (v.a. Ernährung, Mobilität, Kleidung, Wohnen, Freizeit)	Für das Projekt können die Änderungen des Produktionssystems aus GreenSupreme übernommen werden; für die Identifikation eines nachhaltigen Konsums kann der durchschnittliche Konsum des Durchschnittsmenschen aus GreenSupreme 2050 ermittelt werden und als ein Startpunkt dienen.

Auto- ren- schaft	Titel	Scope	Betrachtete Grenzen/ Dimensionen	Disaggregation	Benchmarking	Analysierte Konsumfelder	Nutzbarkeit / Einschränkungen
		Industrie und insbesondere im Energiesystem und in den nachhaltigen Lebensstilen, etwa in den Bereichen Ernährung, Wohnen und Mobilität.					
Dittrich et al. (2021a)	Vorstudie zu Ansätzen und Konzepten zur Verknüpfung des „Planetaren Grenzen“ Konzepts mit der Inanspruchnahme von abiotischen Rohstoffen / Materialien	Es wird der Frage nachgegangen, inwieweit sich Umweltwirkungen aus Ökobilanzen mit der Inanspruchnahme abiotischer Rohstoffe und mit dem Konzept der Planetaren Grenzen verknüpfen lassen und ob sich daraus Zielwerte für die Ressourcenpolitik ableiten lassen.	Klimawandel, Landnutzungsänderungen, Süßwasser und biogeochemische Flüsse (Phosphor und Stickstoff)	Unterschiedliche Disaggregierungsansätze für Deutschland; Für Deutschland werden die Grenzen nach dem Gleichheitsprinzip, der historischen Verantwortung, den Development Rights und dem Grandfathering-Prinzip berechnet.	Aktuellen Umweltauswirkungen wurden mit den disaggregierten planetaren Grenzen verglichen und Berechnung von zulässigen Anteilen am sicheren Handlungsspielraum für ausgewählte abiotische Rohstoffe, Produkte und einen aggregierten Ansatz.	Fünf Rohstoffbeispiele: Erdöl, Kupfer, Lithium-Ionen Akkus, Kobalt und aggregierter Ansatz (Metalle)	Ergebnisse der Disaggregation nach dem Gleichheitsprinzip können in diesem Projekt als Rahmen übernommen werden. Methodisch kann die Verknüpfung der Ökobilanzen mit dem Konzept der Planetaren Grenzen genutzt werden.
Destatis (2019b;	Projekt Globi: Globale Umweltinanspruch-	Erhebung des Rohstoff- und	Quantifizierung der Inanspruchnahmen von	nach dem Gleichheitsprinzip	N.A.	Gesamtkonsum (letzte	Der im Projekt erhobene Datensatz

Auto- ren- schaft	Titel	Scope	Betrachtete Grenzen/ Dimensionen	Disaggregation	Benchmarking	Analysierte Konsumfelder	Nutzbarkeit / Einschränkungen
c, 2020a; b) und Dittrich (2019)	nahme Deutschlands durch Produktion und Konsum	Flächenkonsums sowie der Treibhausgase, Luftschadstoffe und Wassernutzung aus Produktions- und Konsumsicht; Bewertung der Datensätze vor den planetaren Grenzen.	natürlichen Ressourcen; Analyse der Weiterentwicklung der Datensätze, um den deutschen Konsum vor dem Hintergrund der neun planetaren Grenzen besser bewerten zu können.			inländische Verwendung gesamt und für den Teilbereich der privaten Haushalte)	(in seiner letzten Fassung) kann für die gegenwärtigen, konsumbasierten Umweltinanspruch- nahmen genutzt werden.

Quelle: eigene Zusammenstellung ausgewählter Ergebnisse

2.2 Zentrale Ergebnisse

Zum Abschluss erfolgt eine Metabetrachtung der in den Steckbriefen zusammengefassten Studien. Es folgt eine Übersicht zu wichtigen Stellschrauben des nachhaltigen Konsums, die sich in den verschiedenen Projekten und Studien gezeigt haben, sowie abschließend eine Übersicht über jene Elemente, die im weiteren Verlauf des Projektes aus der Aufarbeitung des Wissensstands mitgenommen werden.

Wichtig ist es an dieser Stelle auf eine bedeutende Limitation bei der Disaggregation der planetaren Grenzen hinzuweisen. Bei einer Top-Down-Disaggregation können (lokale/regionale) Kontextfaktoren (z. B.: Wasserverfügbarkeit eines Landes, regionale Düngemittelnutzung), die für die planetaren Grenzen Landnutzungswandel, biogeochemische Flüsse, Süßwassernutzung und Intaktheit der Biosphäre sehr relevant sein können, nicht beachtet werden (Häyhä et al. 2016). Eine Top-Down-Disaggregation (etwa nach dem Gleichheitsprinzip) ist bisher der methodisch einzig gangbare Weg, um die planetaren Grenzen von der globalen Ebene auf das Niveau von Individuen oder Staaten zu skalieren. Daher wurde dieser Weg auch im Verlauf des Projektes weiterverfolgt.

Zusammenfassende **Metabetrachtung** der Studien:

1. Auch wenn sich nicht alle Studien auf das Konzept der Planetaren Grenzen im engen Sinne beziehen, wird in nahezu allen Studien der Klimawandel betrachtet (14 von 16 Studien). In aktuelleren Studien werden zudem der Landnutzungswandel (10 von 16 Studien), die Süßwassernutzung (9 Studien) und biogeochemische Flüsse (9 Studien) zusätzlich adressiert. In Einzelfällen werden auch weitere planetare Grenzen berücksichtigt: Biodiversitätsverlust (3 Studien), Ozeanversauerung (2 Studien) und Ozonabbau in der Stratosphäre (2 Studien).
2. In einzelnen Studien werden darüber hinaus weitere Indikatoren verglichen, darunter Materialinanspruchnahmen, ökologische Fußabdrücke und soziale Indikatoren. Diese sind allerdings für das Projekt Grenzen des Konsums nicht relevant.
3. Die Konkretisierung der planetaren Grenzen weicht in den Studien teilweise stark voneinander ab. Das betrifft die genutzte Grenzdefinition ebenso wie die Berechnung des noch verfügbaren Budgets bzw. sicheren Handlungsrahmens. Unterschiedliche Herleitungsmethoden wurden im Projekt „Vorstudie zu Ansätzen und Konzepten zur Verknüpfung des ‚Planetaren Grenzen Konzepts‘ mit der Inanspruchnahme von abiotischen Rohstoffen/Materialien“ (KPG) diskutiert und für Deutschland berechnet (Dittrich et al. 2021a). Aus Sicht der Autor*innen stellt das eine sehr gute Grundlage für das Projekt Grenzen des Konsums dar.
4. Die Disaggregation der planetaren Grenzen erfolgt mittels unterschiedlicher Prinzipien, am häufigsten über die Gleichverteilung pro Kopf, die auch im Projekt Grenzen des Konsums angesetzt wird.
5. Das Konsumfeld, das am umfassendsten und gründlichsten analysiert wurde, ist die Ernährung. 8 von 16 Studien untersuchen dieses Konsumfeld. 5 von 16 betrachteten Studien analysieren das Konsumfeld Wohnen (einschließlich Gebäude), je 4 Studien berücksichtigen Mobilität, Waren und Dienstleistungen getrennt. Ebenfalls 4 Studien differenzieren gar keine Konsumfelder, sondern betrachten ausschließlich die aggregierte Ebene. In je 3 Studien werden die Konsumfelder Bekleidung und Waren analysiert. Das bedeutet, für alle betrachteten Konsumfelder existieren Studien, die zumindest einen Vergleich zulassen.

Wichtige **Elemente eines nachhaltigen Konsums** (ohne technische Änderungen) im Rahmen der planetaren Grenzen:

- **Ernährung:** Reduktion von Abfällen, Reduktion bzw. Verzicht der Nahrungsmittel aus tierischen Produkten (Fleisch und Milchprodukte), Reduktion der Kalorienzufuhr.
- **Wohnen:** Reduktion der Wohnfläche, hoher energetischer Standard der Wohnung, Minimierung der Bauaktivitäten durch gemeinschaftliches Wohnen, natürliche/ biotische/ lokale/ rezyklierte Baustoffe, lange Lebensdauer von Häusern und Mobiliar.
- **Mobilität:** Reduktion bzw. Verzicht auf Fahrten mit privaten Pkw, Umstieg auf ÖPNV, ÖPFV, Car- und Ridesharing sowie auf Radfahren und Zufußgehen, Reduktion von bzw. Verzicht auf Flugreisen, Homeoffice, räumliche Nähe Wohnen-Arbeiten, erneuerbare Kraftstoffe, Elektrofahrzeuge und kleinere, leichtere Fahrzeuge.
- **Bekleidung:** mehr Bekleidung auf Basis von erneuerbaren Energien (synthetische Fasern auf Basis von PtX), keine Baumwolle von neuen Anbauflächen, weniger Kleidung, mehr Second-hand, keine Bekleidung aus tierischen Rohstoffen, keine synthetischen Rohstoffe.
- **Freizeit:** umweltschonender (ohne Spezifizierung), Verzicht auf Flugreisen, weniger Restaurant-/Cafébesuche.
- **Produkte und Waren:** Reduktion der Einkaufsmengen, gemeinschaftlicher Besitz, längere Lebensdauer / höhere Qualität, Reparierbarkeit, Reduktion chemischer Güter und Kunststoffe.
- **Dienstleistungen:** Reduktion der Nachfrage insgesamt, mehr Nachfrage nach Reparaturdienstleistungen, nicht marktbasierende und gemeinschaftliche Dienstleistungen.

Es wird deutlich, dass bei einigen Konsumfeldern die Handlungsoptionen eindeutig sind und sich im Wesentlichen im Ausmaß der Wirkungen unterscheiden. Dies trifft insbesondere auf die Konsumfelder Ernährung und Mobilität zu.

In anderen Konsumfeldern sind die unterstellten Handlungsoptionen unterschiedlich bis widersprüchlich. Im Konsumfeld Wohnen gibt es besonders viele unterschiedliche Varianten, die den Verzicht auf Bauaktivitäten bis hin zu gemeinschaftlichen Wohnformen beinhalten. So wird im Konsumfeld Bekleidung sowohl der Verzicht auf synthetische Kleidung als auch der Umstieg auf (EE-basierte) synthetische Kleidung empfohlen.

Neben den Anregungen für Konsummuster sind für das **Projekt Grenzen des Konsums** folgende Aspekte besonders nützlich:

- Die Disaggregation der planetaren Grenzen auf Deutschland kann aus der Vorstudie KPG (Dittrich et al. 2021a) übernommen werden. In dieser Studie werden die unterschiedlichen Ansätze der Disaggregation umfänglich diskutiert und hergeleitet.
- Die LANCET-Studie wird ergänzend für den Bereich Ernährung genutzt. Aufgrund ihrer Detailtiefe und der gleichzeitig erarbeiteten Ernährungskorridore eignet sie sich besonders gut.
- Die UGR-Daten und der CO₂-Rechner bieten relevante Informationen zum aktuellen Konsum der Deutschen. Die Informationen decken jedoch nicht alle planetaren Grenzen ab. So ist der

Klimawandel sehr gut abgedeckt, die Dimension des Landnutzungswandels ist für relevante Produkte abgedeckt und die Süßwassernutzung ist Ergebnis eines Forschungsprojekts (keine amtlichen Daten).

- Aus dem Projekt RESCUE wird das GreenSupreme-Szenario nicht nur für das Hintergrundsystem, sondern auch für die Berechnung eines Durchschnittskonsums genutzt.

3 Identifikation von Konsummustern

3.1 Vorgehen und Methodik

Dieses Kapitel legt die Identifikation von sechs Konsummustern in einer defossilisierten Welt dar, die in Deutschland anschlussfähig sind, und deren Umweltwirkungen die planetaren Grenzen nicht überschreiten. Hierzu wurde eine Vielzahl von Arbeitsschritten durchgeführt, die in diesem Kapitel beschrieben werden.

Zu Beginn der Arbeiten wurde zusammen mit dem Auftraggeber für dieses Arbeitspaket Folgendes beschlossen:

- Die Studie von Steffen et al. (2015) wird soweit wie möglich für die Konkretisierung der planetaren Grenzen genutzt. Die Studie ist eine Weiterentwicklung von Rockström et al. (2009). In den letzten Jahren fanden weitere Forschungsarbeiten zum Konzept der Planetaren Grenzen statt, in denen unter anderem einzelne Dimensionen im Konzept konkretisiert oder andere Grenzwerte vorgeschlagen wurden. Keine der neueren Arbeiten ist jedoch ähnlich umfassend wie die von Steffen et al. (2015) und eine Aufbereitung aller laufenden Diskussionen war im Rahmen von diesem Projekt nicht leistbar. Eine Ausnahme wurde vereinbart: Die EAT-Lancet-Studie (Willett et al. 2019) zur Ernährung wird als Grundlage für den Bereich Ernährung genutzt.
- Das Szenario GreenSupreme (Dittrich et al. 2020a; UBA 2019) wird genutzt, um die defossilisierte Welt zu konkretisieren (siehe Exkurs). Dass unter den gegenwärtigen Produktionssystemen die planetaren Grenzen mit anschlussfähigen Konsummustern nicht einhaltbar sind, ist angesichts des fortschreitenden Klimawandels und der Dringlichkeit, die Energieversorgung, industrielle Prozesse, die Landwirtschaft und viele weitere Bereiche der Ökonomie zu transformieren, offensichtlich (z. B. IPCC (2021, 2022a; b))⁷. Für ein nachhaltiges und technisch mögliches Produktionssystem im Jahr 2050 bieten die Green-Szenarien sehr gute und detaillierte Hintergrunddaten, die alle relevanten UBA-Positionen berücksichtigen (z. B. den Ausschluss von CCS oder den Verzicht auf eine energetische Nutzung von Primärbiomasse). Es liegen sechs Green-Szenarien vor. Das Szenario GreenSupreme ist das ambitionierteste Szenario, das zudem der Erreichung des Ziels, eine globale Temperaturerhöhung um maximal 1,5° einzuhalten, am nächsten kommt. Es bietet aufgrund der sehr weitgehenden technologischen Umstellungen ferner die größten Spielräume für unterschiedliche Konsummuster.

Exkurs: das Szenario GreenSupreme⁸

Das Szenario GreenSupreme (**Germany - resource efficient and GHG neutral** – Minimierung von Treibhausgasemissionen und Rohstoffverbrauch im Betrachtungszeitraum) beschreibt einen sehr

⁷ Die Einhaltung ist theoretisch nur unter Konsumgewohnheiten möglich, die aus unserer Sicht nicht an deutsche Konsummuster anschlussfähig sind.

⁸ Eine ausführliche Beschreibung findet sich in Dittrich et al. (2020a) und Purr (2019).

schnellen und ambitionierten Transformationspfad hin zu einem treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland.

In GreenSupreme werden alle effektiven Maßnahmen, technologischen Umstellungen und Änderungen der Lebensstile zusammengefasst. In GreenSupreme werden die Potenziale einer effizienteren Nutzung von Energie weitgehend gehoben und der Ausbau der erneuerbaren Energien schreitet zügig voran. So steigt der Anteil der erneuerbaren Energien in der Stromversorgung bis 2030 auf 86 % und bis 2040 auf 97 %. Die direkte Nutzung von Strom, sei es über batterieelektrische Fahrzeuge oder Wärmepumpen im privaten Bereich und in Industrieprozessen, ermöglicht eine vergleichsweise verlustarme Nutzung der Energie. Die Nutzung von fossilen Rohstoffen wird sehr zügig zurückgefahren, so ist die Kohleverstromung bereits im Jahr 2030 beendet und bis 2040 wird auch in der Industrie keine Kohle mehr verwendet. In der Brenn- und Kraftstoffversorgung werden frühzeitig Innovationen gefördert und Techniken aufgebaut, so dass 2030 bereits rund 63 TWh nachhaltige strombasierte Brenn- und Kraftstoffe importiert werden. Auch die chemische Industrie wird zunehmend mit synthetisch hergestellten Rohstoffen versorgt. Im Jahr 2050 werden keine fossilen Rohstoffe mehr genutzt.

Verbesserungen der Materialeffizienz über alle Technologien und Wirtschaftssektoren verbunden mit hoher Qualität der Produkte und langen Lebensdauern führen zu materialleichten Gütern und Produkten. Hierzu gehören beispielsweise ressourcenleichte Bauweisen, Substitutionen von emissions- bzw. materialintensiven Rohstoffen durch emissionsfreie bzw. -ärmere und nachhaltigere Rohstoffe und der deutlich gesteigerte Einsatz von Sekundärrohstoffen.

Auch die Menschen verändern ihre Konsumgewohnheiten. Sie ernähren sich beispielsweise fleischreduzierter und gesünder, wohnen auf kleinerem Raum und nutzen stärker Rad, ÖPV bzw. Sharing-Angebote für ihre Wege. Zudem fragen sie verstärkt nachhaltige, langlebige und reparierbare Produkte nach, so dass die Nachfrage nach Gütern insgesamt sinkt.

Die technologischen Umstellungen und die Veränderungen der Nachfrage führen zu Änderungen der gesamtwirtschaftlichen Produktion. Im Gegensatz zu anderen Green-Szenarien, in denen von einem jährlichen BIP-Wachstum von 0,7 % ausgegangen wird, wird in GreenSupreme ab 2030 eine Wachstumsbefreiung, d.h. ein jährliches BIP-Wachstum von Null, angenommen.

Die oben genannten Änderungen der Technologien und Lebensstile hin zu einer Transformation zu einer treibhausgasneutralen und ressourcensparsamen Wirtschaft finden nicht nur in Deutschland, sondern weltweit statt. Dadurch werden auch Importe bzw. Vorketten von Rohstoffen, Halbzeugen und Gütern zunehmend treibhausgasärmer und rohstoffleichter.

In GreenSupreme werden bis zum Jahr 2050 die Treibhausgasemissionen um gut 97 % gegenüber 1990 gesenkt. Werden zudem natürliche Senken in der Land- und Forstwirtschaft (LULUCF) berücksichtigt, so sind Minderungen sogar um bis zu rund 104 % möglich. Bis 2030 kann eine Minderung der Treibhausgase (THG) von 69 % und bis 2040 von 88 % gegenüber 1990 erzielt werden (ohne LULUCF).

In GreenSupreme kann gleichzeitig die Primärrohstoffinanspruchnahme bis 2050 um 70 % gegenüber 2010 gesenkt werden. Die Nachfrage nach fossilen Rohstoffen sinkt auf null. Auch die Nachfrage nach mineralischen Rohstoffen sinkt signifikant, jedoch steigt die Nachfrage nach spezifischen Technologiemetallen, die für Schlüsseltechnologien wie beispielsweise Autobatterien, Windkraft- oder PV-Anlagen benötigt werden.

Die weiteren Arbeitsschritte bestanden in der Konkretisierung der planetaren Grenzen, der Auswahl und Konkretisierung der repräsentativen Güter, der Berechnung der Ökobilanzen dieser Güter unter den Bedingungen von GreenSupreme 2050, der Berechnung der für die planetaren Grenzen relevanten Umweltwirkungen und schließlich der Identifizierung nachhaltiger Konsummuster. Das methodische Vorgehen wird im Folgenden beschrieben.

3.1.1 Konkretisierung der planetaren Grenzen

Im Konzept der Planetaren Grenzen werden für acht von neun Dimensionen konkrete Grenzwerte für die gesamte Erde vorgeschlagen. Eine Disaggregation auf Länder kann nach unterschiedlichen Prinzipien erfolgen (Dittrich et al. 2021a; Keppner et al. 2020):

- ▶ Die Grenzwerte können nach dem Gleichheitsprinzip auf alle (lebenden) Menschen gleich verteilt werden.
- ▶ Die Grenzwerte können nach dem Prinzip der historischen Verantwortung verteilt werden. Den Ländern, die in der Vergangenheit mehr natürliche Ressourcen in Anspruch genommen bzw. den Planeten mehr „verschmutzt“ haben, stehen heute weniger Ressourcen bzw. „Verschmutzungsrechte“ zu als Ländern, die bislang wenig Ressourcen in Anspruch genommen bzw. weniger zur Verschmutzung beigetragen haben.
- ▶ Die Grenzwerte können auch nach dem Prinzip des Rechts auf Entwicklung auf Länder verteilt werden. Hierbei wird der Entwicklungsstand eines Landes berücksichtigt: entwickelte Länder haben eine stärkere Verantwortung und höhere Fähigkeiten als wenig entwickelte Länder.
- ▶ Die Grenzwerte können auch nach dem Souveränitätsprinzip aufgeteilt werden. Es wird dabei ein „Bestandsschutz“ unterstellt. Die gegenwärtigen Anteile an der Gesamtverschmutzung bzw. Inanspruchnahme von natürlichen Ressourcen werden fortgeschrieben.

In diesem Projekt war eine Aufteilung nach dem Gleichheitsprinzip vorgegeben. Hierzu wurde die Bevölkerungsprognose des Szenarios Shared Socioeconomic Pathway 1 (SSP 1, siehe Exkurs) genutzt, da dieses Szenario dem Narrativ von GreenSupreme am nächsten kommt. Demnach liegt die globale Bevölkerung im Jahr 2050 bei 8,479 Milliarden Menschen.

Exkurs: die Shared Socioeconomic Pathways⁹

Die Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) beschreiben Rahmenannahmen für die globalen Entwicklungen, die für die Modellierungen der Treibhausgasemissionen festgelegt wurden, so dass Ergebnisse unterschiedlicher Modellierungen vergleichbar werden.

Zentrale Annahme zur Entwicklung der Bevölkerung, der Wirtschaftsaktivitäten und der Siedlungsentwicklung, Annahmen zum Ambitionsniveau bei der Minderung der Treibhausgasemissionen und Annahmen zur Reaktion auf den Klimawandel für unterschiedliche Weltregionen wurden in fünf Narrativen verdichtet. Diese wurden weiterhin unter Berücksichtigung von Unsicherheiten und Variabilitäten in ein Set von Szenarien übersetzt.

⁹ Eine ausführliche Beschreibung findet sich in van Vuuren et al. (2017) und Riahi et al. (2017).

Das SSP 1 beschreibt einen nachhaltigen Entwicklungspfad. Alle Regionen weltweit forcieren eine Transformation hin zu einer Wirtschaftsweise, die Umweltgrenzen respektiert. Die Entwicklung verläuft inklusiver, Ungleichheiten innerhalb der Länder als auch im Vergleich zwischen den Ländern werden schrittweise abgebaut. Das Wohlergehen aller Menschen steht im Zentrum.

Das SSP 2 beschreibt einen Mittelweg. Die historischen Trends ändern sich nicht stark: Entwicklung und Einkommenswachstum verlaufen ungleichmäßig, einige Länder machen gute Fortschritte, andere bleiben hinter den Erwartungen zurück. Internationale Institutionen unterstützen die SDGs, kommen aber nur langsam voran. Manche Umweltbelastungen verschlechtern sich, aber es gibt auch Verbesserungen.

Das SSP 3 beschreibt einen Pfad mit starken regionalen Rivalitäten. Die nationalen Politiken orientieren sich zunehmend an nationalen (bzw. regionalen) Sicherheitsfragen, auch auf Kosten einer breiter angelegten Entwicklung. Die wirtschaftliche Entwicklung verläuft dadurch insgesamt langsam, Ungleichheiten bleiben bestehen oder verschlimmern sich. Umweltschutz hat international eine geringe Priorität, in einigen Regionen führt dies zu starken Beeinträchtigungen der natürlichen Umwelt.

Das SSP 4 beschreibt einen ungleichen Entwicklungspfad. Ungleiche Investitionen in Bildung und Wirtschaft führen zu zunehmenden Ungleichheiten innerhalb und zwischen den Ländern. Die Kluft zwischen einer international vernetzten Gesellschaft, die in wissens- und kapitalintensiven Sektoren arbeitet, und fragmentierten Gruppen einkommensschwacher, schlecht ausgebildeter Bevölkerung in low-tech-Sektoren nimmt zu. Der soziale Zusammenhalt verschlechtert sich, Konflikte und Unruhen nehmen zu. Die Umweltpolitik konzentriert sich auf lokale Probleme in Gebieten mit mittleren und hohen Einkommen.

Das SSP 5 beschreibt einen fossilen Entwicklungspfad. Die Entwicklung von wettbewerbsfähigen Märkten, Innovationen, technologischer Fortschritt und eine partizipative Gesellschaft stehen im Zentrum. Dies geschieht auf der Basis der Ausbeutung der vorhandenen fossilen Rohstoffe, der energie- und ressourcenintensive Lebensstil verbreitet sich auf der ganzen Welt. Lokale Umweltprobleme wie die Luftverschmutzung werden erfolgreich bekämpft und es besteht das Vertrauen in die Fähigkeiten, soziale und ökologische Systeme effektiv, auch mit Geo-Engineering, zu managen. (Riahi et al. 2017; van Vuuren et al. 2017)

Die Pro-Kopf-Grenzen für die relevanten Umweltwirkungen können gegenwärtig für die Dimensionen Klimawandel, Süßwassernutzung, Landnutzung, Biogeochemische Kreisläufe (Phosphor- und Stickstoffströme), Ozeanversauerung (Wirkungsgefüge verläuft indirekt über CO₂-Emissionen) und für die Dimension Ozonloch beziffert werden (siehe Kapitel 3.2). Für die anderen Dimensionen des Konzepts der Planetaren Grenzen ist entweder keine Grenze definiert (neue Substanzen, Partikelverschmutzung der Atmosphäre) oder die Grenze kann in der Wirkungskette nicht ausreichend eindeutig mit menschlichen Aktivitäten in Bezug gesetzt werden (Unversehrtheit der Biosphäre) (Dittrich et al. 2021a).

3.1.2 Auswahl repräsentativer Güter

Um die Konsummuster zu konkretisieren, wurden Güter ausgewählt, die unterschiedliche Konsumfelder hinreichend gut repräsentieren. Zu den Konsumfeldern gehören Ernährung (weitgehend über die Lancet-Studie abgedeckt), Mobilität, Freizeit, Kleidung, Wohnen und Kommunikation. Die Güter wurden so gewählt, dass sie sich skalieren lassen. Folgende Güter wurden ausgewählt:

6. **Im Konsumfeld Ernährung** wurde, ergänzend zur Lancet-Studie, **Milch** ausgewählt. Da die meisten Umweltbelastungen bei der Produktion von Milchprodukten bei der Produktion von Milch anfallen, ist die Milch (bis Molkerei) hinreichend repräsentativ für alle Milchprodukte.
7. **Im Konsumfeld Mobilität** wurden drei Güter/Dienstleistungen gewählt: das **Auto**, das **(E-) Fahrrad** sowie der **ÖPV (Nah- und Fernverkehr als Mischdienstleistung)** in der Einheit Personenkilometer (Pkm). Mit den drei Verkehrsträgern können bei der Mobilität hinreichend gut Konsummuster der Mobilität skaliert und variiert werden.
8. **Im Konsumfeld Freizeit** wurde die **Flugreise** (Einheit Pkm) und **Haustiere** gewählt.
9. **Das Konsumfeld Kleidung** repräsentieren **Baumwolle** und **synthetische Stoffe** jeweils als Stoffmenge, nicht als konkrete Kleidung.
10. **Im Konsumfeld Wohngebäude** wurde die **Wohnfläche** (m²), gebildet aus einem Durchschnittshaus basierend auf Deilmann et al. (2017), und ein Mix der **Haushaltsgeräte** gewählt.
11. **Im Bereich Kommunikation** wurde ein Mix aus **IKT-Geräten** ausgewählt.
12. **Strom** als Querschnittsgut.

Für die repräsentativen Güter wurden aktuelle LCA-Daten aus der Datenbank von Ecoinvent ausgewählt. Die Datenbank umfasst rund 19.000 Datensätze. In diesen wurden die passendsten für die repräsentativen Güter identifiziert. Soweit möglich und vorhanden, wurden Datensätze aus Deutschland gewählt. Folgende Tabelle 2 zeigt die ausgewählten Güter:

Tabelle 2: Ausgewählte Datensätze für die repräsentativen Güter

Konsumfeld	Repräsentatives Gut	Datensatz
Ernährung	Milch	market for cow milk, GLO, cow milk, kg, 2009–2020
Mobilität	(konventionelles) Auto	market for transport, passenger car with internal combustion engine, RER, transport, passenger car with internal combustion engine, km, 2012–2020
	(E-) Auto	market for transport, passenger car, electric, GLO, transport, passenger car, electric, km, 2000–2020
	E-Fahrrad	market for transport, passenger, electric bicycle, GLO, transport, passenger, electric bicycle, person*km, 2011–2020
	ÖPV: Fernverkehr Schiene	transport, passenger train, DE, transport, passenger train, person*km, 2000–2020
	ÖPNV: Nahverkehr Schiene	market for transport, tram, GLO, transport, tram, person*km, 2011–2020
	ÖPNV: Busverkehr	market for transport, regular bus, GLO, transport, regular bus, person*km, 2011–2020
Freizeit	Flugreise	transport, passenger, aircraft, all distances to generic market for transport, passenger, unspecified, GLO, transport, passenger, aircraft, unspecified, person*km, 2016–2020
	Haustier	Wet dog food, RER, Wet dog food, kg, 2021–2021
Kleidung	Baumwolle	market for textile, woven cotton, GLO, textile, woven cotton, kg, 2011–2020

Konsumfeld	Repräsentatives Gut	Datensatz
		market for textile, knit cotton, GLO, textile, knit cotton, kg, 2005–2020
	Synthetische Stoffe	textile production, non-woven polyester, needle punched, RoW, textile, non-woven polyester, kg, 2014–2020 market for textile, non-woven polypropylene, GLO, textile, non-woven polypropylene, kg, 2013–2020
	Sonstige Stoffe (zur Plausibilisierung)	market for fibre, viscose, GLO, fibre, viscose, kg, 2011–2020 market for textile, jute, GLO, textile, jute, kg, 2011–2020
Wohnen	Wohnfläche	market group for concrete, medium strength, GLO, concrete, medium strength, m3, 2019–2020
		market for gypsum fibreboard, GLO, gypsum fibreboard, kg, 2011–2020
		market for gypsum plasterboard, GLO, gypsum plasterboard, kg, 2011–2020
		market for stone wool, packed, GLO, stone wool, packed, kg, 2011–2020
		market for ceramic tile, GLO, ceramic tile, kg, 2011–2020
		steel production, electric, low-alloyed, Europe without Switzerland and Austria, steel, low-alloyed, kg, 2013–2023
		market for cable, unspecified, GLO, cable, unspecified, kg, 2005–2020
		structural timber production, RER, structural timber, m3, 2012–2020
		flat glass production, coated, RER, flat glass, coated, kg, 2000–2020
		flat glass production, uncoated, RER, flat glass, uncoated, kg, 1996–2020
		clay brick production, RER, clay brick, kg, 1992–2020
		market for autoclaved aerated concrete block, RoW, autoclaved aerated concrete block, kg, 2011–2020
		roof tile production, RER, roof tile, kg, 1992–2020
		market for polystyrene foam slab for perimeter insulation, GLO, polystyrene foam slab for perimeter insulation, kg, 2009–2020
		sand–lime brick production, DE, sand–lime brick, kg, 1993–2020
		market for glass wool mat, GLO, glass wool mat, kg, 2011–2020

Konsumfeld	Repräsentatives Gut	Datensatz
		market for glass wool mat, uncoated, Saint-Gobain ISOVER SA, CH, glass wool mat, uncoated, Saint-Gobain ISOVER SA, kg, 2018–2020
		window frame production, poly vinyl chloride, U=1.6 W/m2K, RER, window frame, poly vinyl chloride, U=1.6 W/m2K, m2, 1996–2020
		market for vinyl chloride, RER, vinyl chloride, kg, 2018–2020
		market for natural stone plate, cut, GLO, natural stone plate, cut, kg, 2011–2020
		market for cement cast plaster floor, GLO, cement cast plaster floor, kg, 2011–2020
		market for cement mortar, RoW, cement mortar, kg, 2011–2020
		market for copper, cathode, GLO, copper, cathode, kg, 2011–2020
		market for aluminium, wrought alloy, GLO, aluminium, wrought alloy, kg, 2011–2020
		market for wood wool, RER, wood wool, kg, 2019–2020
		market for oriented strand board, RER, oriented strand board, m3, 2019–2020
		market for cellulose fibre, RoW, cellulose fibre, kg, 2012–2020
		market for particleboard, uncoated, RER, particleboard, uncoated, m3, 2019–2020
		consumer electronics production, mobile device, smartphone, GLO, consumer electronics, mobile device, smartphone, unit, 2014–2021
	Haushaltsmischgerät	market for coffee maker, GLO, coffee maker, unit, 2018–2020
		market for cookstove, GLO, cookstove, unit, 2018–2020
		market for washing machine, GLO, washing machine, unit, 2018–2020
		market for refrigerator, GLO, refrigerator, unit, 2018–2020
		dishwasher production, GLO, dishwasher, unit, 2007–2020
		market for washing, drying and finishing laundry, GLO, washing, drying and finishing laundry, kg, 2013–2020
	Möbel (zur Plausibilisierung)	market for furniture, GLO, furniture, wooden, kg, 2017–2020
Kommunikation	IKT-Mischgerät	market for television, GLO, television, unit, 2018–2020

Konsumfeld	Repräsentatives Gut	Datensatz
		market for printer, laser, colour, GLO, printer, laser, colour, unit, 2011–2020
		market for router, internet, GLO, router, internet, unit, 2011–2020
		market for computer, laptop, GLO, computer, laptop, unit, 2011–2020
		consumer electronics production, mobile device, tablet, GLO, consumer electronics, mobile device, tablet, unit, 2014–2021
	Papierprodukte (zur Plausibilisierung)	paper production, newsprint, recycled, CH, paper, newsprint, kg, 2012–2020
Querschnittsgut	Strom	market for electricity, low voltage, DE, electricity, low voltage, kWh, 2014–2020

Quelle: eigene Zusammenstellung auf der Basis von Ecoinvent V3.7.1

Auf der Basis der obigen Auswahl wurden, sofern erforderlich, Mischgüter gebildet. Für die Gewichtung wurden unterschiedliche Datenquellen für die genutzten Mengen herangezogen. Diese werden zusammen mit den Umweltwirkungen im Kapitel 3.4 genannt.

Eine Einschätzung dazu, welchen Anteil die repräsentativen Güter an den gesamten Umweltwirkungen haben, wurde für die Treibhausgase folgendermaßen getroffen: Für die Emissionen heute wurden die Durchschnittsemissionen nach dem CO₂-Rechner als Grundlage verwendet. Nach dem Rechenstand von Dezember 2023 belaufen sich diese auf 10,34 t CO₂-Äq. pro Person. Klammern wir die Ernährung aus, so liegen die Emissionen bei 8,56 t CO₂-Äq. pro Person. Rechnet man die repräsentativen Güter (ohne Milch) mit den Angaben zu den durchschnittlichen Konsummengen hoch, kommt man auf Emissionen von 5,86 t CO₂. Damit decken die repräsentativen Güter etwa 2/3 der Emissionen ab, wobei die Abdeckung für die einzelnen Bedarfsfelder unterschiedlich ist und wir für die repräsentativen Güter nur die CO₂-Emissionen und nicht die weiteren Treibhausgase betrachten.

Für das Jahr 2050 wurden als Vergleichswert die konsumbedingten CO₂-Emissionen pro Person aus dem Szenario „GreenSupreme“ (RESCUE) verwendet. Diese liegen bei gut 450 kg CO₂-Äq. einschließlich der Ernährung. Davon sind rund 330 kg CO₂-Äq. Emissionen der Landwirtschaft (davon 300 kg Methan und Lachgas). Damit ergeben sich CO₂-Emissionen in Höhe von 120 kg pro Person (ohne Ernährung). Die CO₂-Emissionen durch die repräsentativen Güter der Durchschnittsperson (ohne Ernährung und Baumwolle) liegen bei 69 kg CO₂-Emissionen. Damit ist der Anteil der repräsentativen Güter im Jahr 2050 etwa 58 %.

Dieser Wert wurde plausibilisiert, indem eine Abschätzung dazu getroffen wurde, welche CO₂-Emissionen durch die repräsentativen Güter im Jahr 2050 nicht abgedeckt sind. Da die energiebedingten Emissionen annahmegemäß bei 0 liegen, sind dies hauptsächlich prozessbedingte Emissionen der Industrie durch Zement, Kalk und Glas, z. B. für Bau und Erhaltung öffentlicher Gebäude und Infrastrukturen und Industrie/Fabriken, die nicht anteilmäßig einem der repräsentativen Güter zugeordnet sind. Diese Emissionen werden auf etwa 76 kg CO₂ geschätzt. Diese Zahl wird als Sockelbeitrag für ‚Sonstige Güter‘ ausgewiesen.

Für die anderen Umweltwirkungen kann eine solche Abschätzung mangels fehlender Szenarien für 2050 leider nicht getroffen werden.

3.1.3 Methode zur Bestimmung der Umweltwirkungen der repräsentativen Güter in 2050

Die Umweltwirkungen der Güter wurden auf Grundlage der Ökobilanzdatenbank ecoinvent berechnet. Dazu wurde die Datenbank-Version 3.7.1 (von Dezember 2020) in der Ausprägung Systemmodell ‚Cut-Off‘ herangezogen und an das Szenario GreenSupreme aus RESCUE für 2050 angepasst (Liebich et al. 2023). Diese aufwendige Entwicklungsarbeit erfolgte gemeinsam mit dem Partner ecoinvent association und wurde hauptsächlich in dem UBA-Projekt REFINE realisiert (Dittrich et al. 2024a; b). Eine umfassende Dokumentation der Methodik erfolgt in dem REFINE-Bericht und in dem Methodenpapier (Liebich et al. 2023). In den folgenden Abschnitten werden die Grundzüge und die wichtigsten Annahmen des Vorgehens beschrieben.

Die Ökobilanz-Datenbank ecoinvent v3.7.1 besteht aus über 18.000 Einzeldatensätzen. Die existierenden Datensätze beschreiben in der Regel einzelne technische Prozesse – mit ihren Input- und Outputflüssen zwischen diesen und der Technosphäre (v.a. Zwischenprodukte und Abfälle) bzw. der Ökosphäre (Rohstoffe und Emissionen). Diese Prozesse sind untereinander auf der Basis von Annahmen über weltweite Produktionsverflechtungen verknüpft. Die Datenbank wird jährlich aktualisiert, dabei werden neue Datensätze aufgenommen.

Technisch ist die Datenbank als quadratische Matrix der Prozesse aufgebaut. Veränderungen einzelner Prozesse in der Datenbank sowie der Effekt auf die Inputs aus vorgelagerten Prozessschritten in der Lieferkette können abgebildet werden. Beispielsweise hat die technische Umstellung der Roheisenherstellung auf DRI-Verfahren (Eisenschwamm), Reduktion mit Wasserstoff und anschließender Stahlherstellung im Elektrolichtbogenofen Einfluss auf das Umweltprofil der Stahlherstellung. Werden Stahlprodukte für Güter höherer Verarbeitung benötigt, wird dann der „neue“ Stahl eingesetzt.

Die Anpassung der ecoinvent-Datenbank basiert auf den Annahmen für das Jahr 2050 des Szenarios GreenSupreme in RESCUE. Im Projekt REFINE wurde eine Auswahl der Annahmen aus GreenSupreme in den ecoinvent Datensatz übertragen (Dittrich et al. 2024a; b; Liebich et al. 2023). Der Fokus im Projekt REFINE lag auf dem Energiesektor, daher wurden die Annahmen zu Schlüsseltechnologien und Prozessen geändert, die für das Energiesystem besonders relevant sind. Dies beinhaltet die Übertragung neuer und veränderter Technologien, die in der Datenbank ergänzt bzw. modifiziert wurden (insgesamt ca. 3.000 Datensätze und 70.000 Parameter). Neue aufgenommene Prozesse sind die Wasser-Elektrolyse (inkl. Herstellung Elektrolyseur) für H₂, „Direct Air Capture“-Anlage für CO₂, Fischer-Tropsch-Synthese PtL (v.a. Benzin und Diesel), Methanisierung PtG (SNG), Methanolsynthese (direkt aus CO₂ und H₂), Ammoniak aus H₂ und N₂, DRI-Stahlherstellung mit H₂ als Reduktionsmittel, Bindemittelherstellung Celitement und Oberleitungs-Infrastruktur für Lkw. Aktualisiert wurden die Daten für Windkraftanlagen (onshore/offshore), PV-Anlagen (Freifläche/Aufdach), Li-Ionen-Akku (in 2050 als Li-S-Akku), Brennstoffzellen, Wärmepumpen, CSP-Kraftwerke und Geothermie-Kraftwerke (siehe hierzu auch die methodische Beschreibung in Liebich et al. (2023)).

Eine sehr relevante Veränderung im Rahmen des Transformationsprozesses findet im Stromsektor statt. Die im Szenario GreenSupreme ermittelten Strommixe wurden auf die Strommärkte in ecoinvent übertragen. Für Deutschland wurden dazu im RESCUE-Projekt umfangreiche Modellrechnungen durchgeführt. Der daraus resultierende Strommix 2050 setzt sich hauptsächlich aus Windenergie (75 %) und Photovoltaik (18 %) zusammen. Auch die Strommixe aller anderen Länder wurden in ecoinvent modifiziert. Als Datengrundlage hierfür wurde im Projekt REFINE die Veröffentlichung „Achieving the Paris Climate Agreement Goals“ von Teske (2019) und das dort beschriebene Szenario „Pathway for +1,5°C“ festgelegt. Die Ergebnisdaten wurden uns freundlicherweise vom Herausgeber direkt zur Verfügung gestellt.

Daraus wurden die zwei Regionen „Europa ohne Deutschland“ und „Welt ohne Europa“ abgeleitet. Die Strommixe in beiden Regionen haben niedrigere Windenergieanteile in 2050 (42 % bzw. 32 %) und höhere Anteile an PV (23 % bzw. 31 %) als in Deutschland. Die Wasserkraft liegt in (Rest-)Europa demnach bei 11 % und im Rest der Welt bei 7 %. Auch Biomasse spielt in Europa mit 9 % und im Rest der Welt mit 5 % eine relevante Rolle. Solarthermische Kraftwerke erzeugen in (Rest-)Europa ca. 4 % und im Rest der Welt sogar 14 % des Stroms. Auch der Anteil der Geothermie-Kraftwerke ist in beiden Regionen von Bedeutung und liegt jeweils bei ca. 5 %. Die neu ermittelten Strommixe wurden im Projekt REFINE in ecoinvent in ca. 170 Strommärkten eingesetzt.

Gemäß dem GreenSupreme-Szenario wurden der Strom- und Wärmebedarf in allen Verbrauchssektoren reduziert. Die Wärmebereitstellung erfolgt elektrisch, wo technisch sinnvoll. Der Bedarf an Hochtemperaturwärme wird zum Teil noch über die Power-to-Gas (PtG)-Produkte Wasserstoff und Methan abgedeckt. Aufgrund des hohen Aufwandes der Übertragung der Annahmen in die ecoinvent-Daten, wurde der Fokus der Bearbeitung im Projekt REFINE auf Prozesse in Industriesektoren gelegt, die besonders treibhausgasintensiv und zudem sehr zentral für die Energietechnologien waren. Das sind die Prozesse Metallherstellung (Stahl, Alu, Kupfer), Zement und Chemie (Prozesse mit ISIC Code 21, 22, 23).

Recyclingannahmen aus GreenSupreme wurden bezogen auf die Metalle Zink und Blei sowie Eisen/Stahl, Kupfer und Aluminium übernommen. Für die letztgenannten drei Basismetalle wurden die Annahmen zum Recyclinganteil im Projekt REFINE aktualisiert und hier übernommen. Die Annahme zur Verbesserung der Materialeffizienz (1,2 % pro Jahr) wurde auf in ecoinvent vorhandene Datensätze im Bereich Maschinen und Verpackungen übertragen. Für Branchen, die in GreenSupreme nicht mit speziellen Annahmen hinterlegt wurden, werden im GreenSupreme-Szenario Energieeinsparungen von 51 % in Industriesektoren und 41 % für Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) genannt. In ecoinvent wurden betroffene Prozesse über den ISIC-Code¹⁰ herausgefiltert und entsprechend modifiziert.

Auch die nicht energetische Nutzung fossiler Rohstoffe wird szenariogemäß im Jahr 2050 umgestellt. Für Erdölprodukte und Erdgas, die aktuell als Feedstock verwendet werden, kommen Power-to-Liquid (PtL)-Produkte aus der Fischer-Tropsch-Synthese oder PtG-Methan zum Einsatz.

Auch im Verkehrssektor sieht das gewählte Szenario starke Veränderungen bis 2050 vor:

- ▶ Pkw sind vollständig batterieelektrisch und verfügen über eine Lithium-Schwefel-Batterie mit hoher Energiedichte (350 Wh/kg).
- ▶ Leichte Nutzfahrzeuge sind im Jahr 2050 ebenfalls zu 100 % als BEV-Fahrzeuge ausgelegt.
- ▶ Für schwere Nutzfahrzeuge bis 32 t werden Plug-In-Hybrid (PHEV)-Fahrzeuge angenommen, die im Verbrennungsmotor PtL-Diesel einsetzen.
- ▶ Die Last- und Sattelzüge mit über 32 t zulässigem Gesamtgewicht sind für den Güterverkehr hinsichtlich der Transportleistung am wichtigsten. Diese Fahrzeuge sind in dem GreenSupreme-Szenario als Oberleitungs-Lkw ausgelegt, die auf Autobahnen überwiegend

¹⁰ ISIC: 'International Standard Industrial Classification' = Internationale Standardklassifikation der Wirtschaftszweige

elektrisch fahren. Der angenommene elektrische Fahranteil beläuft sich durchschnittlich auf 65%. Im Dieselbetrieb wird PtL genutzt.

- Die Emissionen aus Verbrennungsmotoren entsprechen weltweit der EURO 6d Abgasnorm.
- Im Flugverkehr und in der Schifffahrt wird ebenfalls fossiler Kraftstoff durch PtL ersetzt.

Nicht übertragen werden konnten unter anderem die spezifischen Annahmen in den Land- bzw. Forstwirtschaftssektoren, in der Glas- und Kalkindustrie sowie in der Textil- und Papierindustrie, alle weiteren Recyclingannahmen (zu Technologie- und Edelmetallen, zu Baustoffen, Glas, Papier und Kunststoffen), die umfangreichen Änderungen im Hoch- bzw. Tiefbau sowie Annahmen zum Leichtbau.

Insgesamt wurden im Rahmen der Anpassung von ecoinvent an das GreenSupreme-Szenario 2050 in der Datenbank ca. 70.000 Werte in Datensätzen geändert oder neu erzeugt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Änderung eines Datensatzes wie zur Stromproduktion sehr starke Auswirkungen auf alle anderen Datensätze hat, so dass die hohen Zahlen vor allem aufzeigen, welchen Umfang die oben genannten Änderungen auf andere Datensätze haben. Ecoinvent hat für die technische Übertragung der Daten Prüfroutinen eingeführt, die systematische Fehler vermeiden helfen. Zudem wurden die Veränderungen in der Datenbank protokolliert. Nach Übertragung der Daten in die Datenbank wurde die Matrix von ecoinvent neu berechnet und die Ergebnisse an ifeu übergeben. Die Prüfung der Ergebnisse stellte eine große Herausforderung für alle Beteiligten dar. Jede Neuberechnung erzeugt über 18.000 Ergebnis-Datensätze mit jeweils ca. 2.100 Elementarflüssen und 25 Indikator-Ergebnissen. Dieser Großzahl an Ergebnissen stehen aber keine Referenz-Ergebnisse aus anderen Ökobilanz-Berechnungen gegenüber, so dass ein direkter Vergleich nicht möglich war. Daher wurde eine Plausibilisierung der Ergebnisse für 60 Datensätze durchgeführt, die den Gütern aus diesem Vorhaben entsprechen. In dem gewählten Szenario ist aus den RESCUE-Ergebnissen bekannt, dass sich die CO₂-Emissionen aus fossilen Quellen allgemein um mindestens 95 % gegenüber 2020 reduzieren (mit Ausnahmen, z. B. für die Klinkerherstellung, die im Kalzinierungsprozess CO₂ aus Karbonaten freisetzt). Zudem ist der Einsatz von fossilen Energieträgern in dem Szenario weltweit ausgeschlossen, so dass der Indikator KEA, fossil (KEA = Kumulierter Energieaufwand) im Jahr 2050 Null betragen muss. Weiterhin wurden für alle Datensätze die 25 Indikatoren ausgewertet und mit der 2020-Referenz verglichen, um statistische Auffälligkeiten zu lokalisieren. Es wurden insgesamt 20 Iterationsschleifen durchgeführt bis zu dem Punkt, da das Ergebnis für alle ausgewählten Güter plausibel erschien. Bei den Iterationsschleifen wurden auch in einigen Fällen Annahmen verändert, die im originären Datensatz von ecoinvent in einzelnen Prozessen unterstellt sind. Beispielsweise beförderte jede Art von Mobilität in GreenSupreme 2050 das Wachsen von Waldflächen. Dies ist offensichtlich unsinnig. Grund ist eine Annahme zur Nutzung von stillgelegten Deponien, in denen Straßenaufbruch deponiert wird. D.h., die Annahme ist nicht zwingend falsch und im Rahmen der genutzten Datensätze zu Straßen sicherlich sinnvoll begründet, aber sie führt zu unsinnigen Ergebnissen, da die Annahme möglicherweise nicht repräsentativ für alle Deponien ist, auf denen Straßenaufbruch gelagert wird. Im Rahmen der Iterationsschleifen wurde die Annahme zu den Deponien mit Straßenaufbruch geändert. Eine vollständige Prüfung des Einflusses aller Annahmen, die in der Datenbank unterstellt sind, konnte im Rahmen dieses Vorhabens nicht geleistet werden. Die Reduktion der fossilen CO₂-Emissionen beläuft sich im genutzten Ergebnisdatensatz im Median auf 97 % bezogen auf die Anzahl der Datensätze (der Rückgang der THG-Emissionen im GreenSupreme-Szenario ist mengengewichtet). Die restlichen CO₂-Emissionen stammen im Wesentlichen aus Karbonaten, beispielsweise bei der Produktion von Zement.

3.1.4 Relevante Umweltwirkungen im Rahmen der planetaren Grenzen

Die berechneten Sachbilanzen der ausgewählten Güter wurden im nächsten Schritt hinsichtlich der Flüsse ausgewertet, die für die planetaren Grenzen relevant sind (Dittrich et al. 2021a). Hierzu werden die folgenden, relevanten Elementarflüsse aus den Sachbilanzen ausgelesen (siehe Tabelle 3). Sofern erforderlich, werden Umrechnungen vorgenommen, beispielsweise die Umrechnung von Stickstoffoxid zu Stickstoff, und positive und negative Wirkungen verrechnet, beispielsweise bei der Umwandlung von Flächen von bzw. zu Wald.

Zum Zeitpunkt der Bearbeitung konnten die Dimensionen Klimawandel, Süßwassernutzung, Landnutzungswandel und biogeochemische Flüsse (Stickstoff und Phosphor) bestimmt werden.

Tabelle 3: Übersicht der verwendeten Elementarflüsse aus Ecoinvent Sachbilanzen

Planetare Dimension	Elementarflüsse
Klimawandel	Carbon dioxide, fossil, non-urban air or from high stacks Carbon dioxide, fossil, low population density, long-term Carbon dioxide, fossil, unspecified Carbon dioxide, fossil, urban air close to ground Carbon dioxide, fossil, lower stratosphere + upper troposphere
Süßwassernutzung	Water, lake Water, river Water, unspecified natural origin, water Water, unspecified natural origin, ground Water, well, in ground
Landnutzungswandel	Transformation from forest, from forest, extensive Transformation from forest, from forest, intensive Transformation from forest, from forest, primary, non-use Transformation from forest, from forest, secondary, non-use Transformation from forest, from forest, unspecified Transformation from forest, from unspecified Transformation from forest, from unspecified, natural, non-use Transformation to forest, to forest, extensive Transformation to forest, to forest, intensive Transformation to forest, to forest, secondary, non-use Transformation to forest, to forest, unspecified Transformation to forest, to unspecified Transformation to forest, to unspecified, natural, non-use
Stickstoffflüsse	Ammonia, non-urban air or from high stacks Ammonia, unspecified Ammonia, urban air close to ground Ammonia, low population density, long-term Nitric oxide, unspecified Nitrogen oxides, non-urban air or from high stacks Nitrogen oxides, unspecified Nitrogen oxides, lower stratosphere + upper troposphere Nitrogen oxides, low population density, long-term

Planetare Dimension	Elementarflüsse
	Nitrate, unspecified Nitrate, urban air close to ground Nitrate, non-urban air or from high stacks Nitrate, low population density, long-term
Phosphorflüsse	Phosphorus, unspecified Phosphorus, urban air close to ground Phosphorus, low population density, long-term Phosphorus acid, urban air close to ground Phosphorus acid, non-urban air or from high stacks Phosphorus acidtrichloride, urban air close to ground

Quelle: Dittrich et al. (2021a)

3.1.5 Theoretische und empirische Grundlagen für Konsummuster

Vor der Erarbeitung der Konsummuster wurde zunächst mit einer Literaturrecherche die theoretische Grundlage gelegt. Mit Suchbegriffen wie „consumption patterns“, „climate-neutral lifestyles“, „household consumption“ o. ä. wurde nach relevanten Studien gesucht. Die folgenden Studien wurden näher betrachtet:

- ▶ Ahlert, G.; Hoffmann, F.; Meyer, M.; Walter, H.; Buhl, J.; Greiff, K.; Lettenmeier, M.; Liedtke, C.; Schipperges, M.; Steger, S.; Teubler, J. (2015): Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus – Analyse und Veranschaulichung global nachhaltiger materieller Versorgungspfade auf der Ebene von Haushalten. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/global-nachhaltige-materielle-wohlstandsniveaus> (13.08.2021).
- ▶ BMU; UBA (2019): Umweltbewusstsein in Deutschland 2018. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltbewusstsein-in-deutschland-2018> (13.08.2021).
- ▶ Froemelt, A.; Dürrenmatt, D. J.; Hellweg, S. (2018): Using Data Mining To Assess Environmental Impacts of Household Consumption Behaviors. In: *Environmental Science & Technology*. American Chemical Society. Vol. 52, No. 15, S. 8467–8478. DOI: [10.1021/acs.est.8b01452](https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01452).
- ▶ Matasci, C.; Gauch, M.; Böni, H. (2019): Material- und Energieflüsse der schweizerischen Volkswirtschaft. Mit Bewertung der Umweltbelastungen (Projekt MatCH – Synthese). Empa - Materials Science & Technology. <https://www.dora.lib4ri.ch/empa/islandora/object/empa%3A20917/> (13.08.2021).
- ▶ Onel, N.; Mukherjee, A.; Kreidler, N. B.; Díaz, E. M.; Furchheim, P.; Gupta, S.; Keech, J.; Murdock, M. R.; Wang, Q. (2018) Tell me your story and I will tell you who you are: Persona

perspective in sustainable consumption. In: *Psychology & Marketing*. Vol. 35, No. 10, S. 752–765. DOI: [10.1002/mar.21132](https://doi.org/10.1002/mar.21132).

- Teubler, J.; Buhl, J.; Lettenmeier, M.; Greiff, K.; Liedtke, C. (2018): A Household's Burden – The Embodied Resource Use of Household Equipment in Germany. In: *Ecological Economics*. Vol. 146, S. 96–105. DOI: [10.1016/j.ecolecon.2017.10.004](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.10.004).
- UBA (2014a): Klimaneutral leben - Verbraucher starten durch beim Klimaschutz. Ratgeber, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. S. 28.
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaneutral-leben> (13.08.2021).

Die Studien wurden anhand folgender Leitfragen ausgewertet:

1. Was ist die Zielsetzung der Publikation?
2. Welche Konsummuster/Haushaltstypen/Personas/Milieus werden unterschieden bzw. identifiziert?
3. Welche Eigenschaften werden zur Charakterisierung der Konsummuster verwendet?
4. Mit welcher Methodik werden die Konsummuster entwickelt?

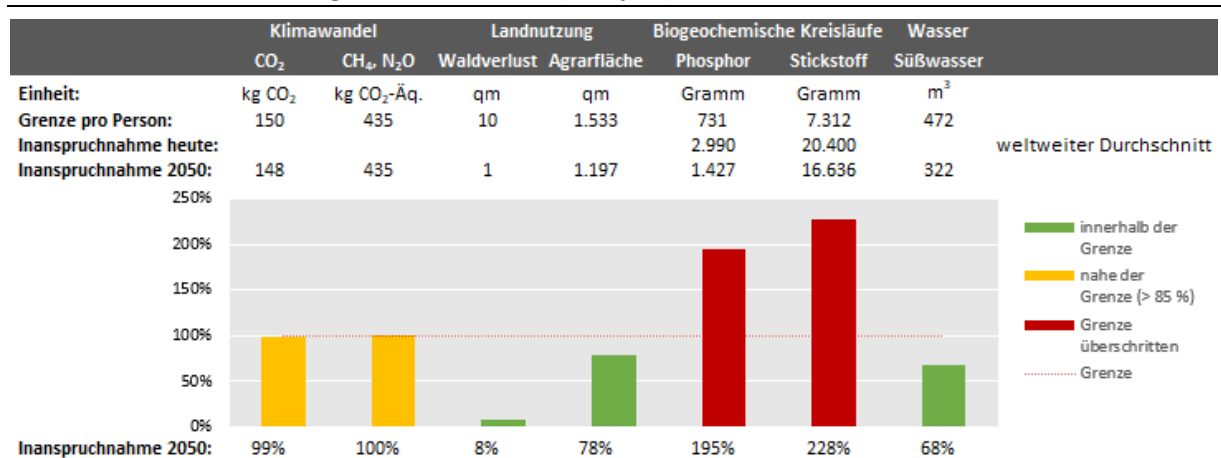
Darüber hinaus wurden statistische Daten recherchiert und ausgewertet, die als Orientierungspunkte zur Erarbeitung der Konsummuster genutzt werden können. Die Basis für die Konsummuster bildet der Durchschnittsmensch aus RESCUE GreenSupreme, dessen Herleitung in Kapitel 5 vorgestellt wird. Statistische Daten werden für die Bestimmung der ungefähren Bandbreiten für die einzelnen Güter verwendet. Sie können dazu dienen, festzulegen, um welchen Faktor sich die Konsummengen bei den einzelnen Personas unterscheiden und welche Werte realistische Minimal- und Maximalwerte darstellen. Es muss dabei allerdings berücksichtigt werden, dass in GreenSupreme umfangreiche Verhaltensänderungen mit Einfluss auf den Konsum angenommen werden. Zudem wird in GreenSurprime ein etwas höheres Einkommen pro Kopf angenommen, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die Konsumausgaben im Verhältnis zu heute ebenfalls leicht steigen werden.

3.1.6 Erarbeitung eines Rechentools

Alle generierten Daten wurden in einem Rechentool zusammengeführt. Das Rechentool ist so aufgebaut, dass die konsumierten Mengen der repräsentativen Güter variiert werden können und die Ergebnisse direkt angezeigt werden. Bezüglich ausgewählter repräsentativer Güter wurden Varianten hinterlegt.

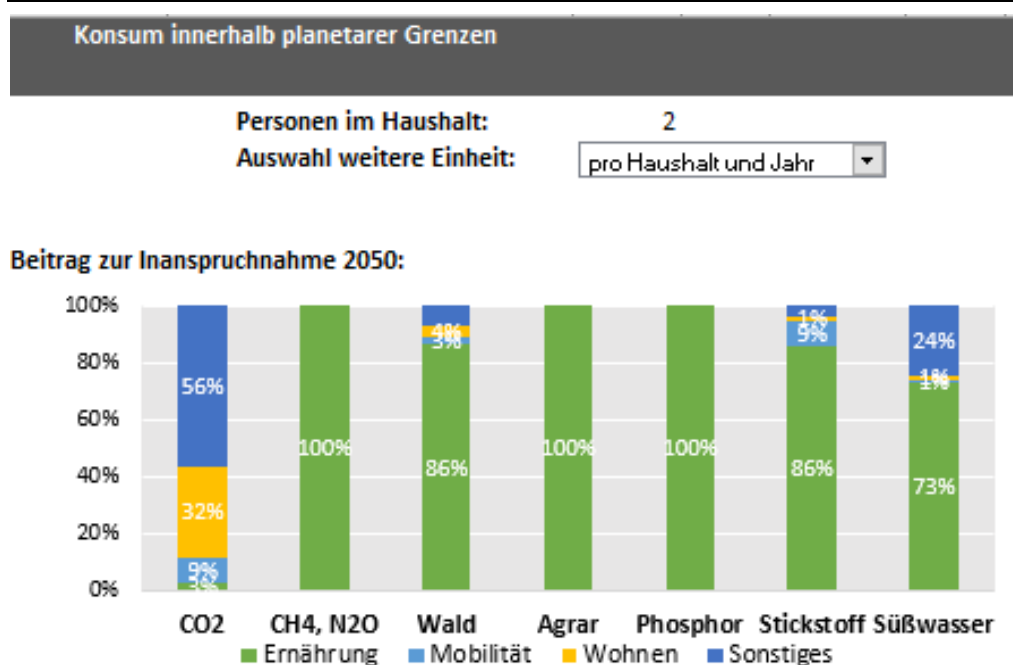
Die Ergebnisse wurden zum einen hinsichtlich der Einhaltung bzw. Überschreitung der planetaren Grenzen (Abbildung 1) und zum anderen als prozentualer Anteil der verschiedenen Konsumfelder an der jeweiligen Inanspruchnahme der Dimension (Abbildung 2) angezeigt.

Abbildung 1: Ergebnisdarstellung: Einhaltung bzw. Überschreitung der Dimensionen im KPG durch den gesamten Konsum (Beispiel)



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

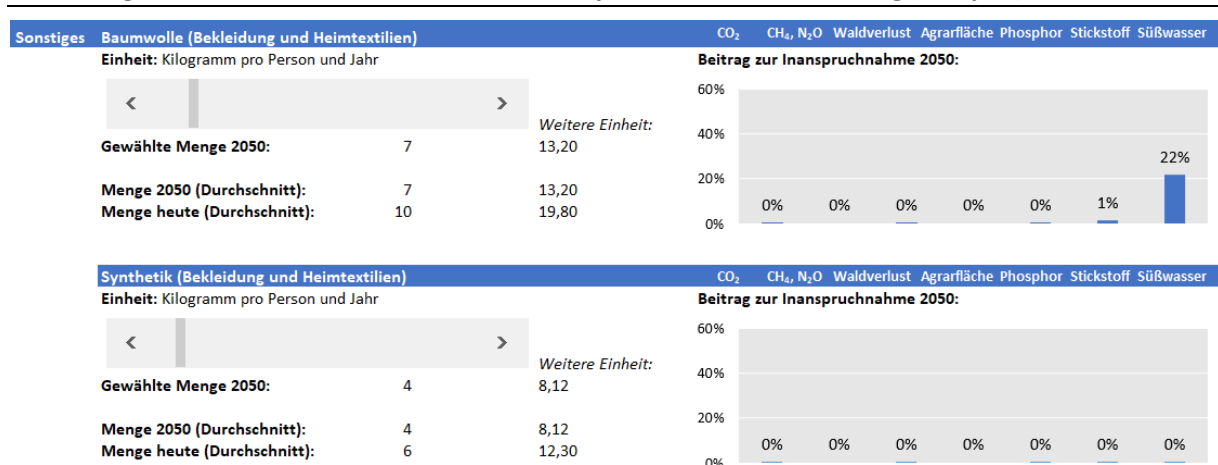
Abbildung 2: Ergebnisdarstellung: Anteile der Konsumfelder an der Inanspruchnahme der Dimensionen im KPG (Beispiel)



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Die konsumierten Mengen können im Rechentool für alle repräsentativen Güter variiert werden. Zur Orientierung werden die Durchschnittsmengen aktuell und in 2050 (GreenSupreme) angezeigt. Gleichzeitig werden im Rechentool die Beiträge zur jeweiligen planetaren Grenze für das repräsentative Gut angezeigt. Der Aufbau wird beispielhaft in Abbildung 3 für den Konsumbereich Kleidung dargestellt. Um unrealistische oder allzu extreme Konsummengen auszuschließen, wurden die Regler so eingestellt, dass bestimmte plausible Mengen weder unterschritten noch überschritten werden konnten (siehe Kapitel 3.7).

Abbildung 3: Aufbau des Rechentools am Beispiel Konsumfeld Kleidung (Beispiel)



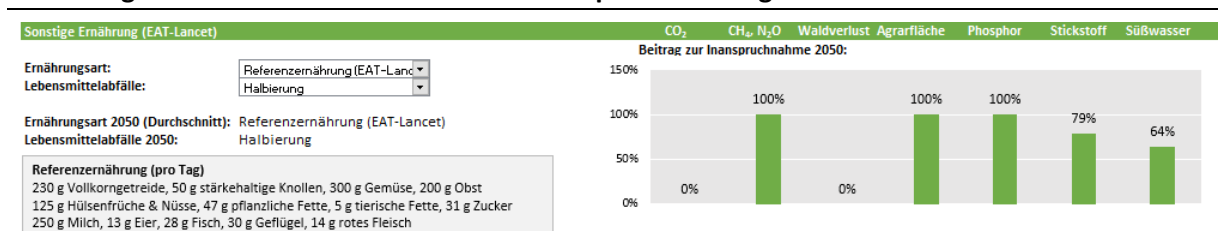
Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Bei ausgewählten Konsumgütern können zudem unterschiedliche Varianten gewählt werden:

- ▶ im Konsumfeld Ernährung können sowohl die verschiedenen Diäten nach (Willett et al. 2019) als auch die Lebensmittelverluste gewählt werden (wie heute bzw. halbiert);
- ▶ im Konsumfeld Mobilität können ein Elektroauto und ein konventionelles Auto (mit synthetischen Kraftstoffen) gewählt werden und die Flüge können nur hinsichtlich der CO₂-Emissionen oder einschließlich zusätzlicher Effekte angezeigt werden;
- ▶ im Konsumfeld Wohnen kann zwischen einem konventionellen Durchschnittshaus und einem Holzhaus unterschieden werden.

Die Aufbereitung ist am Beispiel Ernährung mit den Varianten der Ernährungsart und der Lebensmittelabfälle in der Abbildung 4 dargestellt.

Abbildung 4: Aufbau des Rechentools am Beispiel Ernährung



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Das Rechentool ermöglicht über diesen Aufbau eine sehr einfache und intuitive Bedienung. Wird in einem Konsumfeld „zu viel“ konsumiert, kann spielerisch an jedem anderen Konsum gedreht werden, bis die planetaren Grenzen wieder eingehalten werden.

3.1.7 Erarbeitung der Konsummuster

Nachhaltige Konsummuster wurden auf einem projektinternen Workshop am 7. Oktober 2021 identifiziert. Den Teilnehmer*innen wurde in mehreren kurzen Vorträgen Inputs zum Konzept der Konsummuster, zur Methode zur Ermittlung der zukünftigen Umweltwirkungen, zu den

statistischen Datengrundlagen und zu den Ergebnissen zum RESCUE GreenSupreme-Durchschnittsmenschen geliefert.

Im Anschluss wurden zunächst Rahmenannahmen festgelegt, die bei den unterschiedlichen Konsummustern berücksichtigt werden sollten, darunter:

- Wohnort: Großstadt – Kleinstadt – Land
- Haushaltsgröße: Single, Zwei-Personen-Haushalt, Familie, Großfamilie
- Traditionelle und neue Lebensstile: z. B. Wohnprojekte.

Die Übersicht über narrative Elemente und die Auswahl der sechs unterschiedlichen Haushalte sind in Abbildung 5 dargestellt.

Abbildung 5: Vorbereitung und Auswahl der Personas



Quelle: eigene Darstellung der Zwischenergebnisse auf dem Projekt-Workshop, ifeu

In Arbeitsgruppen wurden die ausgewählten Haushalte mit weiteren Charakteristika unterlegt und geeignete Persona erarbeitet. Die Charakteristika, beispielsweise „Vielfahrer“ oder „modeaffin“, wurden im Rechentool quantifiziert. Dann wurde der Konsum der verschiedenen Güter so kalibriert, dass die planetaren Grenzen eingehalten werden.

Zum Schluss wurden die Ergebnisse der Arbeitsgruppen verglichen. Dabei stellte sich heraus, dass bei einigen repräsentativen Gütern die Varianz zwischen den Konsummustern gering war. Daher wurden Konsumgüter mit einer geringen Varianz in einem letzten Schritt noch verändert,

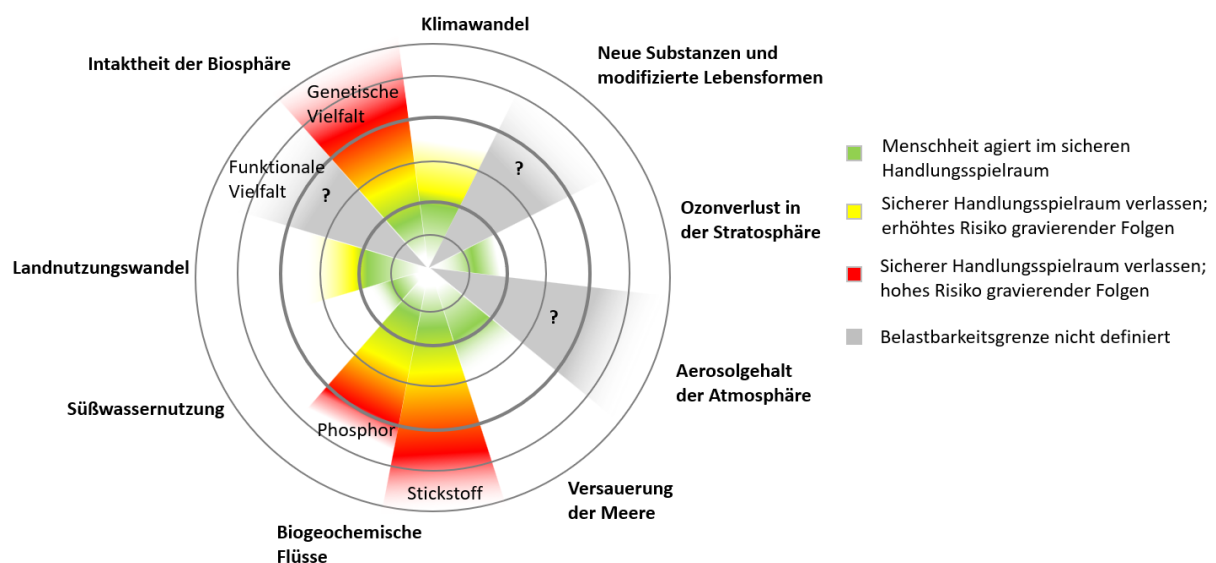
so dass die nachhaltigen Konsummuster eine möglichst große Unterschiedlichkeit (im Rahmen der planetaren Grenzen) aufweisen.

3.2 Das Konzept der Planetaren Grenzen und die im Projekt genutzten Grenzwerte

3.2.1 Das Konzept der Planetaren Grenzen

Im Konzept der Planetaren Grenzen¹¹ werden neun Dimensionen bzw. Umweltprozesse benannt, die fundamental für die Stabilität und Widerstandskraft (Resilienz) des globalen Erdsystems als Ganzes sind. Diese stehen in Wechselwirkung zueinander und beinhalten Klimawandel, Ozeanversauerung, Ozonverlust, Süßwassernutzung, Landnutzungswandel, Biogeochemische Flüsse, Intaktheit der Biosphäre, Aerosolgehalt der Atmosphäre sowie neue Substanzen und modifizierte Lebensformen (Abbildung 6). Rockström et al. (2009) gehen in ihrer erstmaligen Publikation des Konzepts davon aus, dass die durch den Menschen verursachten Umwelteinwirkungen zu einem abrupten Wechsel der Umweltbedingungen führen können, an die sich Lebewesen, darunter auch Menschen, nicht oder nicht ausreichend schnell anpassen können. Die Autoren quantifizieren für sieben Dimensionen sogenannte planetare Grenzen ("planetary boundaries"), innerhalb derer ein sicherer Handlungsraum für die Menschheit besteht. Wird dieser sichere Handlungsspielraum überschritten, können sogenannte Kippunkte überschritten werden und nicht mehr rückführbare Änderungen der Umweltbedingungen folgen. Steffen et al. (2015) entwickelten das Konzept der Planetaren Grenzen weiter. Sie bestätigten die Auswahl der neun Dimensionen, formulierten jedoch für einige Dimensionen andere globale Grenzwerte. Auf globaler Ebene waren demnach – zum Zeitpunkt der Bearbeitung des Projektes – bereits zwei planetare Grenzen überschritten: die Genetische Vielfalt als Teil der Intaktheit der Biosphäre sowie die biogeochemischen Phosphor- und Stickstoff-Flüsse (vgl. Abbildung 6).

Abbildung 6: Das Konzept der planetaren Grenzen



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis von Steffen et al. (2015)

¹¹ Der Begriff „planetare Grenze“ wird sowohl für das Konzept als auch für den definierten Grenzwert verwendet.

In diesem Projekt „Grenzen des Konsums“ wird auf das Konzept der Planetaren Grenzen zurückgegriffen, das Steffen et al. (2015) formuliert haben. Die folgende Tabelle 4 zeigt die Grenzwerte und die Unsicherheiten, die von Steffen et al. definiert wurden.

Tabelle 4: Grenzwerte und Unsicherheitsbereiche im Konzept der Planetaren Grenzen nach Steffen et al. (2015)

Dimension	Grenze	Unsicherheitsbereich
Klimawandel	350 ppm CO ₂ in der Atmosphäre	450 ppm CO ₂ in der Atmosphäre
Landnutzungswandel	75 % Erhalt ursprüngliche Waldfläche; für temperierte Wälder: 50 %	54 % Erhalt ursprüngliche Waldfläche
Süßwassernutzung	4000 km ³ / a	6000 km ³ / a
Biogeochemische Flüsse:		
a) Phosphor (<i>regional</i>)	a) 6,2 Tg P / a	a) 11,2 Tg P / a
b) Stickstoff	b) 62 Tg N / a	b) 82 Tg N / a
Intaktheit der Biosphäre:		
a) Genetische Vielfalt	a) 10 E / MSY*	a) 100 E / MSY*
b) Funktionale Vielfalt	b) ≥90 % BII**	b) ≥ 30 % BII**
Ozonverlust der Stratosphäre	< 5 % Reduktion der vorindustriellen O ₃ -Konzentration	< 10 % Reduktion der vorindustriellen O ₃ -Konzentration
Aerosolgehalt der Atmosphäre	AOD*** (<i>regional</i>) von 0,25	AOD*** (<i>regional</i>) von 0,50
Ozeanversauerung	≥ 80 % der vorindustriellen Aragonitsättigung	≥ 70 % der vorindustriellen Aragonitsättigung
Neue Substanzen und modifizierte Lebensformen	Derzeit keine Variable definiert	

Quelle: eigene Zusammenstellung auf der Basis von Steffen et al. (2015); * E / MSY = Extinctions per million species and year; ** BII = Biodiversity Intactness Index; ***AOD = Aerosol Optical Depth

3.3 Ableitung der Grenzwerte für das Projekt Grenzen des Konsums

Im Projekt Grenzen des Konsums werden die Dimensionen Klimawandel, Landnutzung, Süßwassernutzung und biogeochemische Flüsse betrachtet. Für die anderen Dimensionen ist es noch nicht möglich, eine Grenze für Deutschland bzw. pro Person abzuleiten oder eine abgeleitete Grenze mit ökobilanziellen Ergebnissen in Verbindung zu bringen.

Für die Gegenüberstellung der Umweltwirkungen des Konsums einzelner Personen mit den planetaren Grenzen werden die ausgewählten Grenzen nach dem Gleichheitsprinzip in Pro-Kopf-Werte überführt. Im Projekt wird zudem der Konsum in einer jährlichen Perspektive bilanziert. Die Grenzwerte für die Dimensionen Klimawandel und Landnutzungswandel liegen bei Steffen et al. (2015) jedoch nicht in jährlicher Abgrenzung vor und müssen daher anderweitig abgeleitet werden. Die im Projekt genutzten konkreten Grenzwerte werden im Folgenden beschrieben.

Der Ernährungsbereich wird in diesem Projekt separat ausgewiesen, da die EAT-Lancet-Studie mit der Agrarfläche und den Methan- und Lachgasemissionen zusätzliche Umweltwirkungen ausweist und die Annahmen der Szenarien sich etwas unterscheiden. Die an dieser Stelle definierten Grenzen gelten für Ernährung und die sonstigen Bereiche zusammen. Eine ungefähre Aufteilung zwischen Ernährung und den restlichen Konsumbereichen wird vorgenommen und untenstehend erläutert.

3.3.1 Die im Projekt genutzte Grenze der Dimension Klimawandel

Die globale CO₂-Konzentration in der Atmosphäre betrug 412,5 ppm im Jahr 2020 (UBA 2021a). Das verbleibende CO₂-Budget ab dem 01.01.2020 liegt bei 400 [700] Gt CO₂, um einen Anstieg der mittleren Temperatur von 1,5 [1,7] °C mit 67 %-iger Wahrscheinlichkeit zu vermeiden (IPCC 2021).

Im Projekt Grenzen des Konsums wird das Szenario GreenSupreme genutzt. Dieses ist das einzige Green-Szenario, das – einschließlich der Verrechnung von Senken – einen Pfad beschreibt, der kompatibel zu dem 1,5 °C Ziel ist (UBA 2019). Die Berechnung berücksichtigte das verbleibende Treibhausgasbudget des IPCC (2018). Das Budget hat sich im aktuellen IPCC-Bericht nicht geändert. Methodische Verbesserungen zeigten, dass die früheren Berechnungen zu konservativ waren (IPCC 2021). Daher kann davon ausgegangen werden, dass GreenSupreme einen Pfad beschreibt, der bei allen Unsicherheiten weiterhin einigermaßen konsistent zum 1,5°C-Ziel ist¹².

Demzufolge werden für 2050 die CO₂-Emissionen pro Person aus GreenSupreme als Pro-Kopf-Grenze für die Identifikation nachhaltiger Konsummuster genutzt. Diese lagen bei 0,29 Tonnen CO₂ pro Person in der territorialen Berechnung nach NIR und bei 0,15 Tonnen CO₂ pro Person in der konsumbezogenen Berechnung nach dem UGR-Konzept, jeweils ohne Berücksichtigung von Senken (Dittrich et al. 2020a).

Eine Herausforderung ergibt sich daraus, dass im Projekt absprachegemäß für den Ernährungsbereich der Lancet-Bericht zu nachhaltigen Ernährungsstilen genutzt werden soll (Willett et al. 2019). Willett et al. (2019) berücksichtigen nicht die CO₂-Emissionen, sondern die Treibhausgase Methan und Lachgas¹³. Sie beziffern für das Jahr 2050 ein globales jährliches Budget von 5 Gt CO₂-Äq. mit einem Unsicherheitsbereich von 4,7 bis 5,4 Gt CO₂-Äq. Diese Treibhausgase entstehen in einer defossilisierten Welt weiterhin insbesondere in der Landwirtschaft. Die den Szenarien hinterlegte globale Bevölkerung liegt bei rund 9,187 Milliarden Menschen. Die Grenze entspricht THG-Emissionen von 0,54 t CO₂-Äq. pro Person. Zum Vergleich: die gesamten THG-Emissionen pro Person lagen in GreenSupreme bei 0,6 t CO₂-Äq. in der territorialen und bei 0,46 t CO₂-Äq. in der konsumbezogenen Rechnung (jeweils ohne Berücksichtigung der natürlichen Senken).

Im Rahmen des Projektes war weder eine Neuberechnung noch ein detaillierter Abgleich der unterschiedlichen Grenzen möglich. Daher wurde aus pragmatischen Erwägungen für die Identifizierung von nachhaltigen Konsummustern, die innerhalb der planetaren Grenzen bleiben, folgende Grenzwerte im Rechentool genutzt:

- Übernahme der Werte aus der Lancet-Studie für den Ernährungsbereich mit 0,435 t CO₂-Äq. Dies entspricht den Methan- und Lachgasemissionen der Refer ernährung bei Halbierung der Lebensmittelabfälle.
- 0,15 t CO₂ pro Person als Grenze für alle anderen Konsumbereiche zusammen. Relevant ist dabei, dass die in GreenSupreme unterstellten Veränderungen in der Waldwirtschaft als Senke berücksichtigt werden (siehe nächstes Kapitel zur Landnutzung).

¹² GreenSupreme enthält – auch im Vergleich zum Szenario SSP 1.9 des IPCC 2021 – sehr ambitionierte Annahmen für die Transformation in Ländern auch außerhalb Europas.

¹³ Die CO₂-Emissionen werden durch den sonstigen Konsumbereich (exkl. Ernährung) abgedeckt.

3.3.2 Die im Projekt genutzte Grenze der Dimension Landnutzung

Die planetare Grenze in der Dimension Landnutzung liegt nach Steffen et al. (2015) bei dem Erhalt von 50 % der ursprünglichen Waldfläche in gemäßigten Zonen und bei 54 % für alle Wälder.

Die aktuelle Waldfläche in Deutschland liegt bei 29,8 %, einschließlich Gehölze bei 31 % (UBA 2021b). Die Wald- und Gehölzfläche ist seit 2004 um 5.198 km² gestiegen (ebenda). Etwa 593.000 ha bzw. 5 % der Wald- und Gehölzfläche ist geschützt (BMEL 2021), allerdings gelten nur 215.000 ha der Flächen als Wildnis, da sie unter strengen Schutzauflagen bzw. Prozessschutz stehen (Zoologische Gesellschaft Frankfurt 2021).

Da im Projekt aus der Konsumperspektive gerechnet wird, wird von dem globalen Wert ausgegangen. Demnach können durch Deutschland noch rund 0,06 Mio. km² Waldfläche global umgewandelt werden. Im Projekt wurde diese Fläche auf die Bevölkerung in 2050 (pro Person 723 m²) und über eine Lebensdauer von 75 Jahren auf das Jahr 2050 aufgeteilt. Demzufolge könnte jede Person pro Jahr rund 10 m² Wald über den Konsum „umwandeln“. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um methodisch möglichst konsistent zu den anderen Grenzen vorzugehen. Es sei aber darauf verwiesen, dass auch eine engere Grenzziehung gerechtfertigt wäre, um auch späteren bzw. gegenwärtig lebenden (bis 2050 verstorbenen) Menschen „Waldflächen-Budget“ zuzuteilen bzw. um mehr Senken für CO₂ gewährleisten zu können.

Willett et al. (2019) definierten für die Ernährung die maximale landwirtschaftlich genutzte Fläche von 13 Mio. km² als Grenze für die Dimension Landnutzung. Pro Person liegt die Fläche (unter Berücksichtigung der globalen Bevölkerung im SSP1) demnach bei 1.533 m².

Da sich die Grenzen nicht widersprechen, wurden im Rechentool beide Ansätze parallel geführt.

3.3.3 Die im Projekt genutzte Grenze der Dimension Süßwasser

Nach Steffen et al. (2015) liegt die planetare Grenze für die Nutzung von Süßwasser bei 4.000 km³ pro Jahr. Daraus ergibt sich eine Grenze pro Person von 472 m³ pro Person im Jahr 2050. Dieser Wert wurde im Projekt genutzt, der Unsicherheitsbereich wurde nicht berücksichtigt.

Die Aufteilung auf den Ernährungsbereich und die restlichen Konsumbereiche erfolgt basierend auf dem geschätzten Bedarf in den Lancet-Szenarien. 250 m³ wird der Ernährung zugeteilt, die restlichen 222 m³ den restlichen Konsumbereichen.

In der Lancet-Studie wurde eine andere Grenze unterstellt: 1.000 km³ als untere und 4.000 km³ als obere Grenze nur für die Produktion von Ernährungsgütern.

3.3.4 Die im Projekt genutzten Grenzen der Dimension Biogeochemische Flüsse

Nach Steffen et al. (2015) liegt die planetare Grenze für Phosphor bei 6,2 Tg/Jahr. Die resultierende Grenze pro Person ist folglich 731 g/Jahr.

Die planetare Grenze für Stickstoff liegt nach Steffen et al. (2015) bei 62 Tg/Jahr, die rechnerische Grenze pro Person beträgt 7.312 g/Jahr.

Diese Werte wurden im Projekt genutzt. Der Unsicherheitsbereich wurde nicht berücksichtigt. Die Aufteilung erfolgte im gleichen Verhältnis wie bei den Treibhausgasemissionen. 75 % wurde der Ernährung und 25 % den restlichen Konsumbereichen zugeteilt. In der Lancet-Studie wurden etwas andere Grenzwerte für die Produktion von Nahrungsmitteln genutzt, nämlich 8,0 Tg Phosphor/Jahr (mit einem Unsicherheitsbereich von 6–12 Tg) und 90 Tg Stickstoff/Jahr (mit

einem Unsicherheitsbereich von 65–90 Tg). Unter der Voraussetzung, dass verbesserte Managementpraktiken umgesetzt und 50 % des verwendeten Phosphors recycelt werden, verlagert sich der Unsicherheitsbereich auf 8–16 Tg Phosphor/Jahr und 90–130 Tg Stickstoff.

3.4 Die repräsentativen Güter

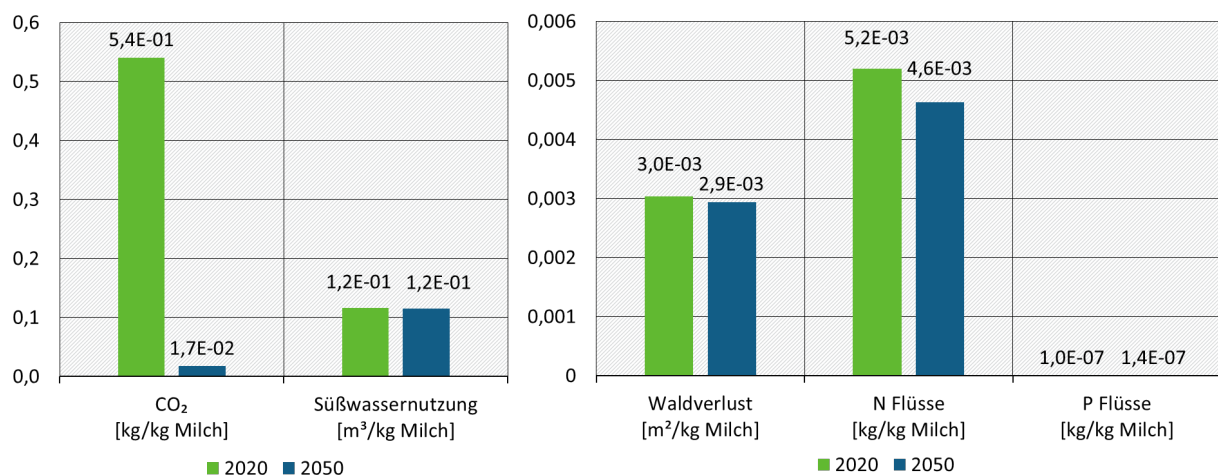
3.4.1 Repräsentatives Gut 1: Milch und Ergebnisse der Lancet-Studie

In Deutschland wurden im Jahr 2020 ca. 33,3 Mio. Tonnen Milch produziert. Milch wird in vielen unterschiedlichen Formen konsumiert, z. B. als Konsummilch (49,9 kg pro Person und Jahr), als Joghurt (14,8 kg pro Person und Jahr), Käse (25,4 kg pro Person und Jahr) oder Butter (6,3 kg pro Person und Jahr). (MIV 2021)

Im Szenario GreenSupreme ändern sich die Ernährungsgewohnheiten, es werden weniger tierische Produkte konsumiert. Kuhmilchprodukte werden zudem durch andere „Milcharten“ (wie Sojamilch) ersetzt. Die angenommene produzierte Kuhmilchmenge liegt bei 15,9 Mio. t in 2050 (UBA 2019).

Die Umweltwirkungen, die hinsichtlich des Konzepts der Planetaren Grenzen relevant sind, sind in Abbildung 7 zu sehen. Im Vergleich zu heute zeigt sich, dass im Zuge der Umstellung der Energieerzeugung und der weiteren technologischen Änderungen die CO₂-Emissionen¹⁴ pro kg Milch im Vergleich zu heute stark sinken (-97 %), der Waldverlust leicht zurückgeht (-3 %) und auch der Süßwasserverbrauch leicht abnimmt (-1 %). Die Phosphorflüsse steigen stärker an (+38 %, allerdings auf sehr niedrigem Niveau, so dass die Belastbarkeit eingeschränkt ist), während die Stickstoffflüsse abnehmen (-11 %).

Abbildung 7: Planetare Grenzen-relevante Umweltwirkungen von Milch, heute und in 2050



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis eigener Berechnungen, ifeu und ecoinvent

Das repräsentative Gut Milch wurde als Ergänzung zur Lancet-Studie ausgewählt. Die meisten Umweltwirkungen fallen bei der Produktion der Milch an, die Umweltwirkungen bei der weiteren Verarbeitung sind im Gegenzug dazu geringer (Müller-Lindenlauf et al. 2014). Es sei darauf verwiesen, dass die Ergebnisse nicht direkt mit den Ergebnissen aus der Lancet-Studie vergleichbar sind, da eine andere Methodik und andere planetare Grenzen genutzt wurden.

¹⁴ Die Methan- und Lachgasemissionen sind hier nicht abgebildet. Diese werden durch die EAT-Lancet-Studie abgedeckt und als gesonderter „Ernährungsbereich“ dargestellt.

Wie beim Auftakttreffen des Projektes vereinbart, werden für den Ernährungsbereich die Annahmen zu den Umweltwirkungen und den Konsummustern aus der EAT-Lancet-Studie übernommen. In der EAT-Lancet-Studie wird eine globale Referenzernährung entwickelt, die einerseits Empfehlungen zu gesunder Ernährung umsetzt und sich andererseits nach Möglichkeit innerhalb der planetaren Grenzen bewegt. Die Referenzernährung sieht folgende durchschnittliche Mengen pro Tag vor:

EAT-Lancet Referenzernährung (pro Tag)

Pflanzliche Anteile:

230 g Vollkorngetreide, 50 g Kartoffeln & Maniok, 300 g Gemüse, 200 g Obst, 100 g Hülsenfrüchte, 25 g Nüsse, 47 g pflanzliche Fette, 31 g zugesetzter Zucker

Tierische Anteile:

5 g tierische Fette, 250 g Milch, 13 g Eier, 28 g Fisch, 30 g Geflügel, 14 g rotes Fleisch

Vergleicht man diese Mengen mit den heutigen durchschnittlich konsumierten Mengen in Deutschland, wird deutlich, dass dies eine drastische Veränderung bedeutet (Tabelle 5).

Tabelle 5: Vergleich der durchschnittlichen Ernährung in Deutschland mit der EAT-Lancet Referenzernährung

Mengen in kg pro Person und Jahr	Durchschnitt 2017 in Deutschland	Referenzernährung EAT-Lancet	Unterschied
Getreide	82,6	84	1 %
Kartoffeln, Maniok	57,9	18	-69 %
Gemüse	99	109	10 %
Obst	95	73	-23 %
Hülsenfrüchte, Nüsse	1,3	46	3.400 %
Pflanzliche Fette	18,5	17	-8 %
Tierische Fette	5,8	2	-69 %
Zugesetzter Zucker	34,8	11	-68 %
Milch	90	91	1 %
Sahne und Käse	30		
Eier	13,8	5	-66 %
Fisch	13,5	10	-25 %
Geflügel	20,9	11	-48 %
Rotes Fleisch	66,3	5	-92 %
Summe	629,4	481,6	-23 %

Quellen: Willett et al. (2019), Destatis (2019a)

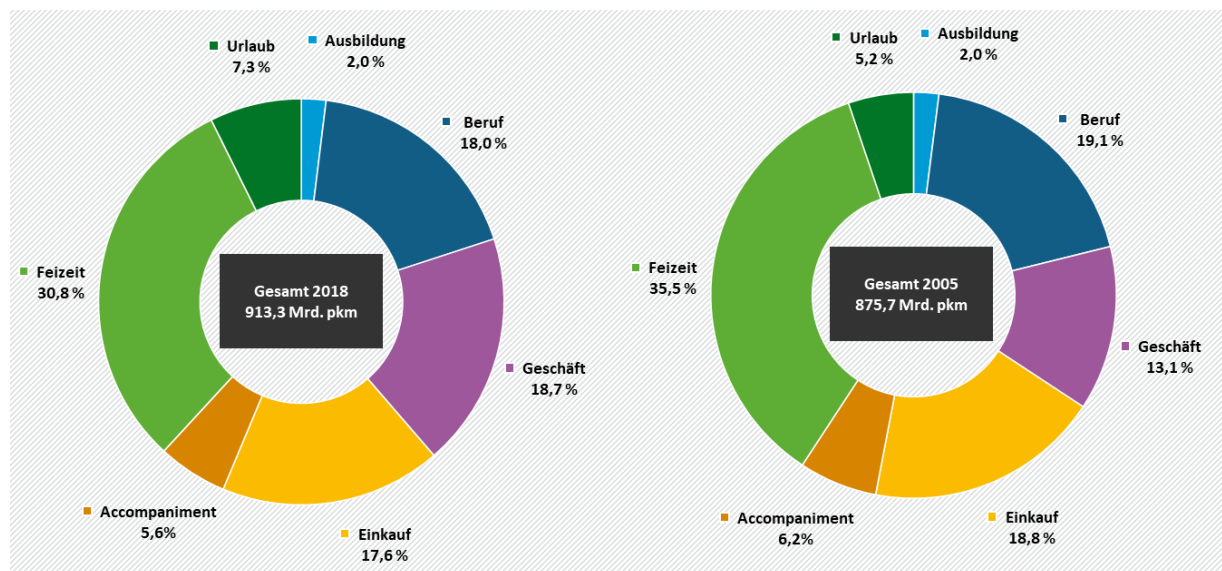
Vor allem bei rotem Fleisch, Milchprodukten, Eiern und Kartoffeln ist eine Reduktion um bis zu 92 % notwendig. Der Konsum von Hülsenfrüchten und Nüssen sollte dagegen auf das 34-fache erhöht werden. Eine weitere Annahme des Referenzszenarios ist eine Halbierung der Lebensmittelabfälle, was sich in der Summe über alle Lebensmittel widerspiegelt. Diese ist bei der Refer ernährung um 23 % niedriger als im aktuellen Durchschnitt in Deutschland.

3.4.2 Repräsentatives Gut 2: Auto

In Deutschland gab es Anfang 2021 insgesamt 48,3 Mio. Pkws, ein Anstieg um fast 10 Mio. Pkws gegenüber 2000 (Destatis 2021a). Nicht alle Fahrzeuge befinden sich im privaten Besitz, sondern gehören Unternehmen oder der öffentlichen Hand. 77 % der privaten Haushalte verfügte 2021 über mindestens einen Pkw, im Durchschnitt besaßen 100 Haushalte 109 Pkws (Destatis 2021b).

Die Fahrleistungen der privaten Haushalte sind von 489 Mrd. Personenkilometer in 2008 auf 563 Mrd. Personenkilometer in 2018 gestiegen (UBA 2023b). Der Großteil der Strecken wurde für Freizeitwecke zurückgelegt (30,8 %), gefolgt von geschäftlichen bzw. beruflichen Zwecken (18,7 % bzw. 18,0 %). Im Vergleich zu früheren Jahren stieg die Bedeutung des Pkw für geschäftliche Zwecke und für den Urlaub leicht an (Abbildung 8).

Abbildung 8: Zwecke für die Nutzung des Pkw, 2018 und 2005 im Vergleich



Quelle: UBA (2021c); für 2005: eigene Darstellung auf der Basis von UBA (2021c)

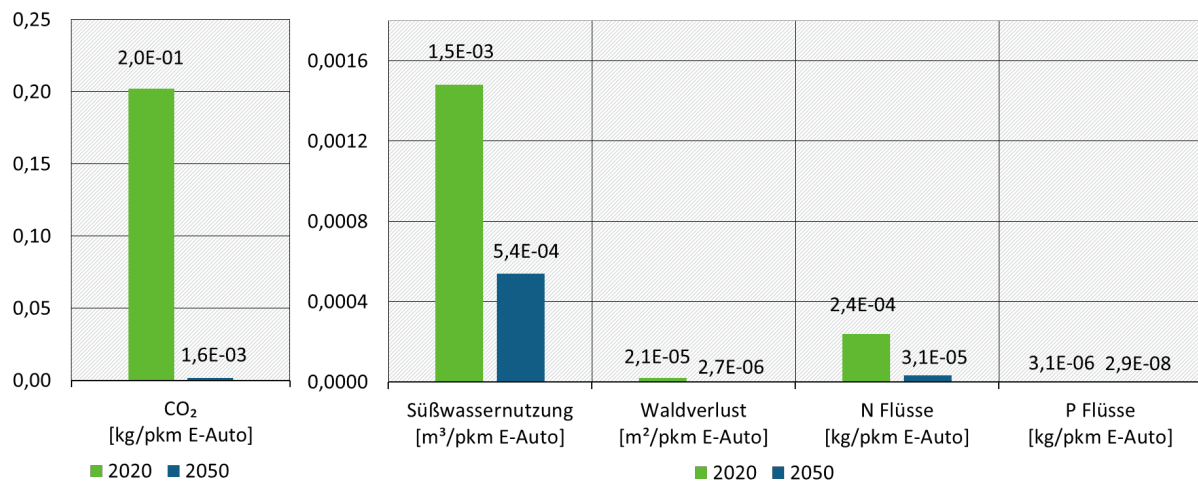
Noch immer dominieren Autos mit Verbrennungsmotoren. Von den 2021 neu zugelassenen 2,6 Mio. Pkw, waren rund 13,6 % Elektro-Pkw und 12,4 % Pkw mit Plug-in-Hybrid-Antrieb (KBA 2021). Die exakte Beförderungsleistung von Elektro- bzw. Hybriden-Pkw ist nicht bekannt.

In GreenSupreme wurde angenommen, dass 2050 keine Pkw mit Verbrennungsmotoren von privaten Haushalten genutzt werden, sondern durchweg Pkw mit batteriebetriebenen Antrieben. Gleichzeitig verändern sich die Menge des Pkw-Besitzes und der Modal Split, aufgrund verstärkter Nutzung von ÖPV, Car-Sharing und dem Umstieg auf Rad- und Fußverkehr. Die Verkehrsleistung des gesamten motorisierten Individualverkehrs (einschließlich Motorräder u.ä., einschließlich Unternehmen und Staat) sinkt von 902 Personenkilometer in 2010 auf 484 Personenkilometer in 2050 (-46 %).

Im Projekt Grenzen des Konsums wurde sowohl das Elektroauto als auch ein Auto mit Verbrennungsmotor berücksichtigt. Letzteres wird in der Berechnung in 2050 mit synthetischen Kraftstoffen (auf der Basis der Fischer-Tropsch-Synthese) betrieben. Die Umweltwirkungen, die für die planetaren Grenzen relevant sind, sind für beide Antriebe in Abbildung 9 und Abbildung 10 dargestellt.

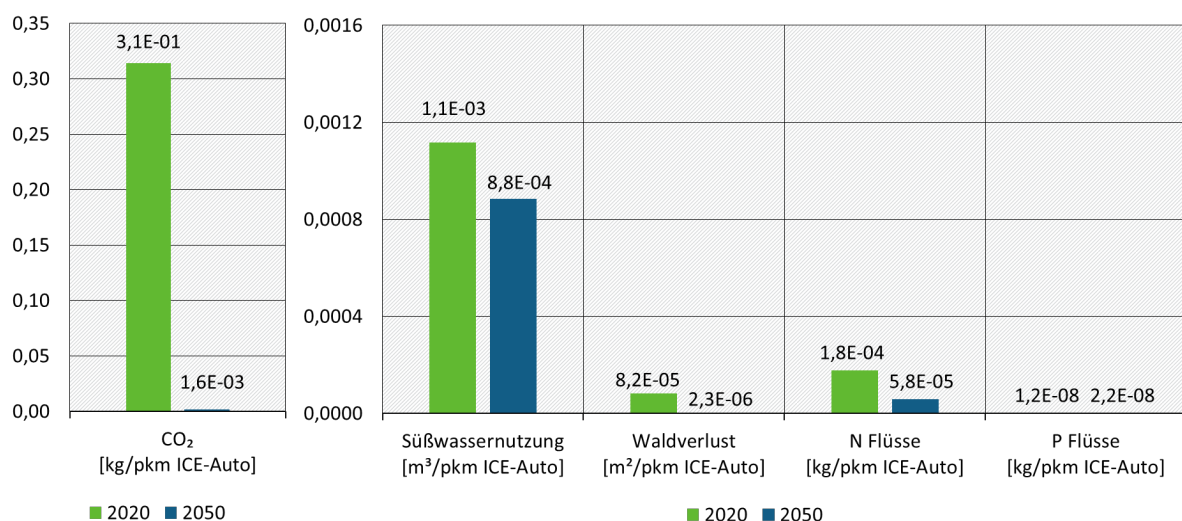
Im Vergleich zu heute gehen pro Personenkilometer, gefahren mit einem Elektroauto, die CO₂-Emissionen um 99 %, der Waldverlust um 88 %, die Stickstoffflüsse um 87 %, die Phosphorflüsse um 99 % und die Süßwassernutzung um 64 % zurück. Auch bei einem Personenkilometer, gefahren mit einem Verbrennungsmotor, reduzieren sich die CO₂-Emissionen um 99 %, der Waldverlust sinkt um 97 %, die Stickstoffflüsse sinken um 67 % und die Süßwassernutzung reduziert sich um 21 %. Gleichzeitig steigen die Phosphorflüsse um 88 %, ausgehend von einem sehr niedrigen Niveau. Wesentliche Gründe sind die Umstellungen in der Strom- bzw. Kraftstoffproduktion bzw. Zusammensetzung und Leistung der hinterlegten Autobatterien sowie die Umstellungen in der Metall- und Kunststoffindustrie.

Abbildung 9: Umweltwirkungen eines Elektroautos*, 2020 und 2050



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis eigener Berechnungen, ifeu und ecoinvent; *bei durchschnittlichem Strommix

Abbildung 10: Umweltwirkungen eines Autos mit Verbrennungsmotor*, 2020 und 2050



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis eigener Berechnungen, ifeu und ecoinvent; *2050 mit synthetischen Kraftstoffen, ICE= internal combustion engine, Verbrennungsmotor.

3.4.3 Repräsentatives Gut 3: Elektrofahrrad

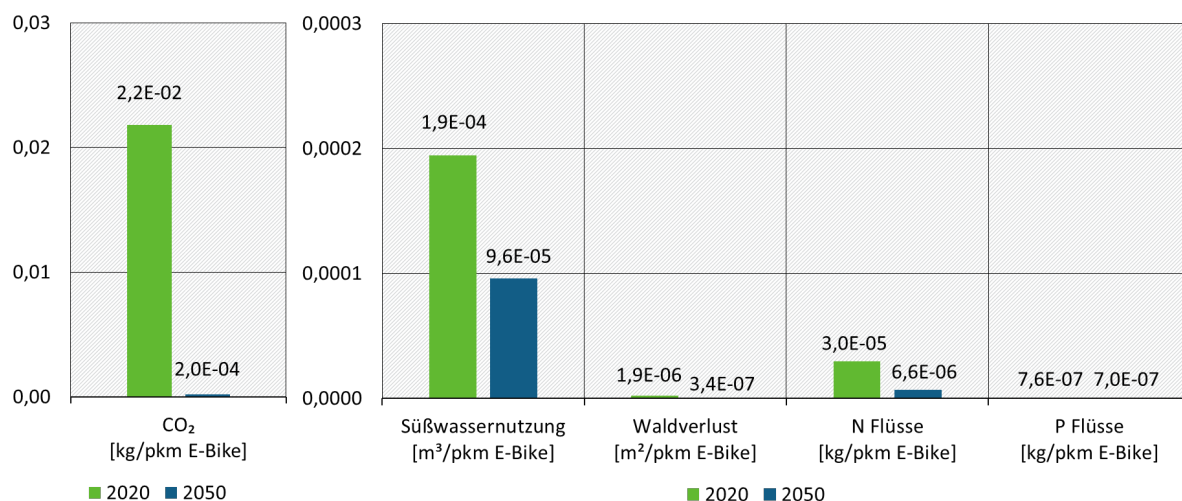
Die Anzahl der verkauften Elektrofahrräder ist in Deutschland in den letzten zehn Jahren stark gestiegen. Wurden im Jahr 2010 rund 200.000 Elektrofahrräder in Deutschland verkauft (BMVI und Difu 2014), so waren es in 2021 bereits 1,2 Millionen (Destatis 2021c). Anfang 2021 verfügten 13 % der privaten Haushalte (5,1 Millionen) über mindestens ein Elektrofahrrad (Destatis 2021c). Zum Vergleich: in Deutschland gibt es rund 78 Millionen Fahrräder insgesamt.

Sowohl die Anzahl der Wege, die mit dem Fahrrad zurückgelegt werden, als auch die Beförderungsleistung sind in den vergangenen Jahren gestiegen. Zwischen 2002 und 2017 stieg die Anzahl der Wege von 25 auf 28 Mio. pro Tag und die Beförderungsleistung von 82 auf 112 Mio. Personenkilometer pro Tag (Nobis 2019). 2017 fuhr somit jede Person in Deutschland durchschnittlich rund 495 km mit dem Rad. Wie viele Kilometer davon mit dem Elektrofahrrad zurückgelegt wurden, ist nicht bekannt. In allen Altersklassen werden täglich zwischen 4 und 7 km mehr mit dem Pedelec als mit einem rein muskelbetriebenen Fahrrad zurückgelegt (Nobis 2019).

Im Szenario GreenSupreme steigt die mit dem Rad oder zu Fuß zurückgelegte Strecke um 58 % gegenüber 2017 auf 118 Mrd. Personenkilometer, umgerechnet sind das 1.641 km pro Person. Eine explizite Zuordnung, wieviel davon im Durchschnitt zu Fuß bzw. mit dem Fahrrad, und vor allem mit dem Elektrofahrrad zurückgelegt wird, wurde nicht getroffen.

Die Umweltwirkungen, die bezogen auf das Konzept der Planetaren Grenzen relevant sind, zeigt Abbildung 11. Die CO₂-Emissionen hängen sehr stark vom Strommix beim Laden der Batterien ab. Sie sinken in Folge der Transformation der Energiesysteme um 99 %. Auch die Stickstoff- und Phosphorflüsse sinken um 78 % bzw. 8 %, zudem sinken auch die Süßwassernutzung und der Waldverlust um jeweils 51 % bzw. 82 % (wenn auch auf durchweg sehr niedrigem Niveau).

Abbildung 11: Umweltwirkungen von Fahrten mit E-Bikes, 2020 und 2050



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis eigener Berechnungen, ifeu und ecoinvent

3.4.4 Repräsentatives Gut 4: ÖPV

Menschen nutzen zunehmend Angebote des öffentlichen Verkehrs, um ihre Wege zurückzulegen. 2017 wurden 26 Mio. Wege pro Tag (10 % aller Wege) mit öffentlichen

Verkehrsträgern wie Bussen und Bahnen zurückgelegt. Im Mittel betrug eine Wegelänge, die mit öffentlichen Verkehrsträgern zurückgelegt wurde, 23,1 km. Die Verkehrsleistung des öffentlichen Personenverkehrs (ÖPV) lag somit bei insgesamt 605 Mio. Personenkilometern pro Tag oder 19 % der gesamten Verkehrsleistung. Dies ist ein deutlicher Anstieg im Vergleich zu 2002, als die Verkehrsleistung bei 387 Mio. km pro Tag bzw. 14% der gesamten Verkehrsleistung lag. (Follmer und Gruschwitz 2019)

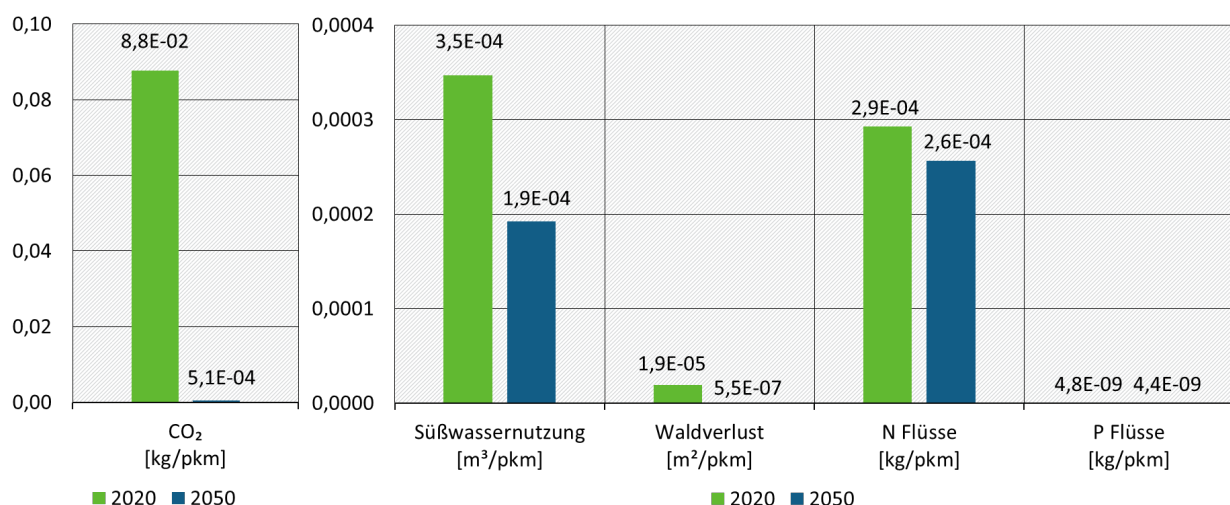
Der öffentliche Verkehr teilt sich in Nahverkehr (unter 50 km Wegelängen) und Fernverkehr (über 50 km Wegelängen). Rund zwei Drittel der Beförderungsleistung (108 Mrd. Pkm in 2019) entfällt auf den Nahverkehr, nur ein Drittel auf den Fernverkehr (51 Mrd. Pkm in 2019) (Destatis 2020c).

Die Strecken werden vor allem mit Bussen, Bahnen und Taxen zurückgelegt. Schiffsverkehr spielt eine untergeordnete, nahezu vernachlässigbare Rolle. Der Flugverkehr ist hier nicht enthalten, sondern in Kapitel 3.4.5.

Im Szenario GreenSupreme steigt die Nutzung von ÖPV weiter an, zulasten des zuvor beschriebenen motorisierten Individualverkehrs. Insgesamt werden 356 Mrd. Pkm mit öffentlichen Verkehrsmitteln im Nah- (132 Mrd. Pkm) bzw. Fernverkehr (224 Mrd. Pkm) zurückgelegt (Dittrich et al. 2020a). Gleichzeitig werden die Verkehrsträger Schiene und Busse wie auch die zuvor beschriebenen Pkw nahezu vollständig elektrifiziert.

Die durchschnittlichen Umweltwirkungen, die im Konzept der Planetaren Grenzen relevant sind, sind in Abbildung 12 dargestellt. Im Vergleich zu heute sinken vor allem aufgrund der Umstellungen der Energieversorgung und in Folge der Veränderungen der Metall- und Kunststoffproduktion, die CO₂-Emissionen um 99 %, die Süßwassernutzung um 45 %, der Waldverlust um 97 % und die Stickstoffflüsse um 12 % pro Personenkilometer. Zudem sinken auch die Phosphorflüsse (- 10 %), allerdings von einem sehr niedrigen Niveau ausgehend.

Abbildung 12: Umweltwirkungen durch die Nutzung von ÖPV, 2020 und 2050



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis eigener Berechnungen, ifeu und ecoinvent

3.4.5 Repräsentatives Gut 5: Flug

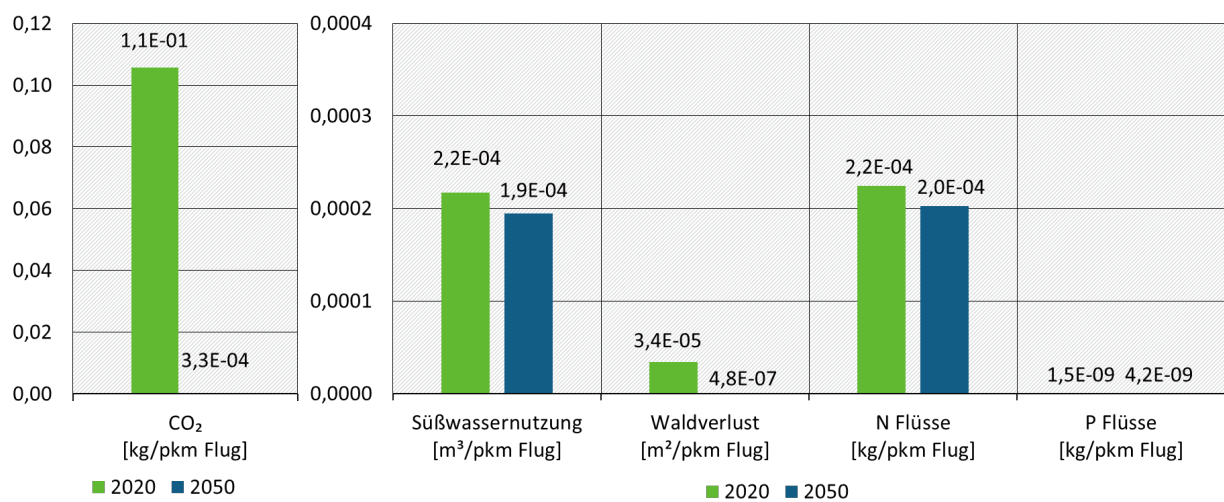
Auch der Flugverkehr spielt eine zunehmend größere Rolle im Mobilitätsverhalten der Deutschen wie auch im weltweiten Mobilitätsverhalten, auch wenn in Folge der Corona-Pandemie der Flugverkehr zwischen 2020 und 2022 starke Einbrüche zu verzeichnen hatte. In

Deutschland sind sowohl die Anzahl der beförderten Personen als auch die durchschnittlich zurückgelegten Strecken in den vergangenen Dekaden gestiegen. Die Verkehrsleistung (gewerblicher Flugverkehr) lag 2019 bei insgesamt 499,6 Mrd. Pkm, 71,8 Mrd. Pkm davon im Inland; in 2020 betrug die Verkehrsleistung 123,7 Mrd. Pkm (Destatis 2021d).

Im Szenario GreenSupreme werden Flugzeuge nicht mehr mit fossilem Kerosin, sondern mit synthetisch hergestellten Treibstoffen betankt. Die Treibstoffe werden mit CO₂ aus der Luft sowie weiteren Luftbestandteilen und Wasser über Elektrolyse- und Fischer-Tropsch-Verfahren hergestellt. Dadurch sinken die THG-Emissionen des Flugverkehrs. Im Szenario wird ferner der stark steigende Nachfragetrend gebrochen: die Summe aller Dienst- und Privatflüge von deutschen Passagieren liegt demnach bei 51 bzw. 149 Mrd. Pkm in 2050.

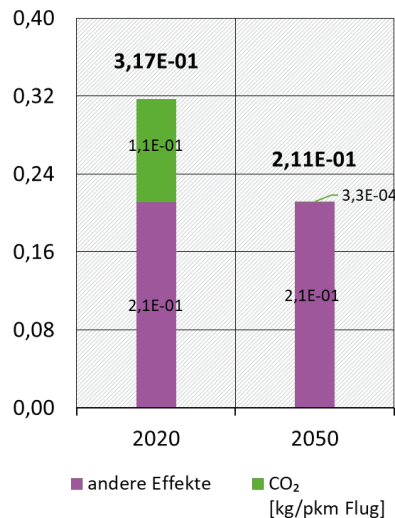
Die Umweltwirkungen, die bezogen auf das Konzept der Planetaren Grenzen relevant sind, sind in Abbildung 13 zu sehen. Im Vergleich zu heute sinken die CO₂-Emissionen um 100 % und der Waldverlust sinkt um 99 %. Auch die Süßwassernutzung nimmt ab (-10 %) und die Stickstoffflüsse sinken (-10 %). Gleichzeitig steigen die Phosphorflüsse (+188 %), wenn auch ausgehend von einem sehr niedrigen Niveau, in Folge der Umstellung von fossil basiertem Kerosin als Treibstoff hin zu mit dem Fischer-Tropsch-Prozess synthetisch erzeugten Kraftstoff.

Abbildung 13: Umweltwirkungen von Flügen (nur Kraftstoff), 2020 und 2050



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis eigener Berechnungen, ifeu und ecoinvent

Abbildung 14: Umweltwirkungen von Flügen (inkl. anderer Effekte), 2020 und 2050



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis eigener Berechnungen, ifeu und ecoinvent

Flüge verursachen weitere Emissionen, die unter anderem aufgrund der Flughöhen höhere Klimawirksamkeit aufweisen als die CO₂-Emissionen. So stoßen Flugzeuge Wasserdampf, Stickoxide, Sulfat-Aerosole, Ruß und nicht verbrannte Kohlenwasserstoffe aus. Zusammengefasst werden diese als Nicht-CO₂-Klimaeffekte bezeichnet. Das Umweltbundesamt (UBA 2021d) geht davon aus, dass „eine Gesamt-Klimawirkung des globalen Luftverkehrs, welche dem dreifachen des vom Luftverkehr emittierten CO₂ allein entspricht, [...] jedoch als plausible Annahme betrachtet werden [kann].“ Diese Nicht-CO₂-Effekte wurden als sonstige Effekte als zusätzliche Option in der Kategorie Flüge im Rechentool aufgenommen und können zusätzlich ausgewiesen werden. Es wurde dabei unterstellt, dass die Nicht-CO₂-Klimaeffekte im Jahr 2050 in derselben Höhe anfallen wie in 2020.

3.4.6 Repräsentatives Gut 6: Haustiere

Haustiere spielen in Deutschland, wie auch in anderen europäischen Ländern, eine wichtige Rolle als Freizeitbegleiter, Sozialpartner und Familienmitglied.

In beinahe jedem zweiten Haushalt in Deutschland werden Haustiere gehalten, wobei sich im Jahr 2020 im Vergleich zum Vorjahr eine deutliche Steigerung abzeichnet. Während es 2019 noch 34 Millionen Haustiere in Deutschland gab, zeigen die Umfragen des deutschen Industrieverbandes Heimtierbedarf (IVH) und des Zentralverbandes Zoologischer Fachbetriebe Deutschlands eine Zunahme um knapp eine Million in 2020. Die Katze zählt dabei nach wie vor zum beliebtesten Heimtier (15,7 Millionen), gefolgt vom Hund (10,7 Millionen) und Kleintieren wie Kaninchen, Meerschweinchen, Hamstern und Mäusen (5 Millionen). Zum Großteil leben Haustiere in Mehrpersonenhaushalten, gleichzeitig werden oftmals mehrere Haustiere gleichzeitig gehalten. Etwa 66 % aller Familien mit Kindern besitzen Haustiere, wobei auch in Singlehaushalten zunehmend tierische Mitbewohner anzutreffen sind. Bezogen auf das Alter befinden sich die Haustierbesitzer mehrheitlich in ihrer Lebensmitte (IVH 2021b).

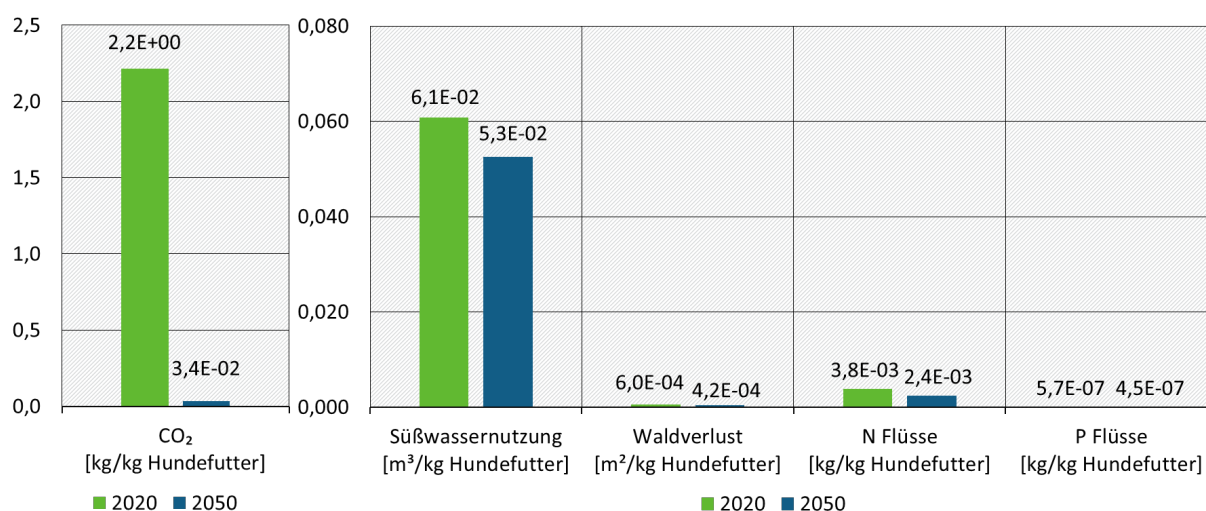
Basierend auf den Zahlen des IVH errechnet sich demnach eine Durchschnittsmenge von 0,47 (2020) Haustieren pro Person. Werden zu den typischen Haustieren die im Privatbesitz befindlichen Pferde (~ 1,3 Millionen, 2019) (FN 2020) hinzugezählt, sind es durchschnittlich sogar 0,49 Haustiere und Pferde pro Person.

Durchschnittlich frisst ein mittelgroßer Hund (hier: ein Labrador von 29 kg) bezogen auf Nassfutter etwa 2,5 % seines Gewichtes täglich, pro Jahr also rund 265 kg. Zum Vergleich: eine Katze von durchschnittlich 4,2 kg frisst rund 6 % des eigenen Gewichts, pro Jahr rund 92 kg (Annaheim et al. 2019).

Zur Berechnung der Umweltwirkungen wurde eine Sachbilanz für die Herstellung von nassem Hundefutter genutzt. Nicht abgebildet sind somit andere Treiber für Umweltwirkungen von bzw. in Folge des Besitzes von Haustieren, darunter Stroh- oder Streunutzung, Abfalltüten, Wärmeverlust durch Katzenklappen oder der Energieaufwand für „Gassi“-Ausflüge mit dem Auto.

Die Umweltwirkungen des Heimtierfutters sind in Abbildung 15 dargestellt. In Folge der Transformation der Energiesysteme sinken auch alle energiebezogenen Umweltwirkungen der Produktion von Hundefutter (inkl. der Vorketten). Im Vergleich zu heute sinken bei gleicher Menge Hundefutter die CO₂-Emissionen sehr stark (- 98 %¹⁵), ebenso sinken der Waldverlust (- 29 %) und die Stickstoffflüsse (-37 %). Gleichzeitig sinken der Süßwasserverbrauch (-14 %) und die Phosphorflüsse (-22 %).

Abbildung 15: Umweltwirkungen von Hundefutter, 2020 und 2050



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis eigener Berechnungen, ifeu und ecoinvent

3.4.7 Repräsentatives Gut 7: Baumwolle

Baumwolle ist eine der am häufigsten vorkommenden Fasern in der Textilindustrie. Dies gilt insbesondere für Bekleidungsprodukte, bei denen Baumwollfasern den größten Anteil ausmachen (EU-weit etwa 43 %) (Beton et al. 2014; Gray 2017). Alleine in Deutschland kaufen Konsument*innen im Schnitt sechzig Kleidungsstücke pro Jahr (BMU 2021). Der bundesweite Konsum liegt bei über 1 Million Tonnen Bekleidung pro Jahr (Gray 2017). Damit steht Deutschland an der Spitze des EU-weiten Bekleidungskonsums. Dieser Verbrauch setzt sich aus der Produktion und den Importen abzüglich der Exporte zusammen.

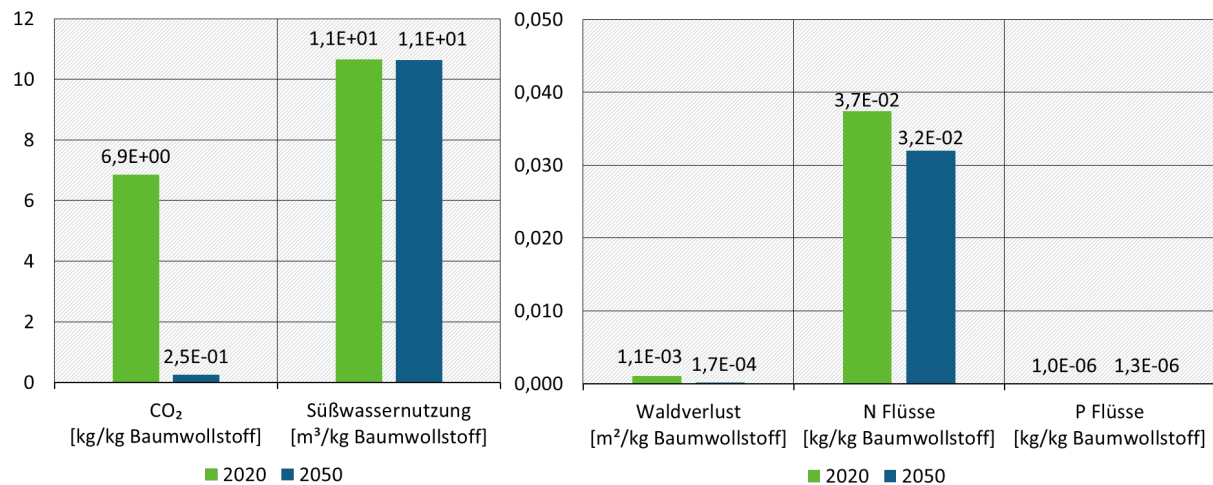
Pro Person werden etwa zwischen 10 kg (Ahlert et al. 2015) und 14 kg (Gray 2017) Bekleidungstextilien innerhalb eines Jahres in Deutschland konsumiert. Werden auch Haushaltstextilien hinzugezählt, wird von einem Verbrauch von etwa 17 kg pro Person

¹⁵ Methan- und Lachgasemissionen sind beim Hundefutter relevant und in der obigen Auswertung nicht enthalten. Sie werden jedoch im Addendum, Wirkungskategorie Klimawandel, berücksichtigt.

ausgegangen (Ahlert et al. 2015). Der reine Baumwollverbrauch nur für Bekleidung wird auf 7 kg geschätzt (Ahlert et al. 2015).

Die Umweltwirkungen von Baumwollstoffen zeigt Abbildung 16. Bei der Produktion von Baumwollstoffen ist insbesondere die Süßwassernutzung für die Produktion und die Verarbeitung von Baumwolle relevant. Im Vergleich zu heute sinken aufgrund der Umstellungen im Energiesystem die CO₂-Emissionen (-96 %), der Waldverlust (-84 %) und die Stickstoffflüsse (-14 %). Hingegen nehmen die Phosphorflüsse zu (+24 %, allerdings auf niedrigem Niveau) und der Süßwasserverbrauch stagniert (-0,2 %).

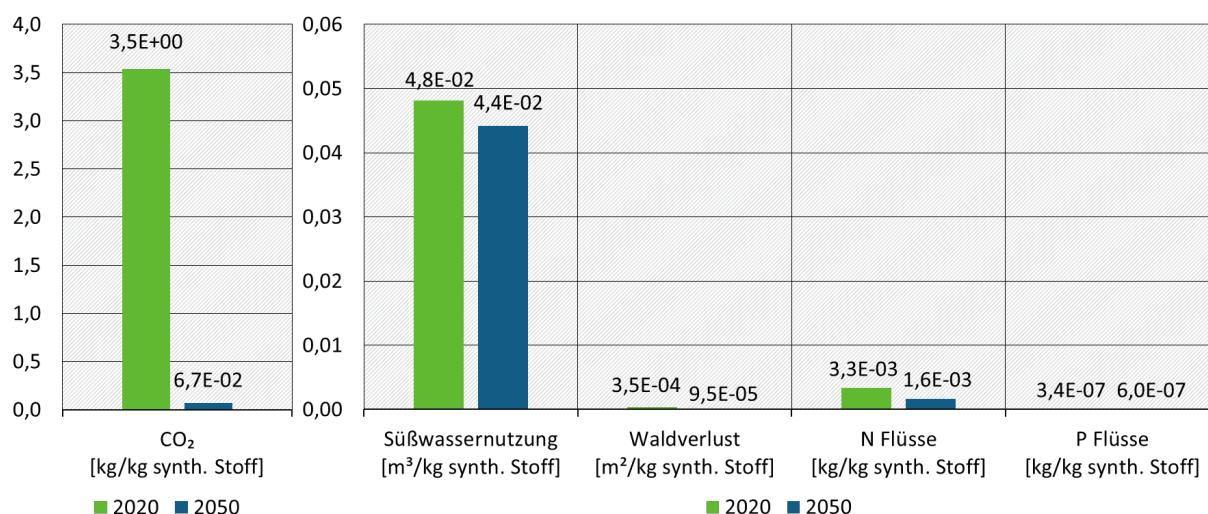
Abbildung 16: Umweltwirkungen von Baumwollstoff, 2020 und 2050



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis eigener Berechnungen, ifeu und ecoinvent

Zusätzlich zur Baumwolle wurden synthetische Stoffe ausgewertet und im Rechentool hinterlegt. Diese sind besonders interessant, weil sie in 2050 nicht mehr aus fossilen Rohstoffen, sondern vollständig aus synthetischen Rohstoffen auf der Basis von CO₂ aus der Luft hergestellt werden. Die Umweltwirkungen, die hinsichtlich des Konzepts der Planetaren Grenzen relevant sind, sind in Abbildung 17 dargestellt. Im Vergleich zu heute sinken die CO₂-Emissionen (-98%), die Süßwassernutzung (-8 %), der Waldverlust (-73 %) sowie die Stickstoffflüsse (-50 %). Gleichzeitig steigen die Phosphorflüsse (+77 %).

Abbildung 17: Umweltwirkungen von synthetischen Stoffen, 2020 und 2050



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis eigener Berechnungen, ifeu und ecoinvent

3.4.8 Repräsentatives Gut 8: Wohnfläche

Die gegenwärtige, durchschnittliche Wohnfläche pro Person liegt bei rund 47,4 m². In den vergangenen Jahrzehnten ist die durchschnittliche Wohnfläche kontinuierlich angestiegen, so betrug sie in 2011 beispielsweise 46,1 m² und in 1983 standen rechnerisch jeder Person nur 31,1 m² zur Verfügung (Destatis 1985; UBA 2021e). Zum Anstieg trugen bzw. tragen viele unterschiedliche Faktoren bei, darunter der Trend zu kleineren Haushalten, Zweitwohnungen oder auch, dass große Wohnungen nach dem Wegzug von Kindern weiterhin bewohnt werden.

In GreenSupreme wird der Trend gebrochen: die durchschnittliche Wohnfläche pro Person liegt bei rund 41 m². Modulare Wohnungen, die nach Bedarf vergrößert/ verkleinert bzw. umgebaut werden können, gemeinschaftliches Wohnen und ein größeres Bewusstsein für den Einfluss auf den Flächenverbrauch und weitere Umweltwirkungen fördern die Trendumkehr.

Zur Berechnung der Faktoren pro m² Wohnfläche wurde die Erhebung des IÖR genutzt, und zwar das Materiallager im Bestand der Wohngebäude (Deilmann et al. 2017). Dieses enthält unterschiedliche Wohntypen, ebenso die Inputstoffe, die durch Sanierung und Renovierung in die Gebäude geflossen sind. Die Baumaterialien wurden auf 1 m² Wohnfläche umgerechnet und die ausgewählten Sachbilanzen wurden den Materialien in der Gewichtung zugeordnet, die in folgender Tabelle 6 aufgeführt ist. Es wurden durchschnittlich 75 Jahre Lebensdauer für die Wohngebäude unterstellt.

Tabelle 6: Zuordnung und Gewichtung der Produkte zu den Materialgruppen des IÖR

Materialgruppe nach IÖR	Gewichtung der ausgewählten Datensätze
Beton	Market group for concrete, medium strenght, GLO
Ziegel	50 % clay brick production, RER 25 % market for ceramic tile, GLO 25 % roof tile production, RER
Kalksandstein	Sand-lime brick production, DE
Porenbeton	Market for autoclaved aerated concrete block, RoW

Materialgruppe nach IÖR	Gewichtung der ausgewählten Datensätze
Sonst. Mineralische Baustoffe	49,5 % market for cement cast plaster floor, GLO 49,5 % market for cement mortar, RoW 1 % market for natural stone plate, cut, GLO
Gipskarton und sonst. Gipsprodukte	50 % market for gypsum fibreboard, GLO 50 % market for gypsum plasterboard, GLO
Bau- / Konstruktionsholz	Structural timber production, RER
Sonstiges Holz	33,33 % market for oriented strand board, RER 33,33 % market for particleboard, uncoated, RER 16,66 % market for wood wool, RER 16,66 % market for cellulose fibre, RoW
Flachglas	50 % Flat glass production, coated, RER 50 % Flat glass production, uncoated, RER
Mineralische Dämmstoffe	50 % market for stone wool, packed, GLO 25 % market for glass wool mat, GLO 25 % market for glass wool mat, uncoated, Saint-Gobain ISOVER SA, CH
Kunststoff-Dämmstoffe	Market for polystyrene foam slab for perimeter insulation
Kunststoff-Fenster	Window frame production, poly vinyl chloride, U=1,6 W/m ² K, RER
Sonstige Kunststoffe	Market for vinyl chloride, RER
Metalle	90 % Steel production, electric, low-alloyed Europe w/o Switzerland 9,75 % market for aluminium, wrought alloy, GLO 0,125 % market for cable, unspecified, GLO, cable, 0,125 % market for copper, cathode, GLO
Sonstige Materialien	Entfällt

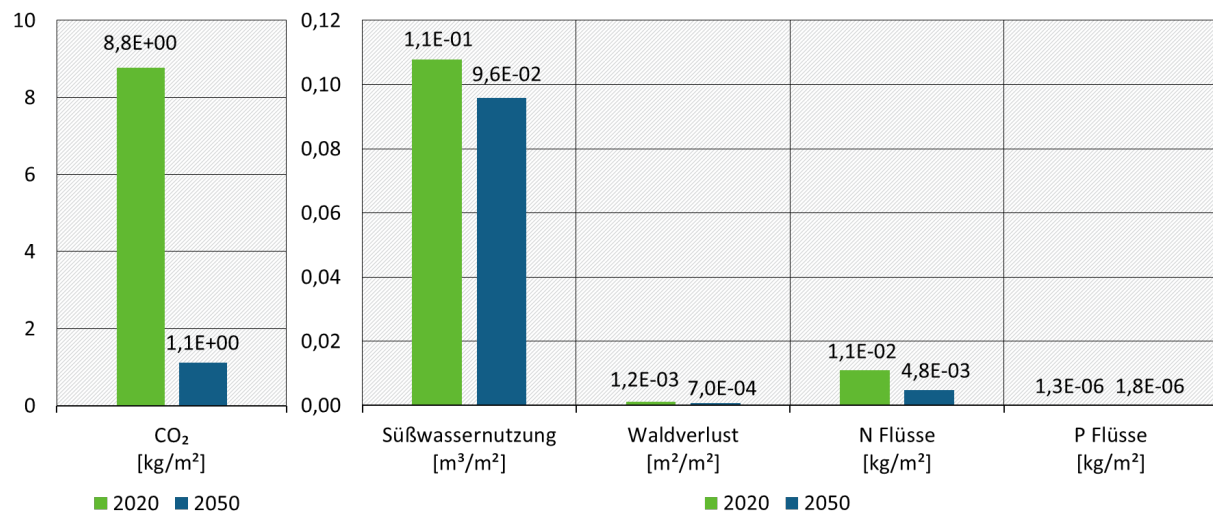
Quelle: eigene Zusammenstellung, ifeu

In GreenSupreme wurde unterstellt, dass sich die Nachfrage nach Wohnraum ändert und sich der Trend nach zunehmender Wohnfläche wieder umdreht. Im Jahr 2050 liegt die durchschnittliche Wohnfläche bei 41,2 m² pro Person. Gleichzeitig wurde in GreenSupreme unterstellt, dass sich auch die Wohnungen ändern: so werden stärker Holzbau- und Leichtbauweisen nachgefragt. Gebäude in Holzbau- bzw. Leichtbauweise können sehr unterschiedlich sein; ein repräsentatives Holz- und Leichtbauhaus ist nicht bekannt. In diesem Projekt wurde daher das Durchschnittshaus weiterhin genutzt, allerdings hinterlegt mit neuen Technologien bei der Produktion der Baustoffe. Darüber hinaus wurde zusätzlich ein Holzhaus kreiert, bei dem Unterschiede aus einem ökobilanziellen Vergleich zwischen einem Schulgebäude in konventioneller und in Holzbauweise, ausgehend vom repräsentativen Durchschnittshaus, übertragen wurden (Knappe et al. 2019; Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz 2020). Hierdurch konnte die Variabilität im Rechner erweitert werden; das hinterlegte Holzhaus ist statistisch allerdings nicht so gut abgesichert wie das konventionelle Haus.

Die Veränderungen der Umweltwirkungen, die im Rahmen des Konzepts der Planetaren Grenzen relevant sind, sind in Abbildung 18 dargestellt. Neben den Veränderungen in der Energieproduktion sind im Baubereich auch die Umstellungen bei der Produktion von Stahl,

Aluminium, Kupfer und Kunststoffen wichtige Einflussfaktoren. Beim konventionellen Wohngebäude sinken die CO₂-Emissionen (-87 %), der Waldverlust (-41 %), die Stickstoffflüsse (-55 %) und die Süßwassernutzung (-11 %). Die Phosphorflüsse hingegen steigen um 38 % (auf niedrigem Niveau). Die CO₂-Emissionen sinken im Vergleich zu den anderen Gütern weniger stark, weil die Zementproduktion und damit alle zementbasierten Baustoffe (wie Beton, Estrich, Mörtel oder Putz) auch im Jahr 2050 nicht treibhausgasneutral sind.

Abbildung 18: Umweltwirkungen eines konventionellen Wohngebäudes, 2020 und 2050



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis eigener Berechnungen, ifeu und ecoinvent

3.4.9 Repräsentatives Gut 9: Haushaltsausstattung

Die Ausstattung der Haushalte mit Haushaltsgeräten wird von Destatis regelmäßig erhoben und in der Fachserie 15 (Reihe 2) veröffentlicht. Demnach verfügte 2020 ein durchschnittlicher Haushalt mit durchschnittlich zwei Personen über 1,25 Kühlschränke, 0,54 Gefrierschränke bzw. -truhen, 0,74 Geschirrspülmaschinen, 0,77 Mikrowellen, 0,99 Waschmaschinen, 0,43 Wäschetrockner, 1,14 Kaffeemaschinen und 0,31 Heimtrainer. Die durchschnittliche Ausstattung mit Haushaltsgeräten stieg über die vergangenen Jahre leicht an (Destatis 2021b).

Die verfügbaren Ökobilanz-Datensätze flossen gewichtet nach der Ausstattung pro Person in die Haushaltsausstattung ein. Die durchschnittliche Haushaltsausstattung pro Person enthält somit 0,57 Kaffeemaschinen, 0,5 Kochstellen, 0,71 Waschmaschinen¹⁶, 0,89 Kühlschränke¹⁷ und 0,37 Spülmaschinen. Im Konsumrechner wurde derselbe Mix für das Jahr 2050 unterstellt. Im Szenario GreenSupreme wurde angenommen, dass die Produkte hochwertiger und langlebiger werden. Daher wurde die Lebensdauer pauschal von 12 Jahren in 2020 auf 15 Jahren für 2050 hochgesetzt.

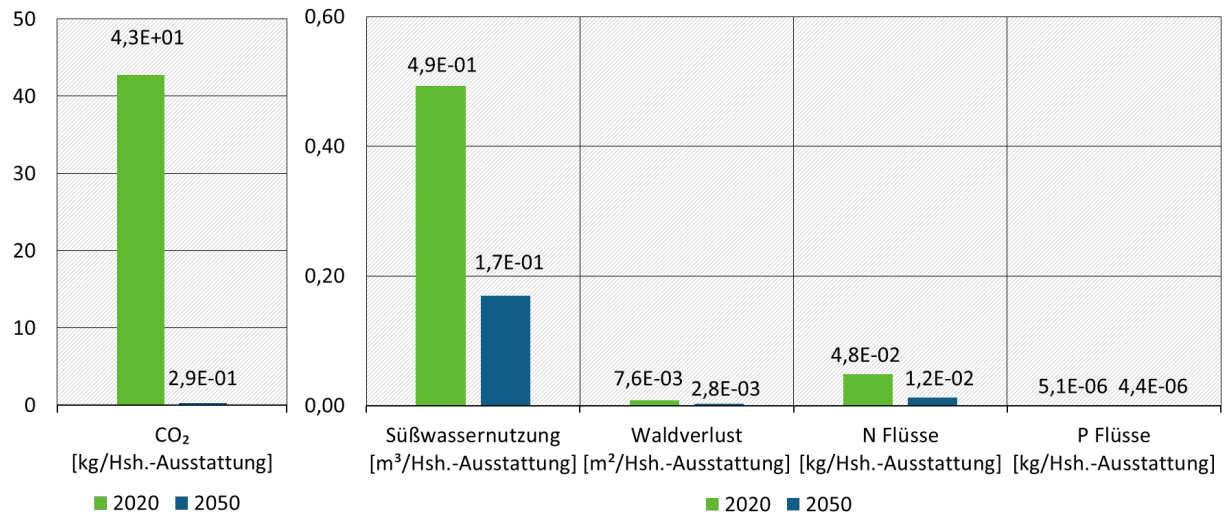
Die für das Konzept der Planetaren Grenzen relevanten Umweltwirkungen der durchschnittlichen Haushaltsausstattung zeigt Abbildung 19. Im Vergleich zur Gegenwart sinken als Folge der Umstellung der Energieproduktion und der Metall- und Kunststoffproduktion die CO₂-Emissionen um 99 %, der Waldverlust um 63 %, die Stickstoffflüsse um 75 % und die

¹⁶ Die Ökobilanz der Waschmaschine wurde auch für Wäschetrockner genutzt.

¹⁷ Die Ökobilanz des Kühlschranks wurde auch für Tiefkühlgeräte und -truhen genutzt.

Süßwassernutzung um 66 %. Auch die Phosphorflüsse sinken um 13 %, ausgehend von einem bereits niedrigen Niveau.

Abbildung 19: Umweltwirkungen der durchschnittlichen Haushaltsausstattung, 2020 und 2050



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis eigener Berechnungen, ifeu und ecoinvent; Hsh. = Haushalt

3.4.10 Repräsentatives Gut 10: IKT-Ausstattung

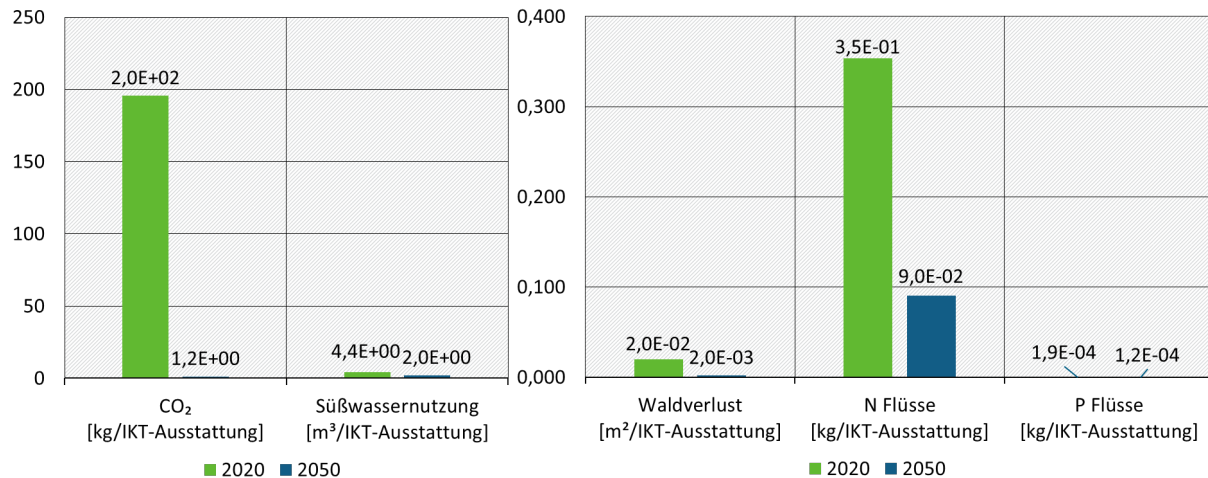
Der durchschnittliche Besitz von Unterhaltungselektronik sowie Informations- und Kommunikationsgeräten wird von Destatis regelmäßig erhoben und in der Fachserie 15 (Reihe 2) veröffentlicht. Demnach verfügt jeder Haushalt im Jahr 2020 unter anderem über 1,64 Fernseher, 0,76 DVD- und Blu-ray-Geräte, 0,15 Videokameras, 1,17 Fotoapparate sowie 2,28 PCs (davon 1,74 mobile Geräte), 0,86 Drucker und 2,91 Telefone (darunter 1,56 Smartphones). Der durchschnittliche Besitz hat sich im Verlauf der vergangenen Jahre bezogen auf die Geräte unterschiedlich verändert. So ist beispielsweise die Anzahl der Smartphones und mobilen PCs gestiegen, hingegen die Anzahl von Fotoapparaten oder Videokameras gesunken (Destatis 2021b). In 2020 verfügten zudem 92 % der privaten Haushalte über einen Internetzugang (Destatis 2021b).

Die verfügbaren Ökobilanz-Datensätze flossen, gewichtet nach der Ausstattung in 2020, in die IKT-Ausstattung ein. Durchschnittlich besitzt eine Person 0,82 Fernseher, 0,43 Drucker, 0,46 Router, 1,14 Computer (Laptops) und 0,78 mobile Geräte. Die Lebensdauer wurde in 2020 pauschal mit 3 Jahren angesetzt.

In GreenSupreme wurde unterstellt, dass Effizienzgewinne bei IKT-Geräten und der Trend zu mehr (mobilen) Geräten gebrochen wird und im Durchschnitt jede Person etwa dieselbe Ausstattung wie heute hat. Allerdings wurde angenommen, dass Konsument*innen verstärkt reparierbare und höherwertige Produkte kaufen, so dass die durchschnittliche Lebensdauer steigt. Im Konsumrechner wurde daher dieselbe Ausstattung unterstellt, allerdings die Lebensdauer pauschal auf 4 Jahre erhöht.

Die Umweltwirkungen sind in Abbildung 20 für die Jahre 2020 und 2050 dargestellt. Aufgrund der Umstellungen der Energieproduktion und der Metall- und Kunststoffproduktion sinken im Vergleich zu heute alle Umweltwirkungen, die CO₂-Emissionen um 99 %, der Waldverlust um 90 %, die Stickstoffflüsse um 74 %, die Süßwassernutzung um 54 % und die Phosphorflüsse um 37 %.

Abbildung 20: Umweltwirkungen der IKT-Ausstattung, 2020 und 2050



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis eigener Berechnungen, ifeu und ecoinvent

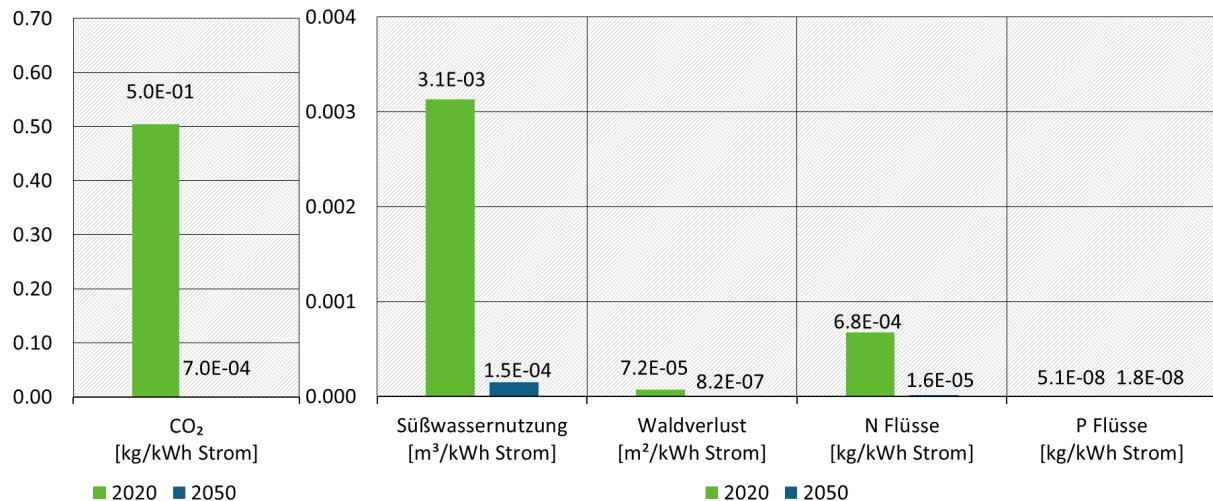
3.4.11 Repräsentatives Gut 11: Strom

Der Stromverbrauch wurde als Querschnittsgut aufgenommen. In 2019 lag der durchschnittliche Stromverbrauch der privaten Haushalte bei 3.106 kWh, 2.633 kWh werden für Elektrogeräte verwendet (Destatis 2021e).

Im GreenSupreme-Szenario verändert sich das Energiesystem grundlegend. Das Energiesystem wird von fossilen Energieträgern vollständig auf erneuerbare Energien umgestellt. Neben der Umstellung der Stromerzeugung werden erneuerbare Energiequellen vollständig oder überwiegend über strombasierte Anwendungen wie Elektroautos oder Wärmepumpen auch für die Mobilität und die Wärmeerzeugung nutzbar gemacht. Daher ist die Abgrenzung zu anderen repräsentativen Gütern relevant. Während im heutigen Stromverbrauch die Wärmeerzeugung im Allgemeinen nicht enthalten ist, weil mit Erdöl, Gas oder Holz geheizt wird, ist sie im GreenSupreme-Szenario im Jahr 2050 im Stromverbrauch von Haushalten enthalten. Auch die Mobilität wird in GreenSupreme auf Strom als Energiequelle umgestellt. Die Strommengen für die Mobilität sind in diesem Projekt dem Elektroauto bzw. dem Elektrofahrrad zugeordnet. Die Umweltwirkungen pro kWh Strom sind natürlich dieselben.

In Abbildung 21 sind die Umweltwirkungen, die für das Konzept der Planetaren Grenzen relevant sind, dargestellt. Im Vergleich zu heute gehen alle Umweltwirkungen zurück. So sinken die CO₂-Emissionen (-100 %), die Süßwassernutzung (-95 %), die Stickstoffflüsse (-98 %), der Waldverlust (-99 %) und die Phosphorflüsse (-63 %).

Abbildung 21: Umweltwirkungen von Strom, 2020 und 2050



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis eigener Berechnungen, ifeu und ecoinvent

3.5 Ergebnisse für den heutigen Durchschnitt: Wo sind Konsumreduktionen der Bürger*innen nötig, um 2050 im Rahmen der planetaren Grenzen zu liegen?

Im Kapitel 3.4 wurde das Konsummuster des heutigen Durchschnitts in Deutschland im Detail beschrieben und die Umweltwirkungen pro Einheit des jeweiligen Konsumgutes dargelegt. Das heutige, durchschnittliche Konsummuster wird hier noch einmal zusammengefasst:

Im Durchschnitt fährt heute ein/e Bürger*in Deutschlands 11.033 Pkm mit einem Kraftstoffauto und weitere 2.251 Pkm mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Mit E-Fahrrädern werden rund 80 Pkm zurückgelegt. Mit dem Flugzeug werden zudem 1.945 Pkm privat geflogen. Die durchschnittliche Wohnfläche liegt heute bei 47 m². Die Ausstattung mit Haushaltsgeräten umfasst im Jahr 2020 pro Person 0,57 Kaffeemaschinen, 0,5 Kochstellen, 0,71 Waschmaschinen, 0,89 Kühlschränke und 0,37 Spülmaschinen. Zudem werden durchschnittlich 287 Liter Milch (inkl. Milchprodukte) konsumiert. Der durchschnittliche Stromverbrauch einer Person im privaten Haushalt liegt bei 1.606 kWh. Deutsche Konsument*innen bevorzugen Kleidung aus Baumwolle und konsumieren durchschnittlich rund 10 kg Baumwolle zuzüglich 6,15 kg synthetische Textilien pro Jahr. Weiterhin besitzt eine Person heute eine Reihe von Unterhaltungselektronik sowie Informations- und Kommunikationsgeräte über eine Lebensdauer von 3 Jahren: 0,82 Fernseher, 0,43 Drucker, 0,46 Router, 1,14 Computer (bzw. Laptops) und 0,78 mobile Geräte. Im Durchschnitt entfallen auf eine Person zudem 0,47 Haustiere.

Die Ernährung ist gegenwärtig von einem hohen Konsum tierischer Produkte geprägt. Diese nehmen rund 38 % der jährlichen Nahrungsmenge pro Person in Deutschland ein (Destatis 2019a). Zusätzlich fallen relevante Mengen an Lebensmittelabfällen an.

Ausgehend vom derzeitigen, durchschnittlichen Konsummuster resultieren Umweltwirkungen, die für die planetaren Grenzen relevant sind. Tabelle 8 weist die Umweltwirkungen (basierend auf den heutigen Konsummengen der Güter ohne Ernährung) ohne technische Änderungen (Faktor von heute) und mit technischen Änderungen aus dem GreenSupreme-Szenario aus.

Tabelle 7: Relevante Umweltwirkungen der heutigen Durchschnittsperson im Konsumfeld Ernährung auf die planetaren Grenzen (keine Änderung bei den Lebensmittelabfällen)

Dimension	Klimawandel	Landnutzung	Biogeochemische Flüsse		Süßwasser
Indikator	Methan, Lachgas	Agrarfläche	Phosphor	Stickstoff	Süßwasser
Einheit	<i>Kg CO₂-Äq.</i>	<i>m²</i>	<i>g</i>	<i>g</i>	<i>m³</i>
Umweltwirkung pro Person (korrigiert)	746	1.808	2.568	18.910	258
Budget pro Person ¹⁸	435	1.533	548	5.484	250

Quelle: Willett et al. (2019)

Tabelle 8: Relevante Umweltwirkungen pro Person durch den Konsum der repräsentativen Güter auf die planetaren Grenzen (heute, ohne und mit Transformationen nach GreenSupreme)

Dimension	Klimawandel		Landnutzung		Biogeochemische Flüsse				Süßwasser	
Indikator	Kohlendioxid		Waldverlust		Phosphor		Stickstoff		Süßwasser	
Einheit	<i>kg CO₂ / a</i>		<i>m² / a</i>		<i>g / a</i>		<i>g / a</i>		<i>m³ / a</i>	
Transformation	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
Milch und Milchprodukte	155 ¹⁹	5,0	0,87	0,84	0,03	0,0	1.491	1329	33,3	33,0
Kraftstoffauto (ohne) bzw. E-Auto (mit Transformation)	3.469	17,9	0,91	0,03	0,13	0,32	1.948	345	12,3	6,0
ÖPV	197	1,1	0,04	0,00	0,01	0,01	659	578	0,78	0,43
E-Fahrrad	1,8	0,02	0,00	0,00	0,06	0,06	2,4	0,54	0,0	0,01
Flug (ohne sonst. Effekte)	206*	0,6**	0,07	0,00	0,00	0,01	437	394	0,42	0,38
Wohnfläche (konv.)	412	52,7	0,06	0,03	0,06	0,08	511	227	5,1	4,5
Strom	810	1,1	0,12	0,00	0,08	0,03	1.088	26	5,0	0,24
Haushaltsgeräte	43	0,29	0,01	0,00	0,01	0,00	48	12	0,49	0,17
Baumwolle	68	2,5	0,01	0,00	0,01	0,01	370	317	106	105
Synthetische Stoffe	22	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	20	10	0,30	0,27

¹⁸ Es handelt sich hierbei um das Budget pro Person für das Jahr 2050. An dieser Stelle soll verdeutlicht werden, welche Inanspruchnahmen durch das heutige Konsumniveau entstehen. Eine Neuberechnung bzw. ein Abgleich heutiger Budgets war im Rahmen des Projektes nicht möglich.

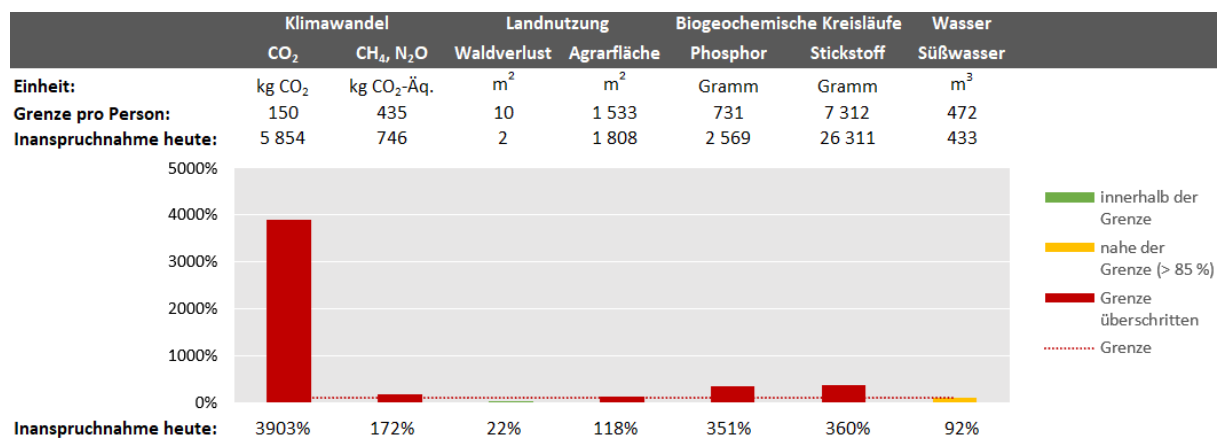
¹⁹ Es sei an dieser Stelle noch einmal darauf verwiesen, dass das repräsentative Gut Milch als Ergänzung zur Lancet-Studie ausgewählt wurde. Die Methan- und Lachgasemissionen sind hier nicht abgebildet, diese sind in den Treibhausgasen der Tabelle 7 enthalten und werden durch die EAT-Lancet-Studie abgedeckt. Der „Ernährungsbereich“ wird in weiterer Folge stets gesondert dargestellt.

Dimension	Klimawandel		Landnutzung		Biogeochemische Flüsse				Süßwasser	
IKT	196	1,2	0,02	0,00	0,19	0,12	354	90	4,4	2,0
Haustiere	276	4,2	0,07	0,05	0,07	0,06	473	296	7,6	6,5
Sockelbeitrag ²⁰	Nicht best.	100	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	5.954,2	187,1	2,2	1,0	0,7	0,7	7.401,2	3.626,3	175,2	158,9
Budget pro Person	150		10		182,8		1.828		222	

Quelle: eigene Berechnungen, ifeu; *Werden andere Effekte berücksichtigt läge der Flug bei 616 kg CO₂ bzw. ** bei 411 kg CO₂ mit Transformation

Im Rechentool „Konsumrechner“ wurden die Mengen des/der heutigen Durchschnittsbürger*in eingegeben. Die folgende Abbildung 22 zeigt die Ergebnisse bezogen auf die planetaren Grenzen. Für diese Darstellung wurden die biogeochemischen Flüsse (Phosphor und Stickstoff) und das Süßwasser des Konsumfeldes Ernährung und der repräsentativen Güter ohne Ernährung aufsummiert. Diese wurden sodann zu den jeweiligen Gesamtbudgets ins Verhältnis gesetzt. Abbildung 23 berücksichtigt darüber hinaus die Nicht-CO₂-Effekte des Flugverkehrs.

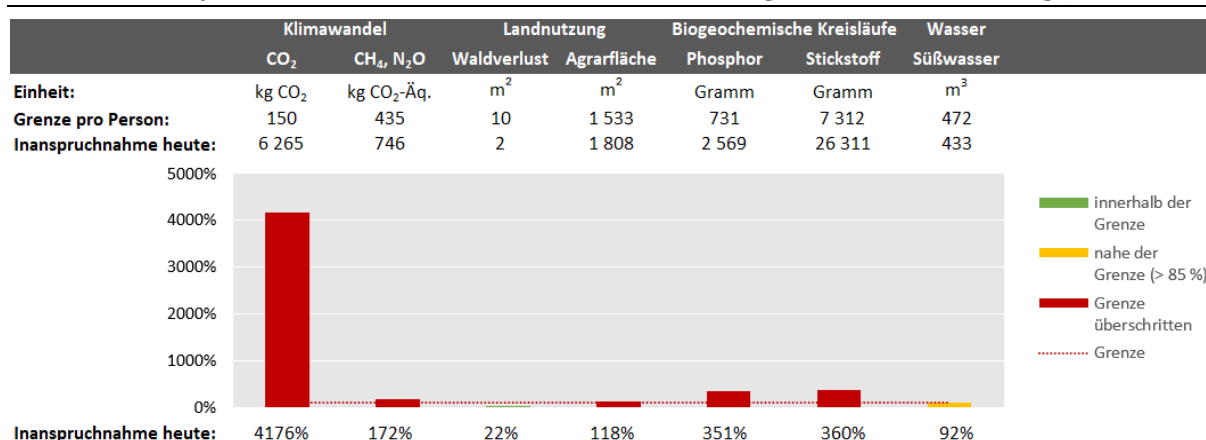
Abbildung 22: Der Konsum des/der heutigen Durchschnittsbürger*in (repräsentative Güter) im Vergleich zu den planetaren Grenzen (ohne Nicht-CO₂-Effekte beim Flug)



Quelle: eigene Darstellung eigener Ergebnisse

²⁰ siehe Kapitel 3.1.2

Abbildung 23: Der Konsum des/der heutigen Durchschnittsbürger*in im Vergleich zu den planetaren Grenzen (Nicht-CO₂-Effekte des Flugs werden berücksichtigt)



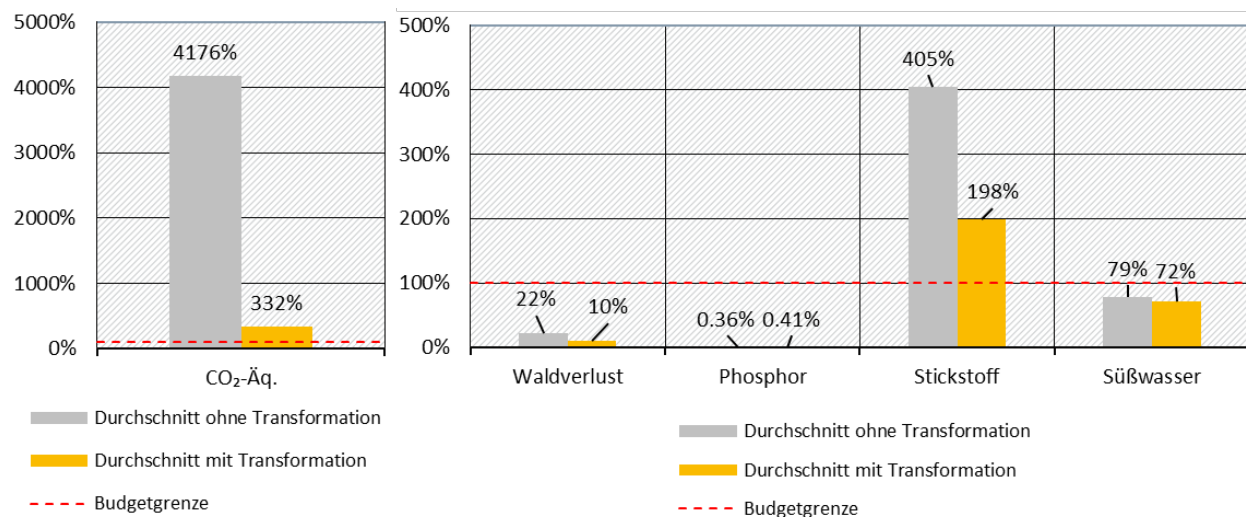
Quelle: eigene Darstellung eigener Ergebnisse

Wie Tabelle 7 und Tabelle 8 sowie Abbildung 22 und Abbildung 23 zeigen, werden durch den heutigen Konsum der repräsentativen Güter die planetaren Grenzen für den Klimawandel sowie das jährliche Phosphor- und Stickstoffbudget (ohne Transformationen) deutlich überschritten. Auch werden die Grenzen für Methan und Lachgas sowie für die Agrarfläche überschritten. Die anderen Grenzen werden eingehalten. Das CO₂-Budget wird primär durch die repräsentativen Güter aus dem Bereich Mobilität deutlich überschritten²¹. Zusätzlich fallen ernährungsbedingt hohe Umweltwirkungen von Methan und Lachgasen an. Durch die Ernährung fallen Umweltwirkungen an, die außerdem die Grenzen für die biogeochemischen Flüsse überschreiten.

Wenn bei der Berechnung der Umweltwirkungen, ausgehend vom heutigen Konsumniveau, ambitionierte Transformationen aus dem GreenSupreme-Szenario berücksichtigt werden, können diese zu einer Reduktion der Inanspruchnahme der Budgets beitragen, wie Abbildung 24 verdeutlicht. Mit Blick auf die Treibhausgase würden Transformationen ein Unterschreiten der Budgetgrenze ermöglichen, allerdings führen die zusätzlichen Effekte, die auf Grund des Flugverkehrs anfallen, stets zu einer Überschreitung der Treibhausgas-Grenze.

²¹ Es sei an dieser Stelle darauf verwiesen, dass der Wärmebedarf für das Heizen in den Werten für heute nicht enthalten ist. Dieser beträgt zusätzlich rund 6.000 kWh (siehe Tabelle 37). Die hier dargestellten Ergebnisse sind daher nicht direkt mit jenen aus dem CO₂-Rechner vergleichbar, da die Abgrenzungen beim CO₂-Rechner und in diesem Projekt nicht identisch sind. Wärme wurde nicht als eigene repräsentatives Gut ausgewählt, da davon ausgegangen wird, dass Wärme 2050 durch Strom abgedeckt sein wird und damit im repräsentativen Gut Strom enthalten ist.

Abbildung 24: Umweltwirkungen des deutschen Durchschnittskonsums der repräsentativen Güter (ohne Ernährung und Sockelbeitrag) relativ zu den planetaren Grenzen



Quelle: eigene Berechnungen ifeu; Unter CO₂-Äq. sind klimawirksame Effekte von Flügen berücksichtigt, nicht berücksichtigt sind Methan und Lachgasemissionen. Umweltwirkungen des repräsentativen Gutes Milch bzw. Milchprodukte sind enthalten.

Technische Änderungen würden die derzeitigen Umweltwirkungen hinsichtlich der Treibhausgase um 92 % senken, relativ zur planetaren Grenze Klimawandel bedeutet das aber noch immer einer Überschreitung des Treibhausgas-Budgets von 332 % im Jahr. Der größte Anteil entfällt dabei auf die Mobilität, rund 83 % der anfallenden Treibhausgase der repräsentativen Güter werden durch das Fliegen, trotz Transformationen, verursacht.

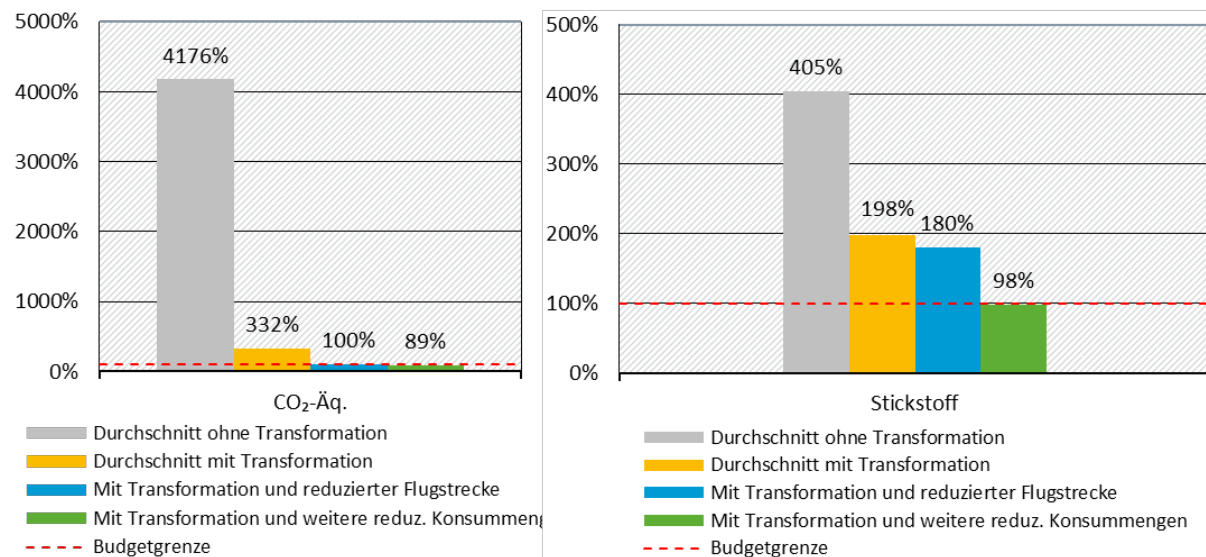
Die technischen Änderungen könnten den jährlichen Waldverlust durch den Konsum der repräsentativen Güter um 55 % reduzieren. Bei den biogeochemischen Flüssen sind zwei gegenläufige Entwicklungen möglich: Während es beim Phosphor zu einer Zunahme der Inanspruchnahme um 14 % kommen könnte, würde eine Transformation eine Reduktion der Inanspruchnahme des Stickstoffbudgets um 51 % ermöglichen, allerdings bedeutet das noch immer eine Überschreitung der jährlichen Stickstoffgrenze von 198 % relativ zum Budget. Auch hinsichtlich der Süßwasserinanspruchnahme durch den heutigen Konsum hätten technische Änderungen das Potential, diese um 9 % zu senken.

Der Konsum der repräsentativen Güter innerhalb der planetaren Grenze ist mit technischen Änderungen somit weniger problematisch, dennoch werden die Grenzen für den Klimawandel und für Stickstoff überschritten. Mit Blick auf das heutige Konsumniveau verdeutlicht Abbildung 24 die Relevanz einer ambitionierten technischen Transformation, zeigt aber auch, dass zusätzlich ein Beitrag zur Reduktion der Umweltwirkungen durch den Konsumenten bzw. die Konsumentin geleistet werden muss, um einen nachhaltigen Konsum innerhalb der planetaren Grenze zu ermöglichen. Auch sei darauf verwiesen, dass zudem eine „Restgröße“ (Sockelbeitrag), die Emissionen aus öffentlichen Gebäuden, Abfälle, (Ab-)Wasser und andere gemeinschaftliche Umweltwirkungen aus dem öffentlichen Sektor umfasst, zur Überschreitung der planetaren Grenzen beiträgt. Diese Restgröße wurde für den heutigen Konsumenten allerdings nicht bestimmt.²²

²² Zum Vergleich: Der CO₂-Rechner des Umweltbundesamtes (https://uba.CO2-rechner.de/de_DE/) enthält einen Betrag von 1,15 t CO₂-Äq. pro Person für öffentliche Emissionen. Die Abgrenzungen beim CO₂-Rechner und in diesem Projekt sind nicht identisch,

Eine Handlungsoption von Seiten des/der Konsument*in wäre eine Reduktion der Flugstrecken, bei gleichbleibenden Konsummengen der anderen Güter, um das CO₂-Budget einzuhalten. Die durchschnittliche Flugstrecke könnte bspw. auf 300 Pkm/a reduziert werden, um die Grenze für den Klimawandel nicht zu überschreiten (Abbildung 25; Säulen in blau). Um zudem die Grenze für Stickstoff nicht zu überschreiten, müssten eine Reihe weiterer, zusätzlicher Einsparungen erfolgen: Möglich wären etwa eine Reduktion des Konsums von Milch und Milchprodukten, der Autofahrten und der Nutzung des ÖPV um je zwei Drittel (siehe Abbildung 25; Säulen in grün).

Abbildung 25: Umweltwirkungen des deutschen Durchschnittskonsums der repräsentativen Güter (ohne Ernährung) relativ zu den CO₂- und Stickstoffbudgets ohne und mit Transformation sowie mit reduzierten Konsummengen



Quelle: eigene Berechnungen ifeu; Unter CO₂-Äq. sind klimawirksame Effekte von Flügen berücksichtigt, nicht berücksichtigt sind Methan und Lachgasemissionen. Umweltwirkungen des repräsentativen Gutes Milch bzw. Milchprodukte sind enthalten.

Im GreenSupreme-Szenario verändern die Menschen ihre Konsumgewohnheiten: Sie ernähren sich fleischreduzierter und gesünder, wohnen auf kleinerem Raum und nutzen stärker Rad, ÖPV bzw. Sharing-Angebote für ihre Wege. Zudem fragen sie verstärkt nachhaltige, langlebige und reparierbare Produkte nach, so dass die Nachfrage nach Gütern insgesamt sinkt. Deshalb ändern sich auch die Konsummengen im Jahr 2050 (siehe Kapitel 3.6).

Verschiedene Veränderungen in persönlichen Lebensstilen können durch anschauliche Narrative illustriert werden. Wie der Konsum im Jahr 2050 innerhalb planetarer Grenzen aussehen könnte und welche Konsummöglichkeiten dann (noch) bestehen, wird in Kapitel 3.7 beschrieben.

3.6 Ergebnisse für den GreenSupreme Durchschnitt

Ausgangspunkt für die Identifizierung der nachhaltigen Konsummuster ist der durchschnittliche Konsum der Bürger*innen im Szenario GreenSupreme im Jahr 2050 (Dittrich et al. 2020a).

Im Konsumfeld Ernährung entspricht der Durchschnittsverbrauch in GreenSupreme etwa der Refer ernährung aus der Lancet-Studie. Auch in GreenSupreme werden deutlich weniger

allerdings sind die größeren Posten wie THG-Emissionen aus dem Abwasser oder aus öffentlichen Gebäuden in beiden Rechnungen enthalten.

tierische Produkte als in der Gegenwart gegessen. Zusätzlich ist in GreenSupreme ebenso wie in der Lancet-Studie eine signifikante Reduzierung der Lebensmittelabfälle unterstellt sowie technologische Umstellungen in der Landwirtschaft.

Die/Der Durchschnittsbürger*in fährt im Jahr 2050 im Szenario GreenSupreme 6.731 km mit einem Elektroauto und weiterhin 3.296 km mit öffentlichen Verkehrsmitteln. In GreenSupreme wurde eine Annahme zur Wegstrecke getroffen, die mit dem Rad oder zu Fuß zurückgelegt wird. In diesem Projekt wurde unterstellt, dass 50 % dieser Wegstrecken mit einem E-Bike gefahren werden. Mit dem Flugzeug werden zudem 2.072 km privat geflogen.

Die durchschnittliche Wohnfläche liegt bei 41 m². Im Konsumrechner wurde ein konventionelles Durchschnittshaus unterstellt, das im CO₂-Verbrauch etwas über einem Holzhaus liegt. Die Ausstattung mit Haushaltsgeräten ist der heutigen vergleichbar, allerdings wurde in GreenSupreme angenommen, dass die Konsumententscheidungen auf Produkte fallen, die qualitativ höherwertig und reparierbar sind und dadurch eine längere Lebensdauer (durchschnittlich +33 %) aufweisen. Der durchschnittliche Stromverbrauch der privaten Haushalte liegt bei 1.714 kWh im Jahr 2050 (inkl. Heizen). Nicht einbezogen ist der Stromverbrauch im Konsumfeld Mobilität, der direkt im Konsumfeld Mobilität berechnet wird, und der Strom- bzw. Energieverbrauch von Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, der weitgehend in der Vorkette der Güter einbezogen ist.

Durchschnittliche deutsche Konsument*innen bevorzugen Kleidung, die qualitativ höherwertig und reparierbar und dadurch länger nutzbar ist (+33 %).

Die längere Lebensdauer gilt auch für IKT-Geräte. Im Szenario GreenSupreme wird der Trend gebrochen, dass immer mehr IKT-Geräte pro Person gekauft werden. Anstelle dessen bleibt die durchschnittliche Ausstattung konstant, die aufgrund der längeren Lebensdauer länger genutzt wird.

Im Szenario GreenSupreme wurden keine expliziten Annahmen zu Haustieren gemacht. Daher wird der durchschnittliche Besitz von Haustieren fortgeschrieben.

Die resultierenden Umweltwirkungen, die für die planetaren Grenzen relevant sind, sind in Tabelle 9 und Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 9: Umweltwirkungen pro Person im Konsumfeld Ernährung

Dimension	Klimawandel	Landnutzung	Biogeochemische Flüsse		Süßwasser
Indikator	Methan, Lachgas	Agrarfläche	Phosphor	Stickstoff	Süßwasser
Einheit	Kg CO ₂ -Äq.	m ²	g	g	m ³
Umweltwirkung pro Person	435	1.197	1.426	13.203	207
Budget pro Person	435	1.533	548	5.484	250

Quelle: Willett et al. (2019)

Tabelle 10: Umweltwirkungen pro Person durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050

Dimension	Klimawandel	Landnutzung	Biogeochemische Flüsse		Süßwasser
Indikator	Kohlendioxid	Waldverlust	Phosphor	Stickstoff	Süßwasser
Einheit	Kg CO ₂ / a	m ² / a	g / a	g / a	m ³ / a
Milch und Milchprodukte	4,1	0,703	0,034	1.107	27,5
E-Auto	10,9	0,018	0,196	211	3,6
ÖPV	1,7	0,002	0,014	846	0,6
E-Fahrrad	0,2	0,000	0,576	5	0,1
Flug (nur CO ₂)	0,7*	0,001	0,009	420	0,4
Wohnfläche	46,0	0,029	0,072	198	3,9
Strom	1,2	0,001	0,032	28	0,3
Haushaltsgeräte	0,3	0,003	0,004	12	0,2
Baumwolle	1,8	0,001	0,009	224	74,5
Synthetische Stoffe	0,3	0,000	0,002	7	0,2
IKT	1,2	0,002	0,123	90	2,0
Haustier	4,2	0,053	0,056	296	6,5
Sonstiges (Sockelbetrag) ²³	76,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Summe	148,5	0,813	1,13	3.445	119,84
Budget pro Person (ohne Ernährung)	150	10	182,8	1.828	222

Quelle: eigene Berechnungen, ifeu; *Flug (inkl. andere Effekte) läge im Jahr 2050 bei 437 kg CO₂-Äq.

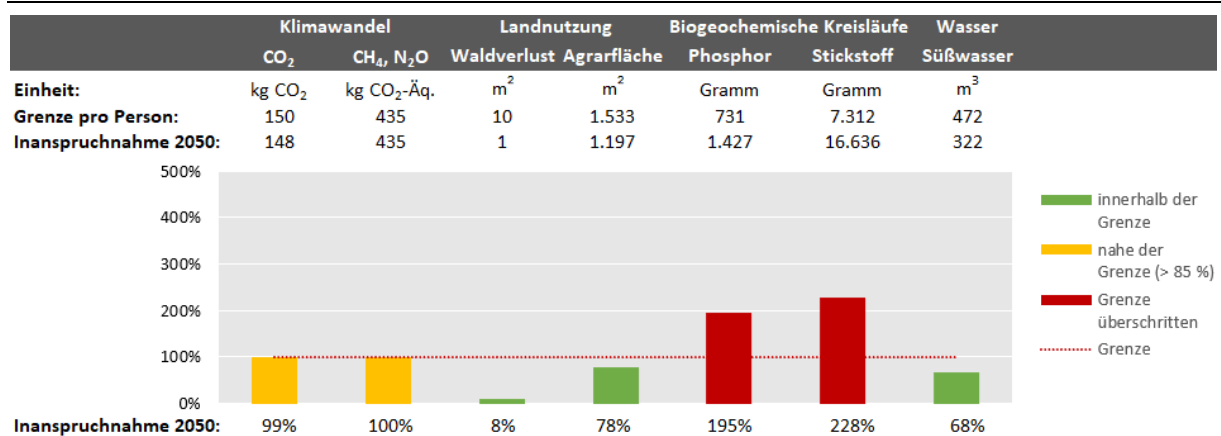
Die planetaren Grenzen in der Dimension Klimawandel wurden durch das GreenSupreme-Szenario bzw. durch die Referenzernährung definiert, daher ist es logisch, dass die/der Durchschnittsbürger*in die Grenzen einhält. Die planetare Grenze Landnutzungswandel wird in dem Rahmen, wie sie für dieses Projekt definiert wurde (Kapitel 3.3.2), mit der Umwandlung von 0,813 m² im Jahr 2050 ebenfalls eingehalten. Auch die planetare Grenze für den Konsum von Süßwasser und die Grenze für die Phosphorflüsse werden eingehalten – letzteres gilt nicht für das Konsumfeld Ernährung (Tabelle 9). Hier wird die planetare Grenze für die Phosphorflüsse wie auch für die Stickstoffflüsse überschritten. Für die restlichen Konsumgüter kann die Grenze für die Stickstoffflüsse ebenfalls nicht eingehalten werden. Ein wichtiger Grund für die Überschreitung der Grenze ist, dass die neuen Technologien zur Erzeugung von Energie hohe P- und N-Flüsse aufweisen.

Im Rechentool „Konsumrechner“ wurden die durchschnittlichen Mengen des/der GreenSupreme-Durchschnittsbürger*in eingegeben. Die folgende Abbildung 26 zeigt die

²³ siehe Kapitel 3.1.2

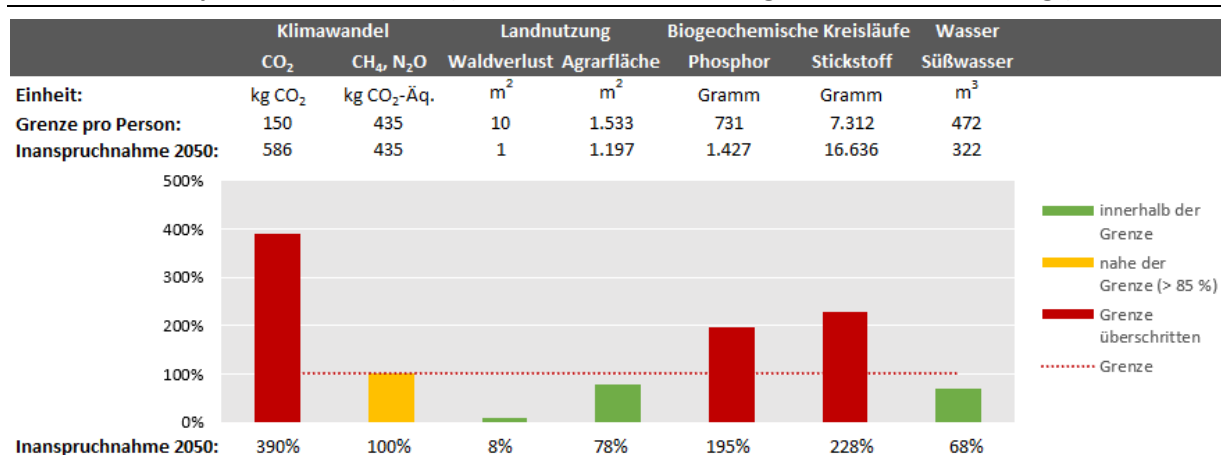
Ergebnisse bezogen auf die planetaren Grenzen. Berücksichtigt man darüber hinaus die Nicht-CO₂-Effekte des Flugverkehrs, so wird auch der Grenzwert für den Klimawandel (CO₂-Äq.) überschritten (siehe Abbildung 27).

Abbildung 26: Der Konsum der/des GreenSupreme-Durchschnittsbürgerin/s im Vergleich zu den planetaren Grenzen (nur CO₂ beim Flug)



Quelle: eigene Darstellung eigener Ergebnisse

Abbildung 27: Der Konsum der/des GreenSupreme-Durchschnittsbürgerin/s im Vergleich zu den planetaren Grenzen (Nicht-CO₂-Effekte des Flugs werden berücksichtigt)



Quelle: eigene Darstellung eigener Ergebnisse

3.7 Anschlussfähige Konsummuster

3.7.1 Literaturübersicht Konsummuster

In Steckbriefen werden die Studien zu unterschiedlichen Konsummustern im Folgenden vorgestellt. Hierbei werden die Analysefragen genutzt, die in Kapitel 3.1.5 beschrieben wurden.

UBA (2014): Klimaneutral leben & BMU/UBA (2019): Umweltbewusstsein in Deutschland.

Ziel: BMU und UBA lassen alle zwei Jahre eine repräsentative Umfrage zum Umweltbewusstsein durchführen. Auf Basis der Umfrage und dem Konzept der „sozialen Milieus“ wurden Umweltverhalten und Einstellungen zu ökologischen Fragen der Bevölkerung Deutschlands analysiert. Die vom UBA publizierte Broschüre „Klimaneutral leben“ bietet Einblicke in mögliche klimaneutrale Lebensstile in Form von fünf verschiedenen Umwelttypen (Personas). Diese sollen

die Auswirkungen und Vielfalt von Lebensstiloptionen auf den CO₂-Fußabdruck anschaulich verdeutlichen und den Leser*innen die Möglichkeit zur Identifikation geben.

Methodik: Die Personas lassen sich den identifizierten Milieus der Umweltbewusstseinsstudie zuordnen, die empfänglich für Umweltthemen sind (Umweltorientierte (22 %), Nachhaltigkeitsorientierte (14 %) und Orientierungssuchende (20 %)). Die CO₂-Emissionen der einzelnen Personas werden mit dem CO₂-Rechner berechnet.

Personas (Auswahl): Sabine T. ist eine Genießerin und repräsentiert die LOHAS (Lifestyle of Health and Sustainability). Sie wohnt in einem Mehrfamilienhaus, besitzt keinen eigenen Pkw, bezieht Ökostrom und kauft Bio-Produkte. Verzicht ist für sie ein Fremdwort.

Bei Peter B. geht Qualität vor Quantität. Er wohnt in einem geräumigen Passivhaus mit einer Solaranlage und hat beim Autokauf auf einen geringen Kraftstoffbedarf geachtet.

Für Katharina C. ist weniger mehr. Sie wohnt in einer kleinen Wohnung und arbeitet Teilzeit, um bewusst mehr Zeit zu haben. Dafür verzichtet sie auf ein eigenes Auto und fährt viel Rad.

Linus L. ist die Karriere sehr wichtig. Er hat wenig Zeit und ist viel unterwegs. Um seinen beträchtlichen CO₂-Ausstoß zu kompensieren, spendet er an Kompensationsprojekte, die dem Gold-Standard entsprechen.

Eigenschaften: u.a. Name, Wohnfläche, Wohnort und Charakteristika Gebäude (Dämmung, Haustyp, Entfernung zur Arbeit), Mobilitätsverhalten (Carsharing, eigener Pkw, BahnCard, Fernreisen), Bezug von Wärme und Strom (Ökostrom, eigene Solaranlage), Ernährung (bio, vegetarisch), Energieeffizienz der Haushaltsgeräte, Unterstützung von Umweltverbänden und -projekten, Berücksichtigung von Umweltsiegeln, Geldspenden und -anlage (Kauf von CO₂-Zertifikaten, Investitionen in Windenergie oder Nachhaltigkeitsfonds).

Teubler et al. (2018): A Household's Burden & Ahlert et al. (2015): Nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus.

Ziel: Berechnung des Rohstofffußabdrucks verschiedener Haushaltstypen.

Methodik: Zunächst wurden durchschnittliche Haushaltstypen mit einer Cluster-Analyse von Mikro-Haushaltsstatistiken aus dem Jahr 2008 identifiziert. Diese Daten wurden dann mit LCA-Daten verknüpft, um den Rohstoffbedarf der Haushalte für ausgewählte Güter (Ahlert et al. 2015) bzw. den gesamten Rohstoffbedarf des Haushalts (Teubler et al. 2018) zu ermitteln. Da die Studien aufeinander aufbauen, werden sie hier zusammengefasst dargestellt.

Haushaltstypen: 7 verschiedene Cluster wurden in Ahlert et al. (2015) identifiziert:

Bürgerliche (27 %): mittlere bis höhere Altersgruppen, überwiegend 2-Personen-Haushalte („empty nesters“), 80–140 m² Wohnfläche, ein Drittel Rentner, durchschnittlicher Stromverbrauch, etwas unterdurchschnittlicher Kraftstoffverbrauch, Neuanschaffungen selten, materieller Besitz und finanzielle Absicherung wichtig, in Kleinstädten (< 100.000) überrepräsentiert.

Junge (13 %): jüngere bis mittlere Altersgruppen, 2–4-Personen-Haushalte, 60–140 m² Wohnfläche, in großen Städten (> 500.000) überrepräsentiert, leicht unterdurchschnittlicher Stromverbrauch, durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch, viele Neuanschaffungen in Planung, Streben nach beruflicher Etablierung.

Etablierte (14 %): jüngere bis mittlere Altersgruppen, gehobene berufliche Qualifikation, Leben im Umland, in kleinen Gemeinden (< 20.000) überrepräsentiert, meist Hauseigentümer, 100–160 m² Wohnfläche, ausgeprägte Mobilität, 2–5+ Personen, durchschnittlicher Stromverbrauch, überdurchschnittlicher Kraftstoffverbrauch, hoher Lebensstandard, überdurchschnittliche Ausstattung.

Großfamilien im ländlichen Raum (6 %): mittlere bis höhere Altersgruppen, in kleinen Gemeinden (< 20.000) überrepräsentiert, hoher Anteil Hauseigentümer, 3- und Mehr-Personen-Haushalte, viel Wohnraum, sehr hoher Stromverbrauch, durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch, eher geringe Mobilität, sehr hohe Ausstattung, Groß- und Mehr-Generationenfamilien mit viel Wohnraum.

Benachteiligte (33 %): höhere und jüngere Altersgruppen etwas überrepräsentiert, überwiegend Nicht-Berufstätige, in Städten (> 100.000) überrepräsentiert, in der Regel Mieter, kleine Wohnfläche (zwei Drittel unter 80 m²), 1–2-Personen-Haushalte, meist keinen Pkw, geringe Mobilität, heterogenes soziokulturelles Profil, geringer Stromverbrauch, sehr geringer Kraftstoffverbrauch.

Elitäre (2 %): überwiegend männlicher Haupteinkommensbezieher, mittel-hohe Altersgruppen, sehr hoher Akademikeranteil, große Wohnungen, mehrere Autos, sehr hohes Ausstattungs- und Lebensniveau, große Wohnungen ab 100 m², meist 3- und Mehr-Personen-Haushalte, hohes Einkommensniveau, hoher Stromverbrauch, extrem hoher Kraftstoffverbrauch, wohlhabende, gut situierte Familien, Wertschätzung des Besonderen und Exklusiven.

Performer (5 %): mittlere Altersgruppen, hoher Akademikeranteil, beruflich stark engagiert, deutlich überdurchschnittliche Mobilität, viele Fernreisen, große Wohnungen, durchschnittlicher Stromverbrauch, hoher Kraftstoffverbrauch, deutlich überdurchschnittliche Mobilität.

Eigenschaften: u.a. soziokulturelles Profil, Ausstattungsumfang von 14 Produkten, Lebensstandard, Bildungsabschluss, typische Berufe, Geräteausstattung, Einkommensniveau, Wohnungsgröße, Strom- und Kraftstoffverbrauch, Durchschnittsalter, Bildungsniveau, Wohnortgröße, Haushaltsgröße.

Erkenntnisse: Zwischen den einzelnen Clustern wurden relativ geringe Unterschiede bei der Haushaltsausstattung beobachtet (z. B. die durchschnittliche Zahl an Fernsehern im Haushalt lag zwischen 1,8 und 2,14; bei gebrauchten Autos zwischen 0,33 und 1,46). Größere Unterschiede zwischen den Clustern gab es beim Strom- und Kraftstoffverbrauch (Strom zwischen 521 € und 2.300 € pro Jahr, Kraftstoff zwischen 238 und 5.675 € pro Jahr). Aus den Konsumdaten ergeben sich Rohstofffußabdrücke zwischen 6 und 17 Tonnen pro Jahr. Das Cluster der Benachteiligten stellt dabei mit 6 Tonnen einen Ausreißer nach unten dar. Das nächsthöhere Cluster liegt bereits bei 11 Tonnen.

Onel et al. (2018): Tell me your story and I will tell you who you are: Persona perspective in sustainable consumption, in: Psychology and Marketing.

Ziel: In der Studie werden Personas mit dem Ziel entworfen, Motivationen und Anreize für nachhaltiges Konsumverhalten zu verstehen.

Methodik: Die Methodik ist explorativ. 14 ausführliche, qualitative Interviews zum Konsumverhalten wurden geführt.

Personas: Personas werden definiert als „Abstraktion von Gruppen realer Konsument*innen mit ähnlichen Eigenschaften und Bedürfnissen“. Als Personas werden der ganzheitlich nachhaltige Typus, der übergangsweise nachhaltige Typus und eingeschränkt nachhaltige Typus identifiziert.

Evan (ganzheitlich nachhaltig): 35, Wissenschaftlerin, vegane Ernährung, Umweltgerechtigkeit und Gleichberechtigung als Motivation, Streben nach sozialer und ökologischer Transformation, ÖPV-Nutzung, geringe Wohnfläche, Nähe zur Natur wichtig, gebrauchte Kleidung.

Marcus (übergangsweise nachhaltig): 37, Generalunternehmer, auf das Individuum beschränkter Blick auf Nachhaltigkeit, keine Verknüpfung zwischen den verschiedenen Dimensionen von Nachhaltigkeit, Wichtigkeit sozialer Normen, Bio-Ernährung, Fokus auf Abfallvermeidung, Zuverlässigkeit und Langlebigkeit als wichtige Kaufkriterien z. B. beim Autokauf.

Theresa (eingeschränkt nachhaltig): 41, Kinderärztin, lokales Einkaufen, Fokus auf Gesundheit, Problembewusstsein nur für vereinzelte Aspekte von Nachhaltigkeit, Konzentration auf einen Handlungsbereich (z. B. Bio-Ernährung oder erneuerbare Energien).

Eigenschaften: Lebensstil, Motivation, Engagement im Bereich Nachhaltigkeit, Verhalten in den Bedürfnisfeldern Mobilität, Bekleidung und Ernährung.

Froemelt et al. (2018): Environmental Impacts of Household Consumption Behaviors' & Matasci et al. (2019): Material- und Energieflüsse der schweizerischen Volkswirtschaft.

Ziel: In der Studie werden Materialflüsse und CO₂-Emissionen für verschiedene Verhaltensarchetypen ermittelt.

Methodik: Basierend auf Daten zu 9.734 Haushalten aus der Schweiz für den Zeitraum von 2009 bis 2011 wurde eine Cluster-Analyse durchgeführt. Für die Ermittlung der Umweltwirkungen wurden monetäre Ausgaben mit ecoinvent-Koeffizienten kombiniert.

Haushaltstypen: Zunächst wurden von Froemelt et al. (2018) 28 Cluster mit ähnlichem Verbrauchsverhalten und Haushaltsmerkmalen ermittelt. Dabei wurde eine klare Korrelation zwischen Einkommen und Emissionen von Treibhausgasen gefunden. Von Matasci et al. (2019) wurden die Cluster dann zu fünf Gruppen mit je 20 % Bevölkerungsanteil zusammengefasst, geordnet nach den durchschnittlichen Umweltwirkungen der Cluster.

Im ersten Quintil finden sich nur Familien, z. B. ein Cluster mit sehr jungen Erwachsenen mit kleinen Babys, und vor allem Mieter*innen. In den anderen Quintilen sind die Haushaltstypen stärker durchmischt. So finden sich im obersten Quintil Familien und 1-2-Personen-Haushalte mit mittlerem und hohem Einkommen.

Erkenntnisse: Das unterste Quintil verursacht 16 % weniger Treibhausgase, das oberste Quintil 17 % mehr Treibhausgase als der Durchschnitt. Der Anstieg verläuft stetig von Quintil zu Quintil über alle Konsumbereiche hinweg, d.h. höhere Umweltwirkungen sind in jedem der Konsumbereiche Bau, Mobilität und Konsum zu beobachten (Matasci et al. 2019).

Eigenschaften: Konsumausgaben (monetär) nach 365 Konsumkategorien, gekaufte Mengen für 92 Kategorien, Haushaltsausstattung mit zwanzig langlebigen Gütern, Haushaltsgröße, Einkommen nach 8 Kategorien, Alter, Familienstand, nationale Herkunft (Froemelt et al. 2018).

Nennenswert sind zudem zwei weitere Studien, die sich mit Konsummustern beziehungsweise Personas zumindest am Rande befassen:

- ▶ Grünewald, C.; Glockner, H.; Irmer, M.; Poole, S.; Schipperges, M.; Neumann, K.; Weier, M. (2021): Narrative einer erfolgreichen Transformation zu einem ressourcenschonenden und treibhausgasneutralen Deutschland. Erster Zwischenbericht. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/narrative-einer-erfolgreichen-transformation-zu> (13.08.2021).
- ▶ Schipperges, M.; Berg, H.; Schnurr, M.; Glockner, H. (2018): Erfolgsbedingungen für Systemsprünge und Leitbilder einer ressourcenleichten Gesellschaft. Band 4: Auswertung empirischer Studien zur umweltbezogenen Konsum- und Lebensstilforschung und Leitbildern einer ressourcenleichten Gesellschaft in unterschiedlichen sozialen Milieus. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-10-23_texte_85-2018_ressourcenleichte-gesellschaft_band4.pdf (15.11.2021).

In ersterem geht es ebenfalls um zukünftige Konsummuster. Es sollen Personas basierend auf den RESCUE-Szenarien entwickelt werden. Damit ist die Aufgabenstellung eine ähnliche wie in diesem Projekt. Der entsprechende nächste Bericht wurde allerdings noch nicht veröffentlicht, daher können die Ergebnisse hier noch nicht einbezogen werden.

Schipperges et al. (2018) haben Leitbilder für Nachhaltigkeit mit einer Szenario-Technik abgeleitet und anschließend die Einstellung verschiedener sozialer Milieus zu diesen Leitbildern untersucht.

Welche Schlussfolgerungen lassen sich nun aus der Literatur ziehen? Zwei Methoden zur Entwicklung der Konsummuster können unterschieden werden: Die Konsummuster werden entweder statistisch mit Hilfe einer Clusteranalyse und umfassenden Haushaltsstatistiken abgeleitet oder basierend auf durch Interviews oder Umfragen ermittelten Typen als fiktive Personas mit narrativen Elementen gestaltet.

Eine Gemeinsamkeit der betrachteten Literatur ist, dass sie sich ausschließlich mit gegenwärtigen Konsummustern beschäftigt. Da in diesem Projekt zukünftige Konsummuster entwickelt werden sollen, können sie nicht direkt aus der Statistik abgeleitet werden. Zudem sind die detaillierten Konsumstatistiken auf Ebene einzelner Haushalte nicht frei verfügbar.

Eine weitere Beobachtung ist, dass die Unterschiede im Konsum und den damit verbundenen Umweltwirkungen zwischen den verschiedenen statistisch ermittelten Clustern relativ gering sind. Natürlich ist dies auch eine Folge davon, dass in den Clustern die Mittelwerte für eine große Zahl von Haushalten ermittelt werden. Die tatsächliche Varianz auf Ebene der einzelnen Haushalte ist sicherlich deutlich höher. Interessant ist jedoch, dass auch bei einer Gruppierung einer großen Zahl verhältnismäßig kleiner Cluster nach Umweltwirkungen, wie in Matasci et al. (2019), nur Abweichungen in Höhe von -17 % bis + 16 % vom Durchschnitt beobachtet werden können. Diese Beobachtung legt den Schluss nahe, dass die entwickelten Konsummuster nicht zu extreme Varianten darstellen sollten, um anschlussfähig zu bleiben.

3.7.2 Statistische Datengrundlagen

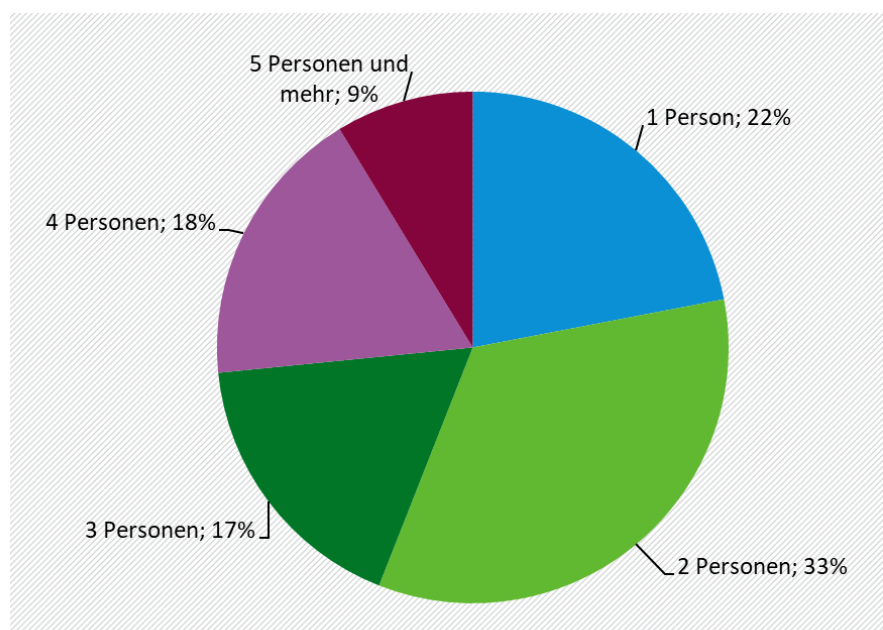
In diesem Kapitel werden die statistischen Daten vorgestellt, die als Orientierungspunkte zur Erarbeitung der Konsummuster genutzt werden können.

Als Datenquellen dienen neben Destatis eine UBA-Studie mit einer repräsentativen Erhebung von Energieverbräuchen pro Kopf für verschiedene Bevölkerungsgruppen (Kleinhückelkotten et al. 2016) sowie eine unveröffentlichte, interne Datenauswertung zu Profilen des UBA-CO₂-Rechners.

Destatis bereitet in verschiedenen Publikationen Daten zum Konsum privater Haushalte auf. Dabei werden die Daten differenziert nach Haushaltsgröße, Nettoeinkommen, Haushaltstyp, Berufstätigkeit, Alter und Geschlecht der Haupteinkommensperson und der Wohnsituation (Mietwohnung oder Wohneigentum). Die Daten sind überwiegend monetär und gegliedert nach Bedürfnisfeldern/Konsumkategorien. Für Ernährung und Energie gibt es darüber hinaus physische Daten zu den gekauften bzw. verbrauchten Mengen.

Die Daten von Destatis werden überwiegend auf Haushaltsebene berichtet, d.h. pro Haushalt und nicht pro Person. Für unsere Auswertungen haben wir die Daten mit Hilfe der durchschnittlichen Personenzahl pro Haushalt umgerechnet. Ein Drittel der Menschen in Deutschland, die von der Haushaltsstatistik erfasst werden²⁴, lebt in 2-Personen-Haushalten. An zweiter Stelle folgen Singlehaushalte mit 22 %. Am niedrigsten ist der Anteil der Personen, die in Haushalten mit 5 und mehr Personen leben (9 %).

Abbildung 28: Anteil der Personen in Haushalten nach Haushaltsgröße



Quelle: Destatis (2021f)

Tabelle 11 gibt einen Überblick über die Konsumausgaben privater Haushalte nach monatlichem Haushaltsnettoeinkommen und Bedürfnisfeldern im Jahr 2018. Die Tabelle zeigt, dass mit steigendem Haushaltseinkommen vor allem der Anteil der Ausgaben für Verkehr, für Freizeit,

²⁴ Haushalte, mit einem monatlichen Haushaltsnettoeinkommen > 18.000 €, Untermieter*innen, Haus- und Betriebspersonal, Personen in Gemeinschaftsunterkünften und Anstalten und Obdachlose werden in der Haushaltsstatistik nicht erfasst (Destatis 2018).

Unterhaltung und Kultur sowie für Sonstiges steigt. Der Anteil für Wohnen und Ernährung geht dagegen mit steigendem Haushaltseinkommen zurück.

Tabelle 11: Konsumausgaben privater Haushalte 2018

Monatliches Haushaltsnettoeinkommen	< 1.300 €	1.300 € – 2.600 €	2.600 € – 3.600 €	3.600 € – 5.000 €	> 5.000 €
Private Konsumausgaben	1.059 €	1.761 €	2.551 €	3.253 €	4.657 €
... davon in % für:					
Wohnen, Energie, Instandhaltung	44,5	38,5	35,4	33	29,1
Nahrungsmittel, Getränke, Tabakwaren	17,4	15,1	13,9	13,3	11,6
Verkehr	8,2	11	13,2	14,6	16,4
Freizeit, Unterhaltung, Kultur	8,2	10,5	11,2	11,4	12
Bekleidung, Schuhe	3,5	4,2	4,3	4,5	4,9
Sonstige	18,2	20,8	22,1	23	26

Quelle: Destatis (2021g)

Die stärksten Unterschiede in den durchschnittlichen Konsumausgaben pro Person finden sich typischerweise in der Differenzierung der Haushalte nach Haushaltgröße und nach Haushaltsnettoeinkommen. Leider gibt es keine gleichzeitige Differenzierung nach zwei Merkmalen. Die folgende Liste zeigt die Bandbreite der Konsumausgaben pro Person nach Bedürfnisfeldern und Haushaltstypen:

Tabelle 12: Bandbreiten bei den privaten Konsumausgaben 2019

	Durchschnitt	Minimum	Minimalwert	Maximum	Maximalwert
Wohnen, Energie, Instandhaltung	445 €	5-Personen-Haushalt	228 €	Frau alleinlebend	678 €
Nahrungsmittel, Getränke, Tabakwaren	178 €	5-Personen-Haushalt	126 €	Mann alleinlebend	220 €
Verkehr	176 €	Einkommen < 1.300 €	59 €	Einkommen > 5.000 €	257 €
Freizeit, Unterhaltung, Kultur	142 €	Einkommen < 1.300 €	74 €	Einkommen > 5.000 €	185 €
Bekleidung, Schuhe	53 €	Einkommen < 1.300 €	31 €	Einkommen > 5.000	74 €
Innenausstattung und Haushaltsgeräte	71 €	Einkommen < 1.300 €	37 €	Einkommen > 5.000	96 €

Quelle: Destatis (2020d)

Insgesamt sind auch hier nur verhältnismäßig geringe Varianzen zu beobachten; in der Regel liegt die Varianz bei einem Faktor von 2 bis 3. Es ist anzunehmen, dass die Varianz bei den physischen Mengen noch deutlich geringer ausfällt, da für die gleichen Produkte unterschiedlich viel Geld ausgegeben werden kann. Die größte Varianz findet sich beim Verkehr (Faktor 4,36) und die geringste bei den Nahrungsmitteln (Faktor 1,74).

Physische Angaben finden sich zur Wohnfläche und zum Stromverbrauch bei Destatis und zum Energieverbrauch Mobilität bei Kleinhüchelkotten et al. (2016):

- ▶ Wohnfläche: 28 m² (4-Personen-Haushalt in MFH) bis 120 m² (1 Person im EFH) (Destatis 2018)
- ▶ Stromverbrauch: 1.300 kWh bis 2.200 kWh pro Person und Jahr (Destatis 2022a)
- ▶ Energieverbrauch Alltagsmobilität: 956 kWh bis 7.900 kWh pro Person und Jahr (Kleinhüchelkotten et al. 2016)

Kleinhüchelkotten et al. (2016) fassen ihre Resultate folgendermaßen zusammen: „Der personenbezogene Gesamtenergieverbrauch [steigt] stark mit der Höhe des Einkommens und mit dem formalen Bildungsstand [...]. Er nimmt mit dem Alter zu, ist bei Männern größer als bei Frauen und sinkt tendenziell mit der Haushaltsgröße.“

3.7.3 Beschreibung der einzelnen Konsummuster

Ziel der in diesem Projekt entwickelten Konsummuster ist es, den Konsum im Jahr 2050 vorstellbar zu machen und Veränderungen in persönlichen Lebensstilen zu illustrieren. Das heißt, die Konsummuster sollen anschauliche Narrative dafür darstellen, wie der Konsum im Jahr 2050 innerhalb planetarer Grenzen aussehen könnte. Was verändert sich im Vergleich zu heute? Welche Konsummöglichkeiten bestehen, wenn die planetaren Grenzen eingehalten werden sollen?

Unter Konsummustern verstehen wir dabei typische und verallgemeinerbare Konsummengen (an Gütern und Dienstleistungen und in Bezug auf Energieverbräuche und Verkehrsaufkommen) für verschiedene Bevölkerungsgruppen. Mit dem Konsum verbundene Umweltwirkungen werden durch repräsentative Güter abgeschätzt.

Da es sich um zukünftige Konsummuster handelt, können sie anders als teilweise in den in der Literatur beschriebenen Studien nicht direkt aus Daten abgeleitet werden. Daher nutzen wir in diesem Projekt Personas, die mit Hilfe verschiedener narrativer Elemente beschrieben werden. Dafür dienen die in der Literatur gefundenen Cluster mit gemeinsamen Merkmalen als Anregung für die Auswahl der Haushaltstypen, da davon ausgegangen werden kann, dass die in der Literatur gefundenen Cluster mit ihren typischen Merkmalen auch im Jahr 2050 Bestand haben werden.

Da die Konsummuster anschlussfähig sein sollen, wurde darauf geachtet, keine zu extremen Narrative zu entwickeln. Dennoch wurden einigen Personas überdurchschnittliche Konsummengen in einigen Feldern zugeordnet, wodurch teilweise große Unterschiede zwischen den einzelnen Mustern vorhanden sind. Eine Orientierung an den statistisch ermittelten Bandbreiten wurde allerdings als sinnvoll erachtet.

3.7.3.1 Familie Yilmaz

Familie Yilmaz lebt in einer Kleinstadt mit 10.000 Einwohner*innen. Die vierköpfige Familie lebt mit ihren vier Hunden in einem großzügigen Einfamilienhaus mit Garten. Die Fahrten zu den Fußballspielen der Tochter, der Weg in die Stadt zur Arbeit oder der Kurzurlaub an der niederländischen Küste – die Familie legt viele Wege mit ihren beiden Elektroautos zurück. Der große Luxus der Familie ist die Sauna im Keller, die besonders von der 14-jährigen Mara rege genutzt wird und deren Stromverbrauch immer wieder Anlass für Diskussionen am Familientisch ist.

Das Konsummuster der Familie ist in Tabelle 13 dargestellt. Der ÖPV wird unterdurchschnittlich genutzt, auch die Nutzung des Autos liegt leicht unter dem Durchschnitt. Das Haus hat 140 m² Wohnfläche (vier Personen á 35 m²), was leicht unter der durchschnittlichen Wohnfläche im Jahr 2050 liegt. Die Ausstattung mit IKT und der Stromverbrauch, auf Grund der Sauna, sind deutlich überdurchschnittlich. Bei der Ernährung hält sich die Familie an die Refer ernährung.

Tabelle 13: Konsummuster der Familie Yilmaz im Vergleich zum Durchschnitt 2050

Bedürfnisfeld	Konsumgut	Konsum pro Person und Jahr	
		Durchschnitt	Familie Yilmaz
Mobilität	E-Auto [Pkm]	6.731	6.000
	Auto Kraftstoff [Pkm]	0	0
	ÖPV [Pkm]	3.296	1.550
	E-Fahrrad [Pkm]	821	0
	Flug [Pkm]	2.072	0
Wohnen	Wohnfläche konventionell [m ²]	41	35
	Wohnfläche Holzhaus [m ²]	0	0
	Strom [KWh]	1.714	4.000
	Haushaltsgeräte [Index]	100	100
Sonstiges	Baumwolle [kg]	7	7
	Synthetik [kg]	4	4
	IKT [Index]	100	150
	Haustiere [Index]	0,47	1
	Sonstiges [Index Restgröße CO ₂]	100	100
Ernährung	Ernährungstyp	Referenz	Referenz
	Lebensmittelabfälle	Halbierung	Halbierung

Quelle: eigene Erarbeitung ifeu

Durch den Konsum der repräsentativen Güter entstehen Umweltwirkungen, die hinsichtlich CO₂ und biogeochemischer Flüsse Phosphor und Stickstoff unter dem Durchschnitt, beim Waldverlust und beim Süßwasser aber leicht über dem Durchschnitt liegen (siehe Tabelle 14).

Tabelle 14: Familie Yilmaz –Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050

Dimension	Umweltwirkung	Familie Yilmaz	Durchschnitt	Budget
Klimawandel	CO ₂ [kg]	141,7	144*	150
Landnutzung	Waldverlust [m ²]	0,16	0,11	10
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [g]	0,64	1,09	183
	Stickstoff [g]	1.829	2.338	1.828
Süßwasser	Süßwasser [m ³]	99	92	222

Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; *Für den Flug wurden nur CO₂-Effekte berücksichtigt

Tabelle 15 zeigt die Umweltwirkungen detailliert nach Gütern.

Tabelle 15: Familie Yilmaz – Umweltwirkungen des Konsums (ohne Ernährung) nach Gütern im Jahr 2050

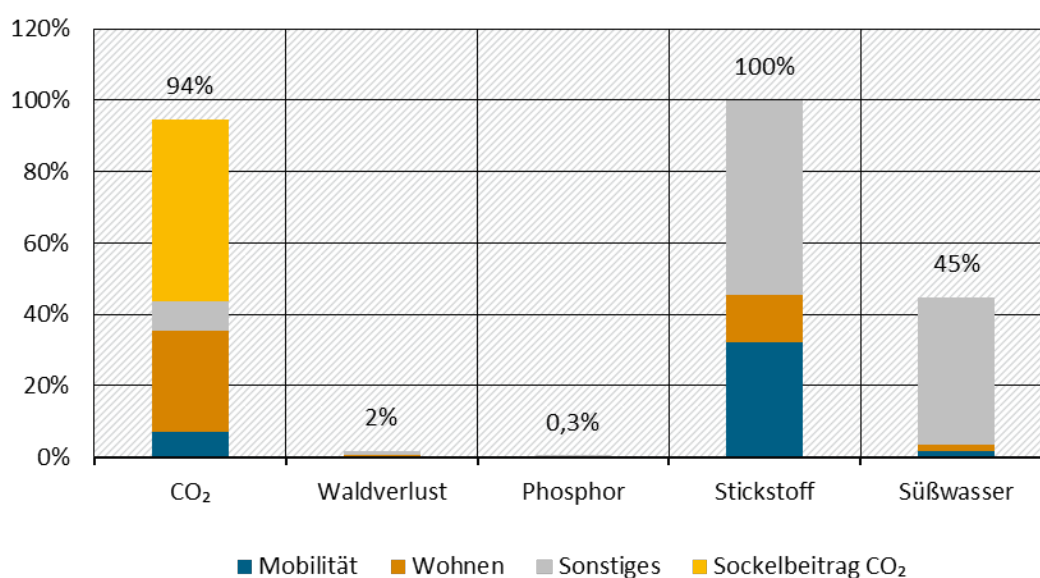
Bedürfnisfeld	Konsumgut	CO ₂ [kg]	Waldverlust [m ²]	Phosphor [g]	Stickstoff [g]	Süßwasser [m ³]
Mobilität	E-Auto	9,7	0,0	0,2	187,7	3,2
	Auto Kraftstoff	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ÖPV	0,8	0,0	0,0	398,0	0,3
	E-Fahrrad	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Flug inkl. anderer Effekte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Wohnen	Wohnfläche konventionell	39,3	0,02	0,06	169,4	3,4
	Wohnfläche Holzhaus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Strom	2,8	0,0	0,1	65,4	0,6
	Haushaltsgeräte	0,3	0,0	0,0	12,2	0,2
Sonstiges	Baumwolle	1,8	0,0	0,0	224,1	74,5
	Synthetik	0,3	0,0	0,0	6,5	0,2
	IKT	1,9	0,0	0,2	135,7	3,0
	Haustiere	8,9	0,1	0,1	630,3	13,9

Bedürfnisfeld	Konsumgut	CO ₂ [kg]	Waldverlust [m ²]	Phosphor [g]	Stickstoff [g]	Süßwasser [m ³]
	Sockelbeitrag CO ₂	76,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Summe		141,7	0,2	0,6	1.829,2	99,3
Budget		150	10	183	1.828	222

Quelle: Eigene Berechnungen ifeu

Im Gegensatz zum/zur durchschnittlichen Konsument*in werden ohne Ernährung alle Grenzen eingehalten.

Abbildung 29: Familie Yilmaz – Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) relativ zu den planetaren Grenzen



Quelle: eigene Berechnungen ifeu

Im Konsumfeld Ernährung orientiert sich die Familie an der Referenzernährung und entspricht somit dem Konsum des/der Durchschnittsbürger*in.

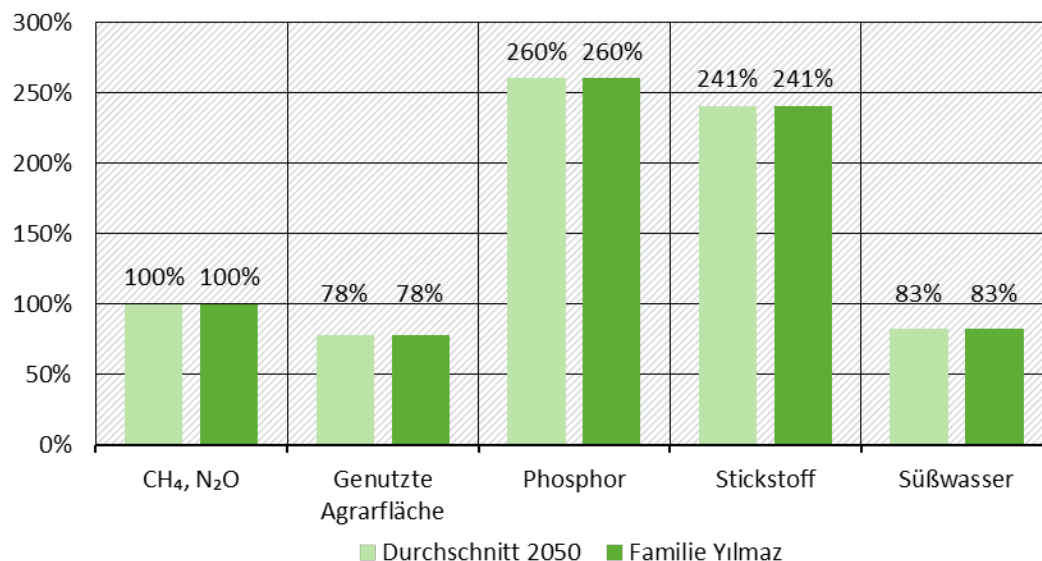
Tabelle 16: Familie Yilmaz – Umweltwirkungen pro Person im Bedürfnisfeld Ernährung im Jahr 2050

Dimension	Umweltwirkung	Durchschnitt	Familie Yilmaz	Budget
Klimawandel	CH ₄ , N ₂ O [kg CO ₂ -Äq.]	435	435	435
Landnutzung	Genutzte Agrarfläche [m ²]	1.197	1.197	1.533
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [g]	1.426	1.426	548
	Stickstoff [g]	13.203	13.203	5.484
Süßwasser	Süßwasser [m ³]	207	207	250

Quelle: eigene Berechnungen basierend auf Willett et al. (2019)

Relativ zu den planetaren Grenzen bedeutet dies eine Überschreitung der Grenzen für Phosphor und Stickstoff. Die anderen Grenzen werden nicht überschritten.

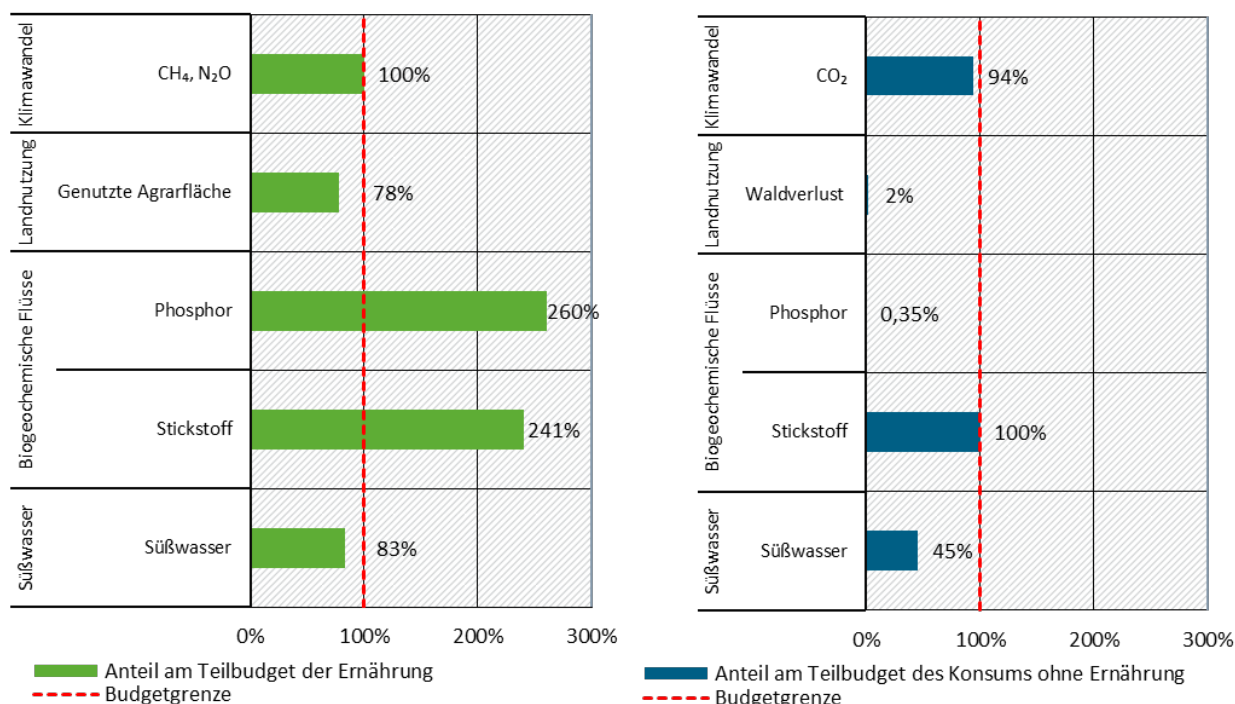
Abbildung 30: Familie Yilmaz – Umweltwirkungen der Ernährung pro Person relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich mit dem Durchschnitt im Jahr 2050



Quelle: eigene Berechnungen basierend auf Willett et al. (2019)

Abbildung 31 zeigt die Umweltwirkungen der Familie Yilmaz für beide getrennten Budgets (Konsum der repräsentativen Güter ohne Ernährung und nur die Ernährung) im Jahr 2050.

Abbildung 31: Familie Yilmaz – Umweltwirkungen des Konsumfeldes Ernährung (links) und des Konsums ohne Ernährung (rechts) relativ zu den planetaren Grenzen/ Budget im Jahr 2050



Quelle: Eigene Berechnungen, die Umweltwirkungen der Ernährung basieren auf Ergebnissen aus Willett et al. (2019); Anmerkung: Die Abbildungen zeigen auf Grund des unterschiedlichen methodischen Vorgehens Anteile an getrennten Budgets für die jeweiligen planetaren Grenzen/Umweltwirkungen (siehe Kapitel 3.3.) die sich auf den „Ernährungsbereich“ (nach Willett et al. (2019)) und den „Konsum ohne Ernährung“ beziehen.

3.7.3.2 Ehepaar Schmitt

Hilda und Tarik Schmitt sind stolz darauf, dieses Jahr ihre goldene Hochzeit zu feiern. Geheiratet haben sie im Jahr 2000. Seit sie in Rente leben, haben sie endlich Zeit für regelmäßige Ausflüge in die nahegelegenen Berge mit dem Auto, wo sie ausgedehnte Spaziergänge mit ihren beiden Hunden unternehmen. Sie wohnen gemeinsam in dem Holzhaus, in dem sie auch ihre beiden, inzwischen erwachsenen, Kinder großgezogen haben. Ihr Haushalt ist daher sehr gut ausgestattet. Um Kontakt mit ihren Kindern und Enkeln halten zu können, besitzen beide Notebooks und Smartphones. Auch Fernseher gibt es zwei Stück im Haushalt, damit es kein Streit bei der Programmauswahl gibt.

Das Konsummuster des Ehepaars Schmitt ist in Tabelle 17 dargestellt. Obwohl es die beiden öfter in die Natur zieht, legen sie mit ihrem E-Auto, welches sie von ihren Kindern zur goldenen Hochzeit erhalten haben, unterdurchschnittlich viele Wege zurück. Dafür entsprechen die Wege, die sie mit ihren bequemen E-Fahrrädern für alltägliche Erledigungen zurücklegen, etwa dem Durchschnitt im Jahr 2050. Zwar fliegen beide nur selten, aber um sich längere und mittlerweile schon etwas beschwerlichere Fernreisen zu ermöglichen, greifen sie auf das Reisen mit dem Flugzeug zurück. Dabei nutzen sie für ihre Anreise meist den Zug und für die Rückreise das Flugzeug. Vor rund 10 Jahren sind sie von ihrem Urlaub auf der Insel Gotland in Schweden zurück nach Berlin geflogen. Auch dieses Jahr wollen sie eine ähnliche Reise, anlässlich ihres Hochzeitjubiläums, antreten.

Das gemeinsame Holzhaus hat eine Wohnfläche von 150 m² (à 75 m² pro Person) und liegt damit deutlich über dem Durchschnitt von 41 m² pro Person für konventionelle Wohnflächen. Auf Grund der Größe hat das Eigenheim einen relativ hohen Wärmebedarf, der über Strom gedeckt wird. Zudem führt auch die regelmäßige Nutzung der vielen Haushalts- und IKT-Geräte zu einem um 46 % höheren Stromverbrauch im Vergleich zum Durchschnitt. Das Ehepaar ernährt sich aus gesundheitlichen Gründen seit einigen Jahren vegetarisch, allerdings erhalten ihre Haustiere (zwei Hunde und zwei Katzen) ein Futter mit hohem Fleischanteil.

Tabelle 17: Konsummuster des Ehepaars Schmitt im Vergleich zum Durchschnitt 2050

Bedürfnisfeld	Konsumgut	Konsum pro Person und Jahr	
		Durchschnitt	Ehepaar Schmitt
Mobilität	E-Auto [Pkm]	6.731	5.000
	Auto Kraftstoff [Pkm]	0	0
	ÖPV [Pkm]	3.296	400
	E-Fahrrad [Pkm]	821	800
	Flug [Pkm]	2.072	65
Wohnen	Wohnfläche konventionell [m ²]	41	0
	Wohnfläche Holzhaus [m ²]	0	75

Bedürfnisfeld	Konsumgut	Konsum pro Person und Jahr	
		Durchschnitt	Ehepaar Schmitt
	Strom [KWh]	1.714	2.500
	Haushaltsgeräte [Index]	100	120
Sonstiges	Baumwolle [kg]	7	5
	Synthetik [kg]	4	6
	IKT [Index]	100	150
	Haustiere [Index]	0,47	1,1
	Sonstiges [Index Restgröße CO ₂]	100	100
Ernährung	Ernährungstyp	Referenz	Vegetarisch
	Lebensmittelabfälle	Halbierung	Halbierung

Quelle: Eigene Erarbeitung ifeu

Durch den Konsum der repräsentativen Güter des Ehepaars entstehen Umweltwirkungen, die beim Waldverlust und beim Phosphor über dem Durchschnitt im Jahr 2050 liegen. Beim CO₂ liegt das Ehepaar unter dem Durchschnitt (s. Tabelle 18).

Tabelle 18: Ehepaar Schmitt –Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050

Dimension	Umweltwirkung	Ehepaar Schmitt	Durchschnitt	Budget
Klimawandel	CO ₂ [kg]	134,5**	144*	150
Landnutzung	Waldverlust [m ²]	0,21	0,11	10
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [g]	1,3	1,09	183
	Stickstoff [g]	1.627	2.338	1.828
Süßwasser	Süßwasser [m ³]	79	92	222

Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; *Für den Flug wurden nur CO₂-Effekte berücksichtigt; ** werden Nicht-CO₂-Effekte berücksichtigt, liegen die Umweltwirkungen bei 148 kg CO₂.

Tabelle 19 zeigt die Umweltwirkungen detailliert nach Gütern.

Tabelle 19: Ehepaar Schmitt – Umweltwirkungen des Konsums (ohne Ernährung) nach Gütern im Jahr 2050

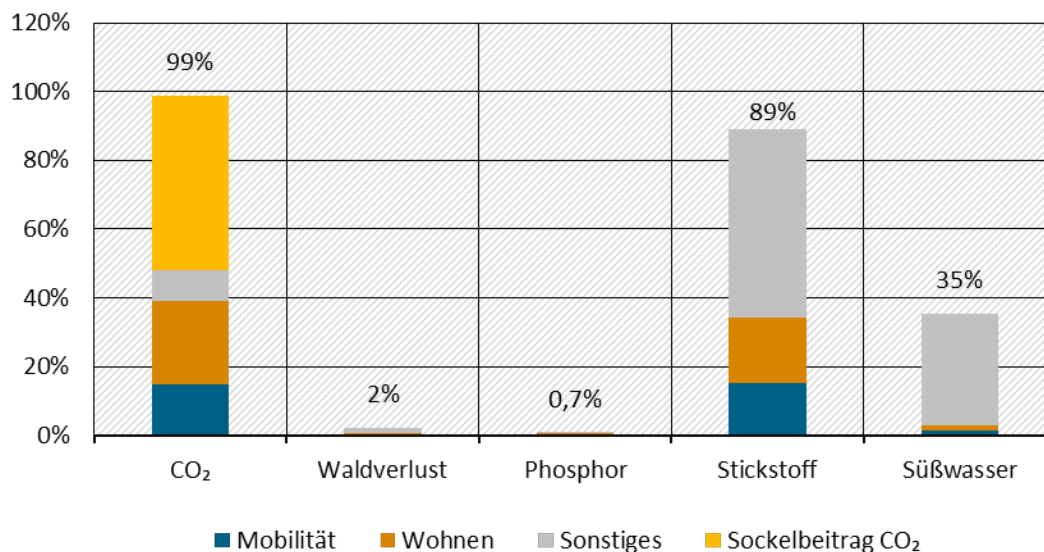
Bedürfnisfeld	Konsumgut	CO ₂ [kg]	Waldverlust [m ²]	Phosphor [g]	Stickstoff [g]	Süßwasser [m ³]
Mobilität	E-Auto	8,1	0,0	0,1	156,4	2,7
	Auto Kraftstoff	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Bedürfnisfeld	Konsumgut	CO ₂ [kg]	Waldverlust [m ²]	Phosphor [g]	Stickstoff [g]	Süßwasser [m ³]
	ÖPV	0,2	0,0	0,0	102,7	0,1
	E-Fahrrad	0,2	0,0	0,6	5,3	0,1
	Flug (inkl. anderer Effekte)	13,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Wohnen	Wohnfläche konventionell	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Wohnfläche Holzhaus	34,5	0,1	0,2	295,1	3,4
	Strom	1,7	0,0	0,0	40,9	0,4
	Haushaltsgeräte	0,4	0,0	0,0	14,6	0,2
Sonstiges	Baumwolle	1,3	0,0	0,0	160,0	53,2
	Synthetik	0,4	0,0	0,0	9,8	0,3
	IKT	1,9	0,0	0,2	135,7	3,0
	Haustiere	9,8	0,1	0,1	693,3	15,3
	Sockelbeitrag CO ₂	76	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Summe		148,2	0,2	1,3	1.627	79
Budget		150	10	183	1.828	222

Quelle: Eigene Berechnungen ifeu

Durch den Konsum der Güter des Ehepaars werden alle Grenzen eingehalten.

Abbildung 32: Ehepaar Schmitt – Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) relativ zu den planetaren Grenzen



Quelle: eigene Berechnungen ifeu; Im Konsumfeld Mobilität wurden die Nicht-CO₂-Effekte des Flugs berücksichtigt.

Die Ernährungsweise des Ehepaars Schmitt führt zu durchschnittlichen bis leicht unterdurchschnittlichen Umweltwirkungen. Bei Phosphor liegen diese um 3,8 % und bei Stickstoff um 3 % unter dem Durchschnitt im Jahr 2050.

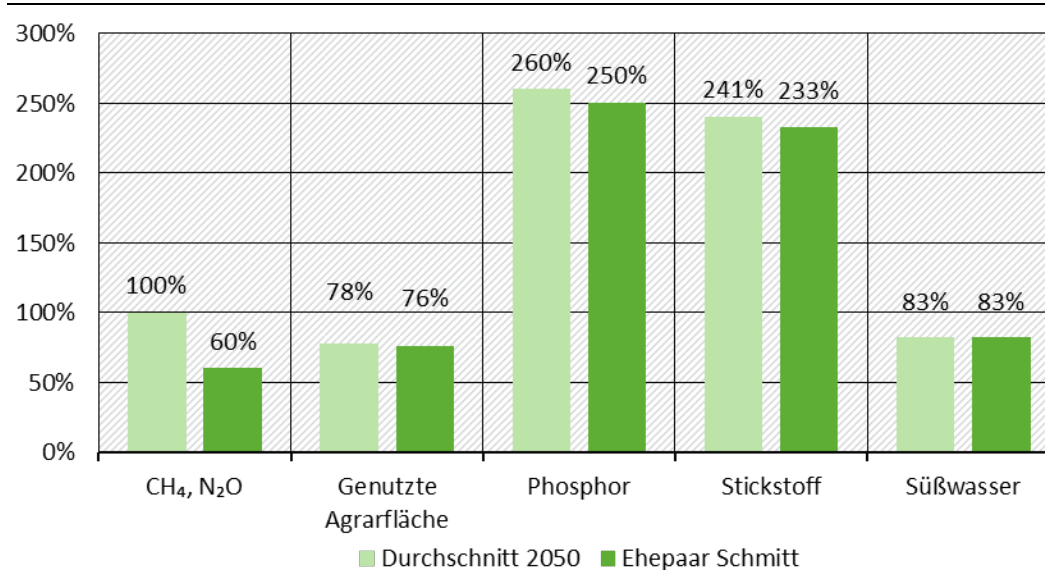
Tabelle 20: Ehepaar Schmitt – planetare Grenzen-relevante Umweltwirkungen pro Person im Bedürfnisfeld Ernährung im Jahr 2050

Dimension	Umweltwirkung	Durchschnitt	Ehepaar Schmitt	Budget
Klimawandel	CH ₄ , N ₂ O [kg CO ₂ -Äq.]	435	261	435
Landnutzung	Genutzte Agrarfläche [m ²]	1.197	1.165	1.533
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [g]	1.426	1.372	548
	Stickstoff [g]	13.203	12.801	5.484
Süßwasser	Süßwasser [m ³]	207	207	250

Quelle: eigene Berechnungen basierend auf Willett et al. (2019)

Relativ zu den planetaren Grenzen kommt es zur Überschreitung der Grenzen Phosphor und Stickstoff. Durch die vegetarische Ernährung des Ehepaars wird die Grenze für Klimawandel deutlich unterschritten. Für die Grenzen Landnutzung und Süßwasser entsprechen die Umweltwirkungen des Ehepaars in etwa dem Durchschnitt.

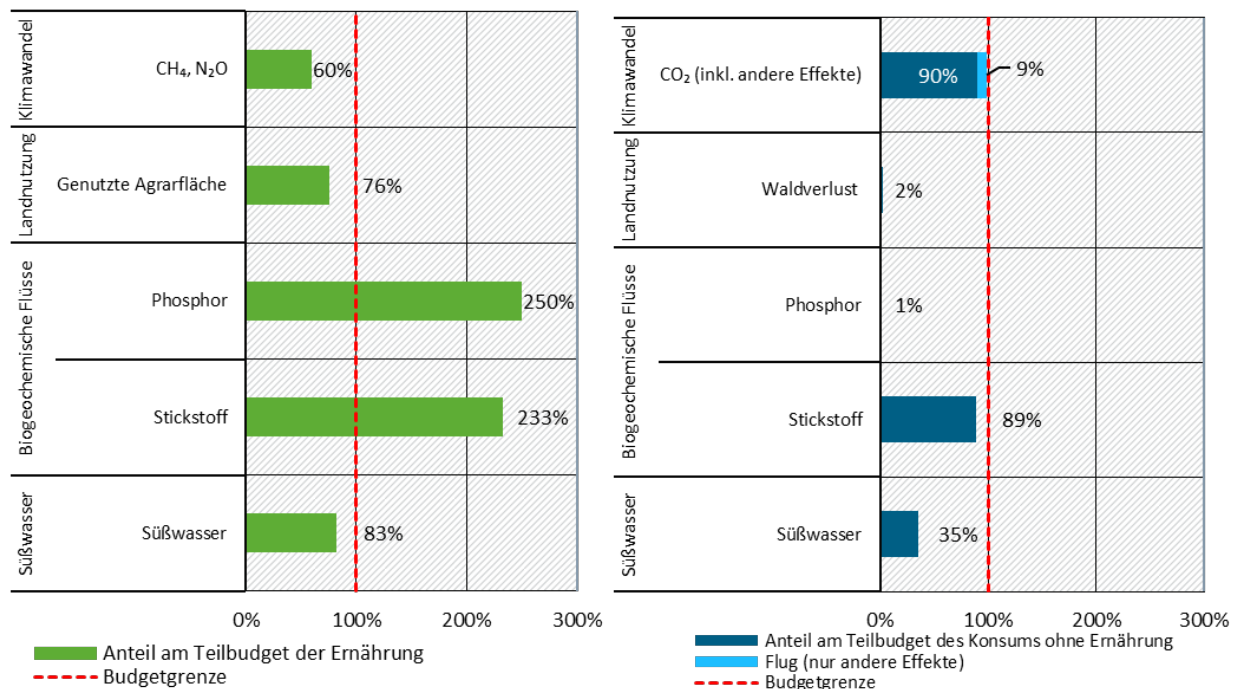
Abbildung 33: Ehepaar Schmitt – Umweltwirkungen der Ernährung relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich mit dem Durchschnitt im Jahr 2050



Quelle: eigene Berechnungen basierend auf Willett et al. (2019)

Abbildung 34 zeigt die Umweltwirkungen des Ehepaars Schmitt für beide getrennten Budgets (Konsum der repräsentativen Güter ohne Ernährung und nur die Ernährung) im Jahr 2050.

Abbildung 34: Ehepaar Schmitt - Umweltwirkungen des Konsumfeldes Ernährung (links) und des Konsums ohne Ernährung (rechts) relativ zu den planetaren Grenzen/ Budget im Jahr 2050



Quelle: eigene Berechnungen; Umweltwirkungen der Ernährung basierend auf Willett et al. (2019); Anmerkung: Die Abbildungen zeigen auf Grund des unterschiedlichen methodischen Vorgehens Anteile an getrennten Budgets für die jeweiligen planetaren Grenzen/Umweltwirkungen (siehe Kapitel 3.3.), die sich auf den „Ernährungsbereich“ (nach Willett et al. (2019)) und den „Konsum ohne Ernährung“ beziehen.

3.7.3.3 Chris Bassey

Chris Bassey lebt in einer Großstadt in einer großzügigen Singlewohnung. Sein Stromverbrauch ist niedrig, da er beruflich viel mit seinem Auto, das mit erneuerbarem Kraftstoff fährt, unterwegs ist. Als Politiker verbringt er viel Zeit in Ausschusssitzungen und auf Empfängen. Dabei ist er sehr froh darüber, dass an den Buffets inzwischen mit großer Selbstverständlichkeit vegane Optionen angeboten werden, da er sich ausschließlich vegan ernährt. Er ist sich allerdings auch bewusst, dass beim Catering weiterhin große Mengen an Lebensmitteln weggeworfen werden und er damit überdurchschnittlich viele Abfälle verursacht. Elegante Kleidung ist ihm wichtig. Beim Kauf achtet er auf hohe Qualität und orientiert sich an den Trends aus aktuellen Modezeitschriften.

Chris Bassey nutzt sein Auto weniger als der/die Durchschnittsbürger*in im Jahr 2050. Er bevorzugt meist die Bahn, die er als mobiles Büro nutzt. Damit sind seine Wege mit dem ÖPV überdurchschnittlich hoch. Wie in Tabelle 21 dargestellt, ist Chris Basseys Konsummuster außerdem durch den Kauf und Besitz von vielen Kleidungsstücken und tragbaren, technischen Geräten geprägt. Im Jahr beläuft sich sein Kleiderkauf auf 1 kg Baumwolle mehr und 2,5-mal so viel synthetische Stoffe wie im Durchschnitt im Jahr 2050. In puncto Stromverbrauch liegt Chris Bassey unter dem Durchschnitt, vor allem, da er selten zu Hause ist.

Tabelle 21: Konsummuster von Chris Bassey im Vergleich zum Durchschnitt 2050

Bedürfnisfeld	Konsumgut	Konsum pro Person und Jahr	
		Durchschnitt	Chris Bassey
Mobilität	E-Auto [Pkm]	6.731	0
	Auto Kraftstoff [Pkm]	0	3.300
	ÖPV [Pkm]	3.296	3.550
	E-Fahrrad [Pkm]	821	0
	Flug [Pkm]	2.072	0
Wohnen	Wohnfläche konventionell [m²]	41	50
	Wohnfläche Holzhaus [m²]	0	0
	Strom [KWh]	1.714	1.100
	Haushaltsgeräte [Index]	100	80
Sonstiges	Baumwolle [kg]	7	8
	Synthetik [kg]	4	10
	IKT [Index]	100	200
	Haustiere [Index]	0,47	0
	Sonstiges [Index Restgröße CO ₂]	100	100
Ernährung	Ernährungstyp	Referenz	Vegan
	Lebensmittelabfälle	Halbierung	keine Änderung

Quelle: Eigene Erarbeitung ifeu

Durch den Konsum der repräsentativen Güter entstehen Umweltwirkungen, die beim CO₂ und beim Süßwasser über dem Durchschnitt im Jahr 2050 liegen (s. Tabelle 22).

Tabelle 22: Chris Bassey – planetare Grenzen-relevante Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050

Dimension	Umweltwirkung	Chris Bassey	Durchschnitt	Budget
Klimawandel	CO ₂ [kg]	145	144*	150
Landnutzung	Waldverlust [m²]	0,05	0,11	10
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [g]	0,46	1,09	183
	Stickstoff [g]	1.825	2.338	1.828
Süßwasser	Süßwasser [m³]	98	92	222

Quelle: eigene Berechnungen ifeu; *Für den Flug wurden nur CO₂-Effekte berücksichtigt

Tabelle 23 zeigt die Umweltwirkungen detailliert nach Gütern.

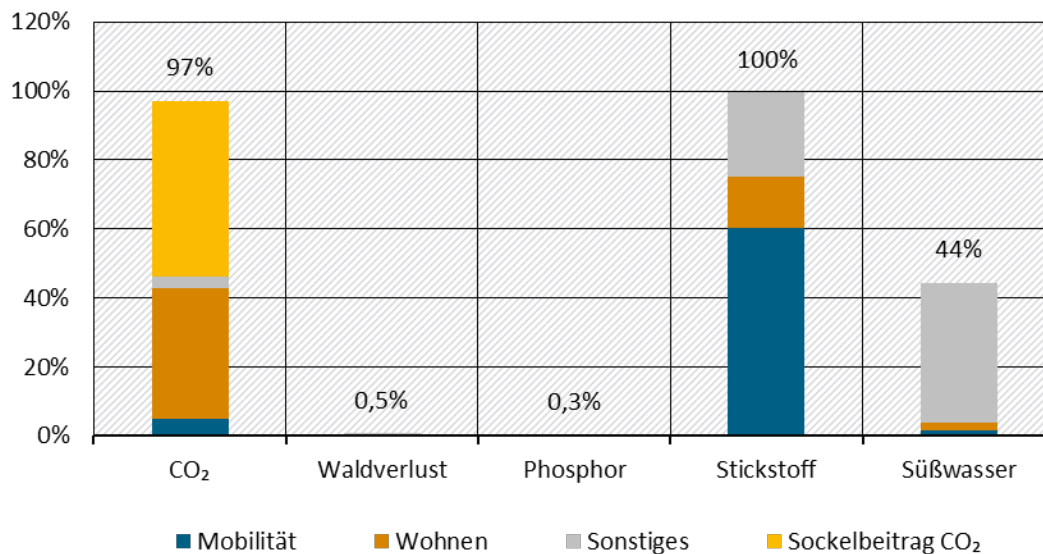
Tabelle 23: Chris Bassey – Umweltwirkungen des Konsums (ohne Ernährung) nach Gütern im Jahr 2050

Bedürfnisfeld	Konsumgut	CO ₂ [kg]	Waldverlust [m ²]	Phosphor [g]	Stickstoff [g]	Süßwasser [m ³]
Mobilität	E-Auto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Auto Kraftstoff	5,4	0,0	0,1	190,5	2,9
	ÖPV	1,8	0,0	0,0	911,5	0,7
	E-Fahrrad	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Wohnen	Flug inkl. anderer Effekte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Wohnfläche konventionell	56,1	0,0	0,1	242,0	4,8
	Wohnfläche Holzhaus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Strom	0,8	0,0	0,0	18,0	0,2
	Haushaltsgeräte	0,2	0,0	0,0	9,7	0,1
Sonstiges	Baumwolle	2,0	0,0	0,0	256,1	85,1
	Synthetik	0,7	0,0	0,0	16,3	0,4
	IKT	2,5	0,0	0,2	180,9	4,0
	Haustiere	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Sockelbeitrag CO ₂	76,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Summe		145,5	0,05	0,5	1.825,0	98,3
Budget		150	10	183	1.828	222

Quelle: eigene Zusammenstellung ifeu

Obwohl Chris Bassey einen relativ großen Wohnbereich hat, recht mobil ist und doppelt so viele IKT-Geräte besitzt wie der Durchschnitt, werden die planetaren Grenzen eingehalten.

Abbildung 35: Chris Bassey – Umweltwirkungen des Konsums (ohne Ernährung) relativ zu den planetaren Grenzen



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu

Im Konsumfeld Ernährung ergeben sich leicht überdurchschnittliche Umweltwirkungen. Das Gleichbleiben der Lebensmittelabfälle auf heutigem Niveau reicht aus, um die Grenze für Phosphor und Stickstoff deutlicher zu überschreiten als der Durchschnitt. Bei der Landnutzung, bei Phosphor und bei Stickstoff liegt die Erhöhung bei 11,8 %, 9,9 % bzw. 10 % im Vergleich zum Durchschnitt. Für Süßwasser stellt sich eine Erhöhung von rund 21 % verglichen mit dem durchschnittlichen Konsum im Jahr 2050 heraus. Die resultierenden Umweltwirkungen der heutigen Lebensmittelverschwendung werden dabei verdeutlicht. Bei den Treibhausgasen liegen die Umweltwirkungen unter dem Durchschnitt.

Tabelle 24: Umweltwirkungen pro Person im Bedürfnisfeld Ernährung von Chris Bassey im Jahr 2050

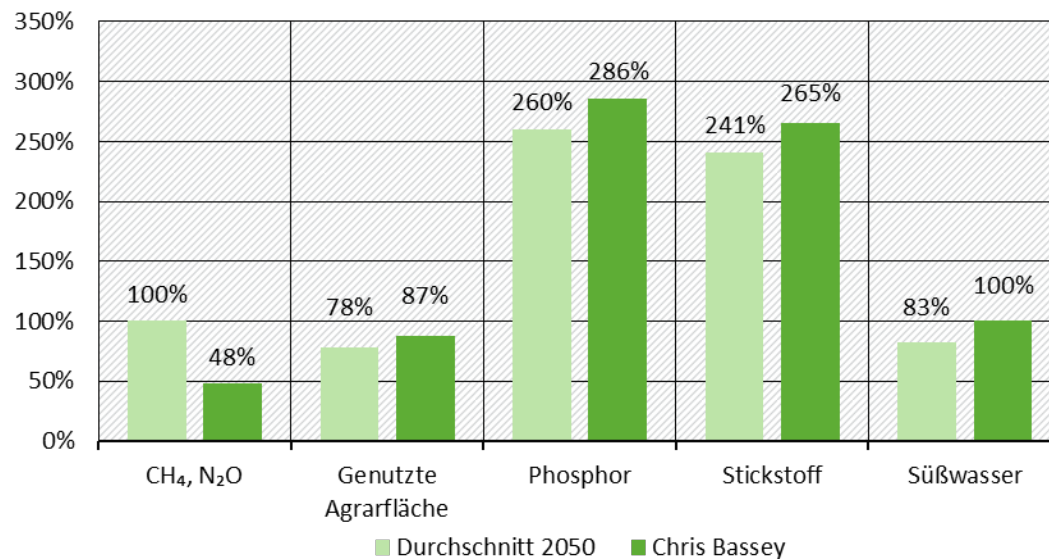
Dimension	Umweltwirkung	Durchschnitt	Chris Bassey	Budget
Klimawandel	CH ₄ , N ₂ O [kg CO ₂ -Äq.]	435	207	435
Landnutzung	Genutzte Agrarfläche [m ²]	1.197	1.339	1.533
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [g]	1.426	1.567	548
	Stickstoff [g]	13.203	14.531	5.484
Süßwasser	Süßwasser [m ³]	207	250	250

Quelle: Eigene Erarbeitung ifeu

Relativ zu den planetaren Grenzen kommt es zur deutlichen Überschreitung der Grenzen Phosphor und Stickstoff (s. Abbildung 36). Diese Überschreitungen liegen zudem deutlich über dem Durchschnitt. Für Süßwasser wird die Grenze zwar eingehalten, es gibt allerdings einen Mehrbedarf, der auf die höheren Lebensmittelabfälle zurückzuführen ist. Auch die hohen Stickstoff- und Phosphorflüsse hängen mit den hohen Lebensmittelabfällen zusammen, wie sie etwa bei Buffets anfallen. Die biogeochemischen Flüsse entstehen im Rahmen der

landwirtschaftlichen Ernte, die oft über weite Strecken transportiert wird (indirekte Belastung); Stickstoff und Phosphor verursachen zudem direkte Nährstoffbelastungen auf Grund der Lebensmittelabfälle, (unbehandelter) Fäkalien oder teilweise nachgeschalteter Verschmutzung nach der kommunalen Abwasserbehandlung Willett et al. (2019).

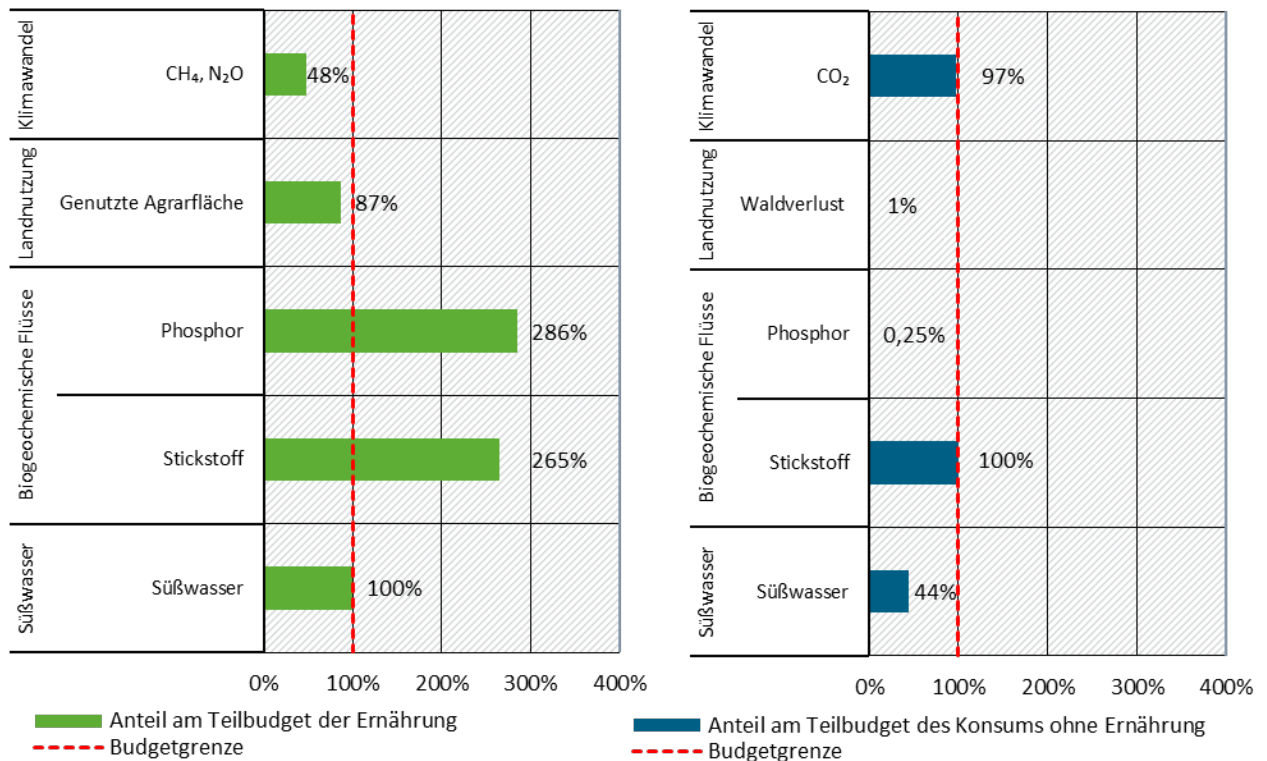
Abbildung 36: Chris Bassey – Umweltwirkungen der Ernährung relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich mit dem Durchschnitt im Jahr 2050



Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Willett et al. (2019)

Abbildung 37 zeigt noch einmal die Umweltwirkungen von Chris Bassey für beide getrennte Budgets (Konsum der repräsentativen Güter ohne Ernährung und nur die Ernährung) im Jahr 2050.

Abbildung 37: Chris Bassey - Umweltwirkungen des Konsumfeldes Ernährung (links) und des Konsums ohne Ernährung (rechts) relativ zu den planetaren Grenzen/ Budget im Jahr 2050



Quelle: Eigene Berechnungen; Umweltwirkungen der Ernährung basierend auf Willett et al. (2019); Anmerkung: Die Abbildungen zeigen auf Grund des unterschiedlichen methodischen Vorgehens Anteile an getrennten Budgets für die jeweiligen planetaren Grenzen/Umweltwirkungen (siehe Kapitel 3.3.) die sich auf den „Ernährungsbereich“ (nach Willett et al. (2019)) und den „Konsum ohne Ernährung“ beziehen.

3.7.3.4 Familie Kaulatz

Bei Familie Kaulatz ist der Alltag mit vier Kindern ziemlich trubelig. Die 180 Quadratmeter große Wohnung ist zum Glück sehr gut geschnitten, so dass jedes Familienmitglied seinen Rückzugsraum hat. Die Wege zur Kita und zur Schule werden mit dem Fahrrad zurückgelegt. Dafür gibt es auch ein sehr großes E-Lastenrad, in dem drei der vier Kinder Platz finden. Der Weg in den Urlaub wird mit dem Zug zurückgelegt – das Gepäck kann zum Glück im Vorhinein an den Urlaubsort geschickt werden. Die drei Katzen sind ein Zugeständnis an die beiden ältesten Töchter Polina und Rebecca. Bei der Kleidung macht die Familie keine Abstriche – ihnen ist wichtig, dass die Kleidung den modischen Trends entspricht.

Die Familie ist sehr mobil und nutzt das gut ausgebaute, öffentliche Nahverkehrsnetz und die Fernzüge für ihren alljährlichen Italien-Urlaub. Dadurch werden pro Person und Jahr mehr Kilometer zurückgelegt, als der Durchschnittsbürger im Jahr 2050 zurücklegt. Die sechsköpfige Familie teilt sich die Wohnfläche, wodurch effektiv pro Person 30 m² zur Verfügung stehen, was deutlich unter dem Durchschnitt von 41 m² liegt. Leicht überdurchschnittlich sind die Konsummengen von Baumwolle und Synthetikstoffen. Auch die Ausstattung mit Haushaltsgeräten und der Stromverbrauch fallen überdurchschnittlich aus. Bei der Ernährung hält sich die Familie an die Referernzernährung.

Tabelle 25: Konsummuster der Familie Kaulatz im Vergleich zum Durchschnitt 2050

Bedürfnisfeld	Konsumgut	Konsum pro Person und Jahr	
		Durchschnitt	Familie Kaulatz
Mobilität	E-Auto [Pkm]	6.731	0
	Auto Kraftstoff [Pkm]	0	0
	ÖPV [Pkm]	3.296	6.000
	E-Fahrrad [Pkm]	821	1.200
	Flug [Pkm]	2.072	0
Wohnen	Wohnfläche konventionell [m ²]	41	30
	Wohnfläche Holzhaus [m ²]	0	0
	Strom [KWh]	1.714	2.300
	Haushaltsgeräte [Index]	100	110
Sonstiges	Baumwolle [kg]	7	10
	Synthetik [kg]	4	8
	IKT [Index]	100	120
	Haustiere [Index]	0,47	0,05
	Sonstiges [Index Restgröße CO ₂]	100	100
Ernährung	Ernährungstyp	Referenz	Referenz
	Lebensmittelabfälle	Halbierung	Halbierung

Quelle: eigene Berechnungen, ifeu

Durch den Konsum der repräsentativen Güter der Familie entstehen Umweltwirkungen, die bei Süßwasser über dem Durchschnitt liegen. Alle anderen Umweltwirkungen liegen unter dem Durchschnitt (s. Tabelle 26).

Tabelle 26: Familie Kaulatz – Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) pro Person und Jahr im Jahr 2050

Dimension	Umweltwirkung	Familie Kaulatz	Durchschnitt	Budget
Klimawandel	CO ₂ [kg]	120	144*	150
Landnutzung	Waldverlust [m ²]	0,04	0,11	10
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [g]	1,1	1,09	183
	Stickstoff [g]	2.218	2.338	1.828

Dimension	Umweltwirkung	Familie Kaulatz	Durchschnitt	Budget
Süßwasser	Süßwasser [m³]	115	92	222

Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; *Für den Flug wurden nur CO₂-Effekte berücksichtigt

Tabelle 27 zeigt die Umweltwirkungen detailliert nach Gütern.

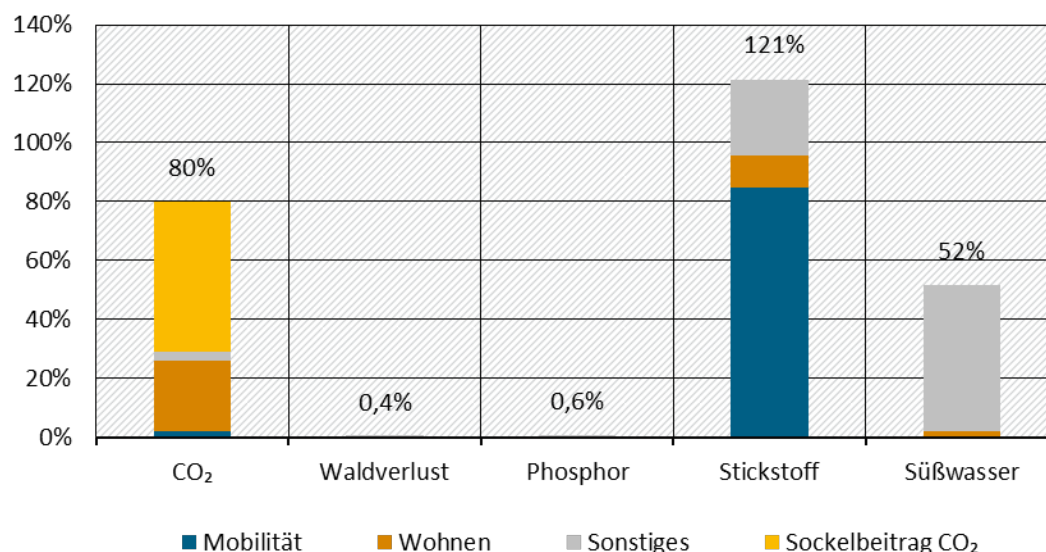
Tabelle 27: Familie Kaulatz – Umweltwirkungen des Konsums (ohne Ernährung) nach Gütern im Jahr 2050

Bedürfnis-feld	Konsumgut	CO ₂ [kg]	Waldverlust [m²]	Phosphor [g]	Stickstoff [g]	Süßwasser [m³]
Mobilität	E-Auto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Auto Kraftstoff	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ÖPV	3,1	0,0	0,0	1.540,6	1,2
	E-Fahrrad	0,2	0,0	0,8	7,9	0,1
	Flug inkl. anderer Effekte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Wohnen	Wohnfläche konventionell	33,7	0,0	0,1	145,2	2,9
	Wohnfläche Holzhaus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Strom	1,6	0,0	0,0	37,6	0,3
	Haushaltsgeräte	0,3	0,0	0,0	13,4	0,2
Sonstiges	Baumwolle	2,5	0,0	0,0	320,1	106,4
	Synthetik	0,5	0,0	0,0	13,1	0,4
	IKT	1,5	0,0	0,1	108,5	2,4
	Haustiere	0,4	0,0	0,0	31,5	0,7
	Sockelbeitrag CO ₂	76,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Summe		119,9	0,0	1,1	2.217,8	114,5
Budget		150	10	183	1.828	222

Quelle: Eigene Berechnungen ifeu

Wie bereits beim/bei der durchschnittlichen Konsument*in wird die Grenze für Stickstoff deutlich überschritten. Die anderen Grenzen werden eingehalten.

Abbildung 38: Familie Kaulatz – Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) relativ zu den planetaren Grenzen



Quelle: eigene Berechnungen ifeu

Im Konsumfeld Ernährung halten sich die Umweltwirkungen der Familie an jene des/der Durchschnittskonsumenten*in im Jahr 2050. Die Umweltwirkungen der Familie liegen daher, mit Ausnahme der biogeochemischen Flüsse, im Rahmen des Budgets.

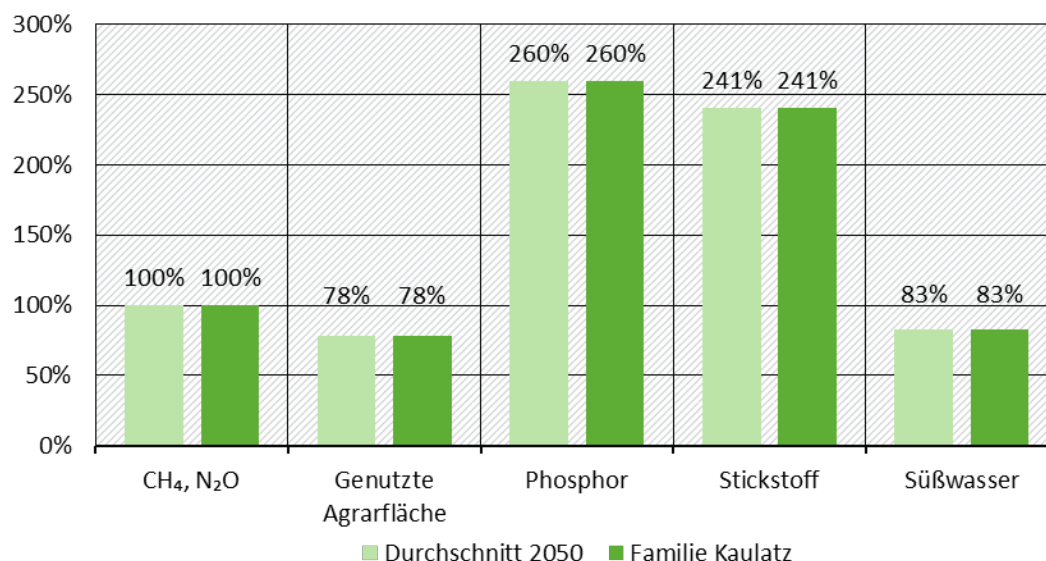
Tabelle 28: Umweltwirkungen pro Person im Bedürfnisfeld Ernährung der Familie Kaulatz im Jahr 2050

Dimension	Umweltwirkung	Durchschnitt	Familie Kaulatz	Budget
Klimawandel	CH ₄ , N ₂ O [kg CO ₂ -Äq.]	435	435	435
Landnutzung	Genutzte Agrarfläche [m ²]	1.197	1.197	1.533
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [g]	1.426	1.426	548
	Stickstoff [g]	13.203	13.203	5.484
Süßwasser	Süßwasser [m ³]	207	207	250

Quelle: eigene Berechnungen basierend auf Willett et al. (2019)

Relativ zu den planetaren Grenzen bedeutet dies für das Ernährungsfeld eine Überschreitung der Grenzen Phosphor und Stickstoff in Analogie zum Durchschnitt. Die anderen Grenzen werden eingehalten.

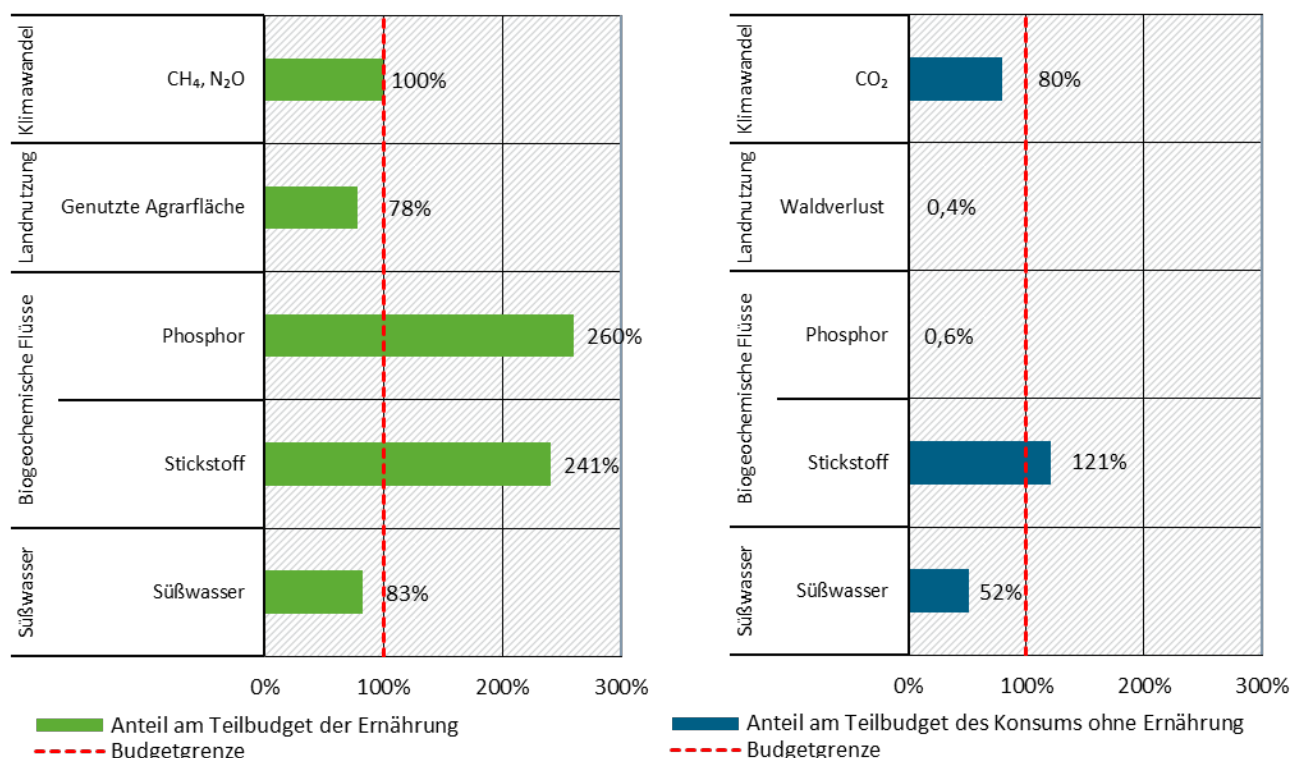
Abbildung 39: Familie Kaulatz – Umweltwirkungen der Ernährung relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich mit dem Durchschnitt im Jahr 2050



Quelle: eigene Berechnungen basierend auf Willett et al. (2019)

Abbildung 40 zeigt noch einmal die Umweltwirkungen der Familie Kaulatz für beide Budgets getrennt (Konsum der repräsentativen Güter ohne Ernährung und nur die Ernährung) im Jahr 2050.

Abbildung 40: Familie Kaulatz - Umweltwirkungen des Konsumfeldes Ernährung (links) und des Konsums ohne Ernährung (rechts) relativ zu den planetaren Grenzen/ Budget im Jahr 2050



Quelle: Eigene Berechnungen; Umweltwirkungen der Ernährung basierend auf Willett et al. (2019); Anmerkung: Die Abbildungen zeigen auf Grund des unterschiedlichen methodischen Vorgehens Anteile an getrennten Budgets für die jeweiligen planetaren Grenzen/Umweltwirkungen (siehe Kapitel 3.3.) die sich auf den „Ernährungsbereich“ (nach Willett et al. (2019)) und den „Konsum ohne Ernährung“ beziehen.

3.7.3.5 Familie Nowak

Claire Nowak und ihr 7-jähriger Sohn Adrien wohnen in einem Haus gemeinsam mit sechs anderen Parteien in der Nähe von Hamburg. Die Hausgemeinschaft hält zusammen – Kleidung und Spielsachen werden selbstverständlich weitergegeben, so dass Adrien auch ohne Neukäufe gut ausgestattet ist. Ein Großteil des knappen Einkommens geht für den Unterhalt des Autos drauf, auf das Claire aufgrund ihres Berufes im Schichtdienst angewiesen ist. Alle 10 Jahre fliegen die beiden nach Korsika für einen längeren Urlaubsaufenthalt. Die Strecke ist mit Zug und Fähre aufgrund Claires knapper Urlaubstage nur schwierig zu bewerkstelligen.

Das Pendeln zur Arbeit zeigt sich in den Autokilometern, die jedoch im Vergleich zum Durchschnitt immer noch deutlich geringer sind, der ÖPV wird indes überdurchschnittlich genutzt. Der nur selten stattfindende Flug schlägt sich in den jährlichen Personenkilometern nieder und stellt ein Konsumgut dar, das auf Grund der Nicht-CO₂-bezogenen Effekte einen deutlichen Einfluss auf die THG-Emissionen hat. Bei den Lebensmitteln legt die Familie großen Wert darauf, möglichst wenig übrig zu lassen oder wegzuerwerfen. Claire kocht oftmals vor oder richtet Lunchpakete für sich und ihren Sohn für die Arbeit und die Schule, denn in der Kantine oder in Großküchen in der Schule und am Arbeitsplatz ist der Lebensmittelverbrauch sehr groß (UBA 2014b). In den übrigen Bedürfnisfeldern liegt die kleine Familie unter dem Durchschnitt.

Tabelle 29: Konsummuster der Familie Nowak im Vergleich zum Durchschnitt 2050

Bedürfnisfeld	Konsumgut	Konsum pro Person und Jahr	
		Durchschnitt	Familie Nowak
Mobilität	E-Auto [Pkm]	6.731	2.500
	Auto Kraftstoff [Pkm]	0	0
	ÖPV [Pkm]	3.296	3.500
	E-Fahrrad [Pkm]	821	0
	Flug [Pkm]	2.072	240
Wohnen	Wohnfläche konventionell [m ²]	41	0
	Wohnfläche Holzhaus [m ²]	0	30
	Strom [KWh]	1.714	2.500
	Haushaltsgeräte [Index]	100	90
Sonstiges	Baumwolle [kg]	7	3
	Synthetik [kg]	4	2
	IKT [Index]	100	80

Bedürfnisfeld	Konsumgut	Konsum pro Person und Jahr	
		Durchschnitt	Familie Nowak
	Haustiere [Index]	0,47	0
	Sonstiges [Index Restgröße CO ₂]	100	100
Ernährung	Ernährungstyp	Referenz	Vegetarisch
	Lebensmittelabfälle	Halbierung	Halbierung

Quelle: Eigene Erarbeitung ifeu

Durch den Konsum der repräsentativen Güter entstehen im Vergleich zum Durchschnitt deutlich geringere Umweltwirkungen (s. Tabelle 30).

Tabelle 30: Familie Nowak – Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) pro Person und Jahr im Jahr 2050

Dimension	Umweltwirkung	Familie Nowak	Durchschnitt	Budget
Klimawandel	CO ₂ [kg]	100**	144*	150
Landnutzung	Waldverlust [m ²]	0,04	0,11	10
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [g]	0,3	1,09	183
	Stickstoff [g]	1.367	2.338	1.828
Süßwasser	Süßwasser [m ³]	38	92	222

Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; *Für den Flug wurden nur CO₂-Effekte berücksichtigt; ** werden Nicht-CO₂-Effekte berücksichtigt liegen die Umweltwirkungen bei 150 kg CO₂

Tabelle 31 zeigt die Umweltwirkungen detailliert nach Gütern.

Tabelle 31: Familie Nowak – Umweltwirkungen des Konsums (ohne Ernährung) nach Gütern im Jahr 2050

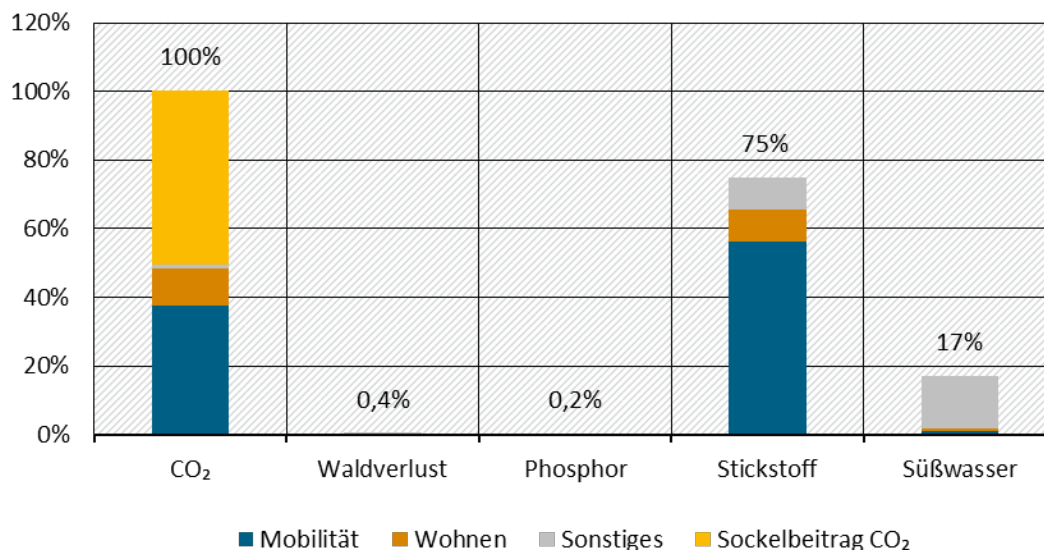
Bedürfnisfeld	Konsumgut	CO ₂ [kg]	Waldverlust [m ²]	Phosphor [g]	Stickstoff [g]	Süßwasser [m ³]
Mobilität	E-Auto	4,1	0,0	0,1	78,2	1,4
	Auto Kraftstoff	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ÖPV	1,8	0,0	0,0	898,7	0,7
	E-Fahrrad	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Flug inkl. anderer Effekte	50,7	0,0	0,0	48,6	0,0
Wohnen	Wohnfläche konventionell	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Bedürfnisfeld	Konsumgut	CO ₂ [kg]	Waldverlust [m ²]	Phosphor [g]	Stickstoff [g]	Süßwasser [m ³]
	Wohnfläche Holzhaus	13,8	0,0	0,1	118,0	1,4
	Strom	1,7	0,0	0,0	40,9	0,4
	Haushaltsgeräte	0,3	0,0	0,0	10,9	0,2
Sonstiges	Baumwolle	0,8	0,0	0,0	96,0	31,9
	Synthetik	0,1	0,0	0,0	3,3	0,1
	IKT	1,0	0,0	0,1	72,4	1,6
	Haustiere	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Sockelbeitrag CO ₂	76,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Summe		150	0,04	0,3	1.367,0	37,6
Budget		150	10	183	1.828	222

Quelle: Eigene Berechnungen ifeu

Die kleine Familie liegt bei allen Umweltwirkungen im Rahmen des Budgets. Bezüglich der Treibhausgase trägt der Flug zu einem Großteil zu den Umweltwirkungen bei. Selbst bei einem geringen Konsum (kleine Wohnfläche, wenig neue Bekleidung, keine Haustiere etc.) ist der Spielraum beim Fliegen sehr gering. Alle 10 Jahre ist für die Familie ein Flug von nur 240 km pro Person möglich, um die Grenze für den Klimawandel einzuhalten. Dies zeigt, dass Fliegen selbst mit treibhausgasneutralem Treibstoff auch im Jahr 2050 ein sehr großes Problem darstellt und innerhalb planetarer Grenzen nur in sehr geringem Umfang möglich ist, was vor allem auf die klimawirksamen Effekte in großer Höhe zurückzuführen ist.

Abbildung 41: Familie Nowak – Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) relativ zu den planetaren Grenzen



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; Im Konsumfeld Mobilität wurden die Nicht-CO₂-Effekte des Flugs berücksichtigt

Die Ernährungsweise und die Halbierung der Lebensmittelabfälle der Familie Nowak führt zu unterdurchschnittlichen und hinsichtlich des Süßwassers zu durchschnittlichen Umweltwirkungen. Bei der Landnutzung liegen diese um 40 %, bei Stickstoff und Phosphor um 3 % bzw. rund 4 % und bei den Treibhausgasen um 40 % unter dem Durchschnitt 2050.

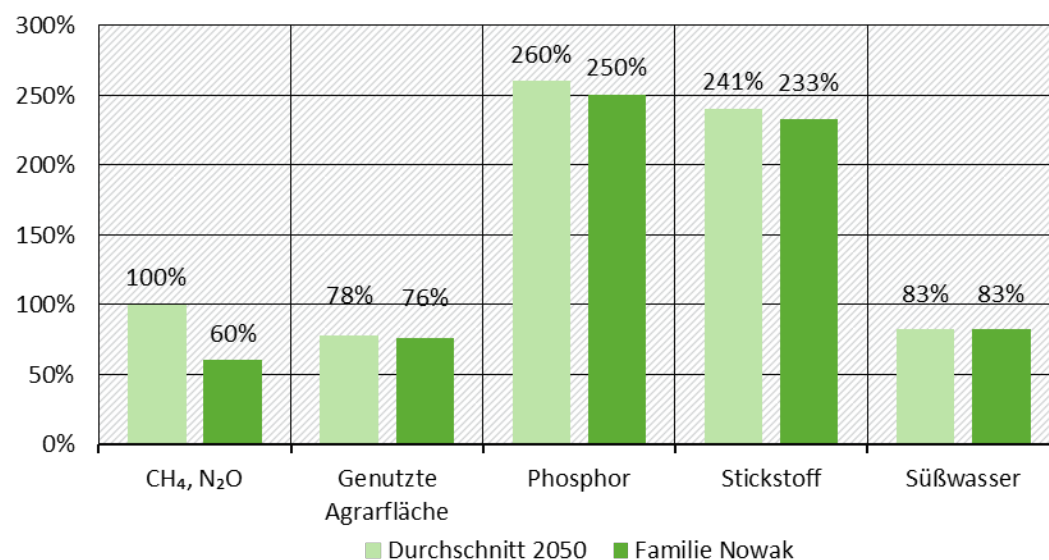
Tabelle 32: Umweltwirkungen pro Person im Bedürfnisfeld Ernährung der Familie Nowak im Jahr 2050

Dimension	Umweltwirkung	Durchschnitt	Familie Nowak	Budget
Klimawandel	CH ₄ , N ₂ O [kg CO ₂ -Äq.]	435	261	435
Landnutzung	Genutzte Agrarfläche [m ²]	1.197	1.165	1.533
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [g]	1.426	1.372	548
	Stickstoff [g]	13.203	12.801	5.484
Süßwasser	Süßwasser [m ³]	207	207	250

Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Willett et al. (2019)

Eine Überschreitung, relativ zu den planetaren Grenzen, ergibt sich für Phosphor und Stickstoff im Konsumfeld Ernährung (siehe Abbildung 42).

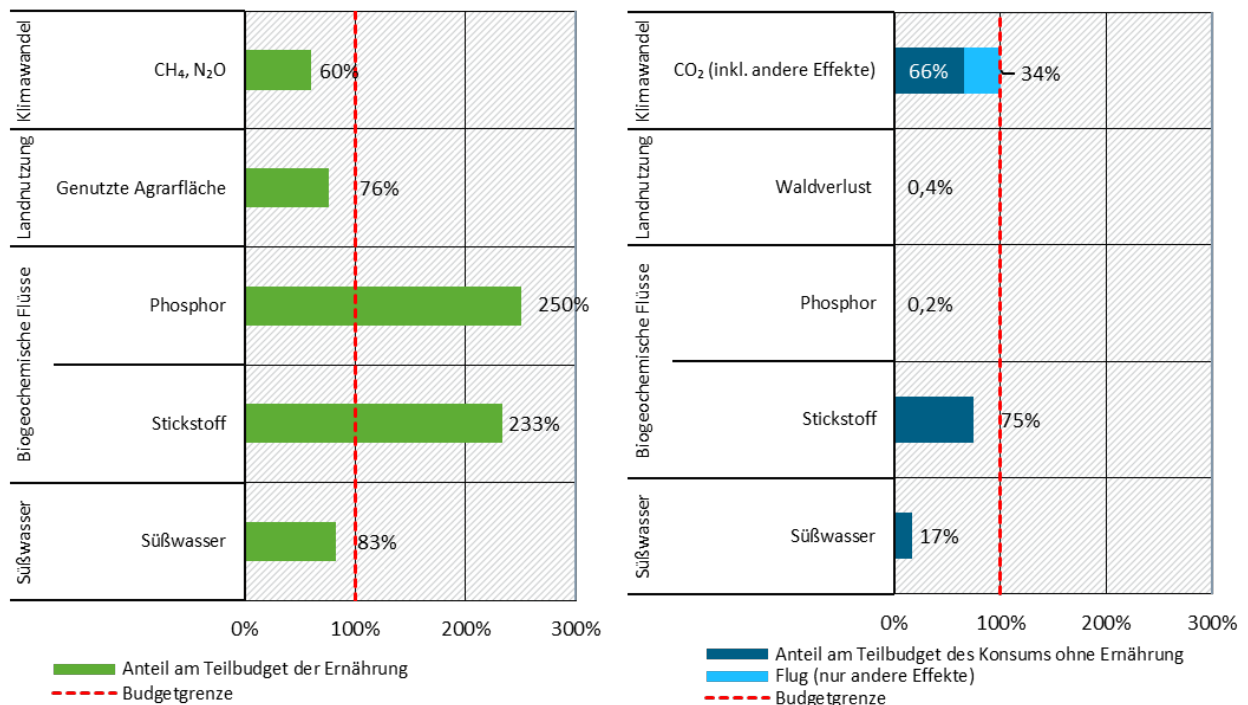
Abbildung 42: Familie Nowak – Umweltwirkungen der Ernährung relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich mit dem Durchschnitt im Jahr 2050



Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Willett et al. (2019)

Abbildung 43 zeigt noch einmal die Umweltwirkungen der Familie Nowak für beide Budgets getrennt (Konsum der repräsentativen Güter ohne Ernährung und nur die Ernährung) im Jahr 2050.

Abbildung 43: Familie Nowak - Umweltwirkungen des Konsumfeldes Ernährung (links) und des Konsums ohne Ernährung (rechts) relativ zu den planetaren Grenzen/ Budget im Jahr 2050



Quelle: Eigene Berechnungen; Umweltwirkungen der Ernährung basierend auf Willett et al. (2019); Anmerkung: Die Abbildungen zeigen auf Grund des unterschiedlichen methodischen Vorgehens Anteile an getrennten Budgets für die jeweiligen planetaren Grenzen/Umweltwirkungen (siehe Kapitel 3.3.) die sich auf den „Ernährungsbereich“ (nach Willett et al. (2019)) und den „Konsum ohne Ernährung“ beziehen.

3.7.3.6 Villa Kunterbunt

In der Villa Kunterbunt wohnen sechs Menschen jeden Alters, denen Gemeinschaft und Ökologie sehr wichtig sind. Daher wohnen sie auch in einer Wohnung im Mehrfamilienhaus in Holzbauweise. Einkauft wird gemeinsam, für gewöhnlich vegan. Die sechs sind viel unterwegs, meistens mit dem ÖPV, denn auf das Reisen in die Ferne möchte niemand verzichten. Rund drei Mal im Jahr werden weite Reisen mit den öffentlichen Verkehrsmitteln unternommen und die meisten der Wohngemeinschaft nutzen das gut ausgebaute Bahnnetz, um regelmäßig Verwandte und Freunde in Berlin, Hamburg und am Bodensee zu besuchen. Der gemeinsame elektrisch betriebene VW-Bus hat es auch schon über die Seidenstraße bis nach China geschafft. Auch Griechenland, Bulgarien und Korsika sind beliebte Ziele der Truppe. Im Alltag steht der VW-Bus meistens in der Garage und die Wohngemeinschaft nutzt den Nahverkehr und die E-Fahrräder für das tägliche Pendeln. Laptop und Smartphone besitzt natürlich jeder im Haushalt. Waschmaschine und Küchenausstattung werden geteilt.

Die hohe Mobilität der Gemeinschaft spiegelt sich in den Personenkilometern wider. Nicht nur die Autofahrten und die Fahrten mit den öffentlichen Transportmitteln sind überdurchschnittlich – beides mehr als doppelt so hoch wie im Durchschnitt – die Fahrten mit dem E-Fahrrad sind sogar knapp fünfmal so hoch wie der Durchschnitt. Die Wohnfläche von 25 m² pro Person ist relativ gering. Auch der sparsame Umgang im Stromverbrauch und die in Relation zur Personenanzahl vorhandenen Haushaltsgeräte ergeben ein unterdurchschnittliches Konsummuster (s. Tabelle 33).

Tabelle 33: Konsummuster der Villa Kunterbunt im Vergleich zum Durchschnitt 2050

Bedürfnisfeld	Konsumgut	Konsum pro Person und Jahr	
		Durchschnitt	Villa Kunterbunt
Mobilität	E-Auto [Pkm]	6.731	15.000
	Auto Kraftstoff [Pkm]	0	0
	ÖPV [Pkm]	3.296	7.000
	E-Fahrrad [Pkm]	821	4.000
	Flug [km]	2.072	0
Wohnen	Wohnfläche konventionell [m²]	41	0
	Wohnfläche Holzhaus [m²]	0	25
	Strom [KWh]	1.714	1.000
	Haushaltsgeräte [Index]	100	30
Sonstiges	Baumwolle [kg]	7	5
	Synthetik [kg]	4	2
	IKT [Index]	100	200
	Haustiere [Index]	0,47	0
	Sonstiges [Index Restgröße CO ₂]	100	100
Ernährung	Ernährungstyp	Referenz	Vegan
	Lebensmittelabfälle	Halbierung	Halbierung

Quelle: Eigene Erarbeitung ifeu

Durch den Konsum der repräsentativen Güter entstehen Umweltwirkungen, die für drei planetare Grenzen unter dem Durchschnitt liegen, Phosphor und Stickstoff liegen allerdings über dem Durchschnitt im Jahr 2050 (s. Tabelle 34).

Tabelle 34: Villa Kunterbunt – Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050

Dimension	Umweltwirkung	Villa Kunterbunt	Durchschnitt	Budget
Klimawandel	CO ₂ [kg]	121	144*	150
Landnutzung	Waldverlust [m²]	0,07	0,11	10
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [g]	3,6	1,09	183
	Stickstoff [g]	2.756	2.338	1.828

Dimension	Umweltwirkung	Villa Kunterbunt	Durchschnitt	Budget
Süßwasser	Süßwasser [m³]	68	92	222

Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; *Für den Flug wurden nur CO₂-Effekte berücksichtigt

Tabelle 35 zeigt die Umweltwirkungen detailliert nach Gütern.

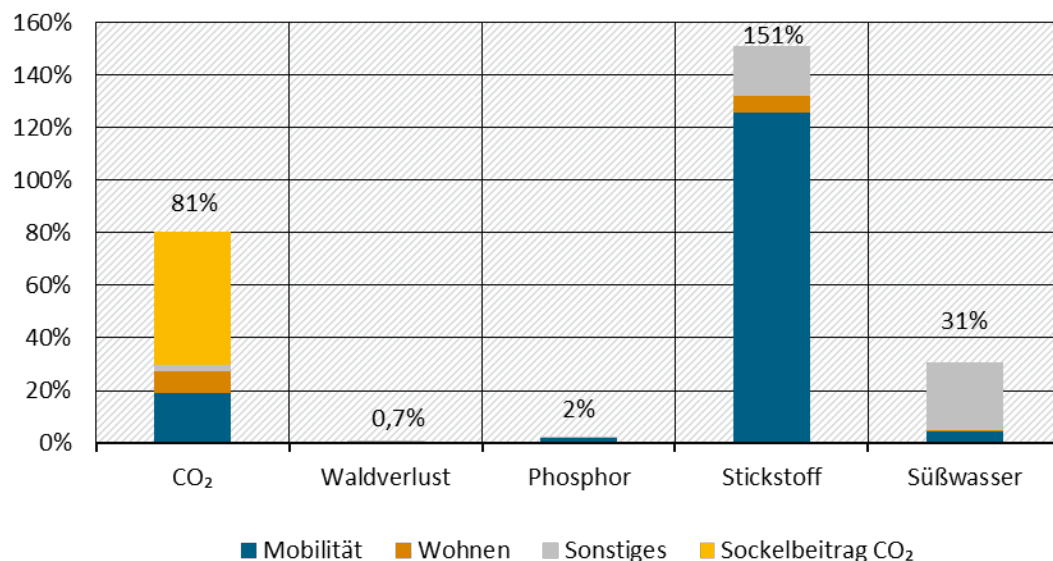
Tabelle 35: Villa Kunterbunt – Umweltwirkungen des Konsums (ohne Ernährung) nach Gütern im Jahr 2050

Bereich	Gut	CO ₂ [kg]	Waldverlust [m²]	Phosphor [g]	Stickstoff [g]	Süßwasser [m³]
Mobilität	E-Auto	24,3	0,04	0,4	469,3	8,1
	Auto Kraftstoff	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
	ÖPV	3,6	0,00	0,0	1.797,3	1,3
	E-Fahrrad	0,8	0,00	2,8	26,3	0,4
	Flug inkl. anderer Effekte	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
Wohnen	Wohnfläche konventionell	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
	Wohnfläche Holzhaus	11,5	0,02	0,1	98,4	1,1
	Strom	0,7	0,00	0,0	16,3	0,2
	Haushaltsgeräte	0,1	0,00	0,0	3,6	0,1
Sonstiges	Baumwolle	1,3	0,00	0,0	160,0	53,2
	Synthetik	0,1	0,00	0,0	3,3	0,1
	IKT	2,5	0,00	0,2	180,9	4,0
	Haustiere	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
	Sockelbeitrag CO ₂	76,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Summe		120,9	0,1	3,6	2.755,5	68,4
Budget		150	10	183	1.828	222

Quelle: Eigene Berechnungen ifeu

Die Grenze für Stickstoff wird durch den Konsum der Güter der Villa Kunterbunt deutlich überschritten, was primär der hohen Mobilität durch den ÖPV geschuldet ist.

Abbildung 44: Villa Kunterbunt – Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) relativ zu den planetaren Grenzen



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu

Die vegane Ernährungsweise der Gemeinschaft der Villa Kunterbunt führt zu leicht unterdurchschnittlichen Umweltwirkungen; für die Treibhausgase liegen diese sogar um 62,5 % unter dem Durchschnitt. Bei Süßwasser kommt es zu einer Erhöhung von etwa 5 % im Vergleich zum Durchschnitt.

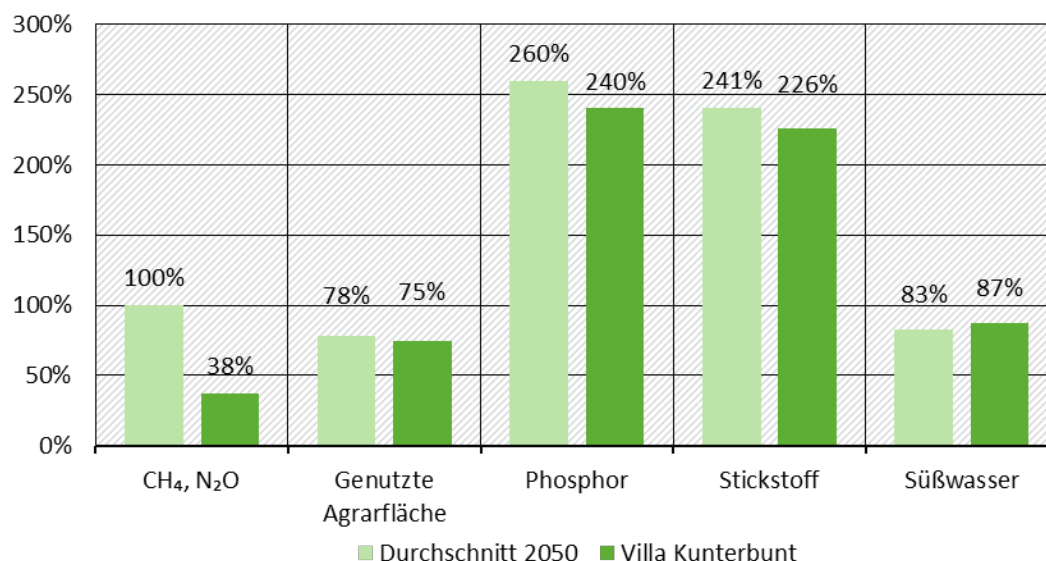
Tabelle 36: Umweltwirkungen pro Person im Bedürfnisfeld Ernährung der Villa Kunterbunt im Jahr 2050

Dimension	Umweltwirkung	Durchschnitt	Villa Kunterbunt	Budget
Klimawandel	CH ₄ , N ₂ O [kg CO ₂ -Äq.]	435	163	435
Landnutzung	Genutzte Agrarfläche [m ²]	1.197	1.143	1.533
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [g]	1.426	1.317	548
	Stickstoff [g]	13.203	12.398	5.484
Süßwasser	Süßwasser [m ³]	207	218	250

Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Willett et al. (2019)

Relativ zu den planetaren Grenzen kommt es zur Überschreitung der Grenzen Phosphor und Stickstoff. Durch die vegane Ernährung wird die Grenze für Klimawandel deutlich unterschritten. Für die Grenzen Landnutzung und Süßwasser entsprechen die Umweltwirkungen der Villa Kunterbunt in etwa dem Durchschnitt im Jahr 2050.

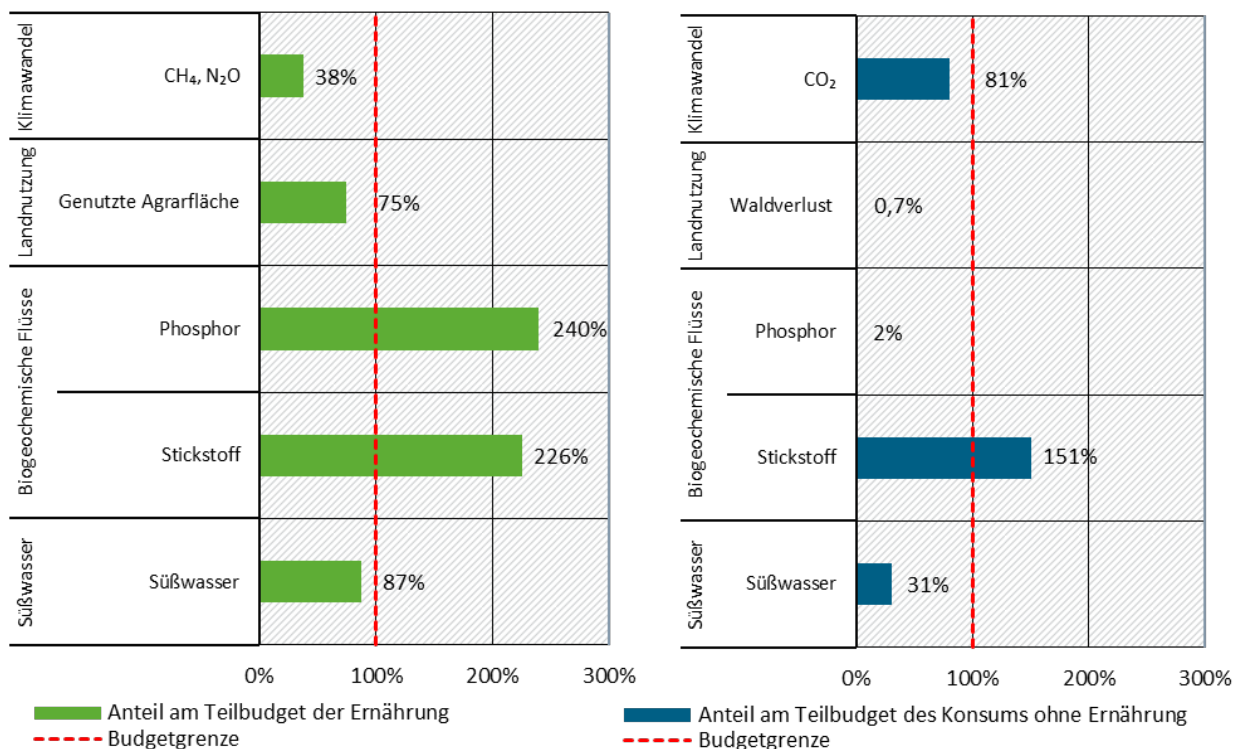
Abbildung 45: Villa Kunterbunt – Umweltwirkungen der Ernährung relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich mit dem Durchschnitt im Jahr 2050



Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Willett et al. (2019)

Abbildung 46 zeigt noch einmal die Umweltwirkungen der Villa Kunterbunt für beide Budgets getrennt (Konsum der repräsentativen Güter ohne Ernährung und nur die Ernährung) im Jahr 2050.

Abbildung 46: Villa Kunterbunt – Umweltwirkungen des Konsumfeldes Ernährung (links) und des Konsums ohne Ernährung (rechts) relativ zu den planetaren Grenzen/ Budget im Jahr 2050



Quelle: Eigene Berechnungen; Umweltwirkungen der Ernährung basierend auf Willett et al. (2019); Anmerkung: Die Abbildungen zeigen auf Grund des unterschiedlichen methodischen Vorgehens Anteile an getrennten Budgets für die

jeweiligen planetaren Grenzen/Umweltwirkungen (siehe Kapitel 3.3.) die sich auf den „Ernährungsbereich“ (nach Willett et al. (2019)) und den „Konsum ohne Ernährung“ beziehen.

3.8 Schlussfolgerungen

3.8.1 Zusammenfassung und Vergleich der Konsummuster

Der Vergleich der Konsummuster fasst die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den verschiedenen Konsummustern auf einen Blick zusammen. Die Zahlen für den Durchschnitt 2050 beziehen sich auf den/die Durchschnittsbürger*in entsprechend der Herleitung in Kapitel 3.6.

Die Zahlen für heute beruhen auf dem heutigen durchschnittlichen Konsum der repräsentativen Güter (siehe Kapitel 3.5). Die Umweltwirkungen werden, wie für die anderen Konsummuster, basierend auf den Koeffizienten zur Umweltwirkung pro Einheit des repräsentativen Gutes für 2050 berechnet, d.h. es werden die Umweltwirkungen beschrieben, zu denen der heutige durchschnittliche Konsum der repräsentativen Güter in einer treibhausgasneutralen Welt 2050 führen würde.

Tabelle 37: Konsum der repräsentativen Güter im Vergleich (Angaben pro Person)

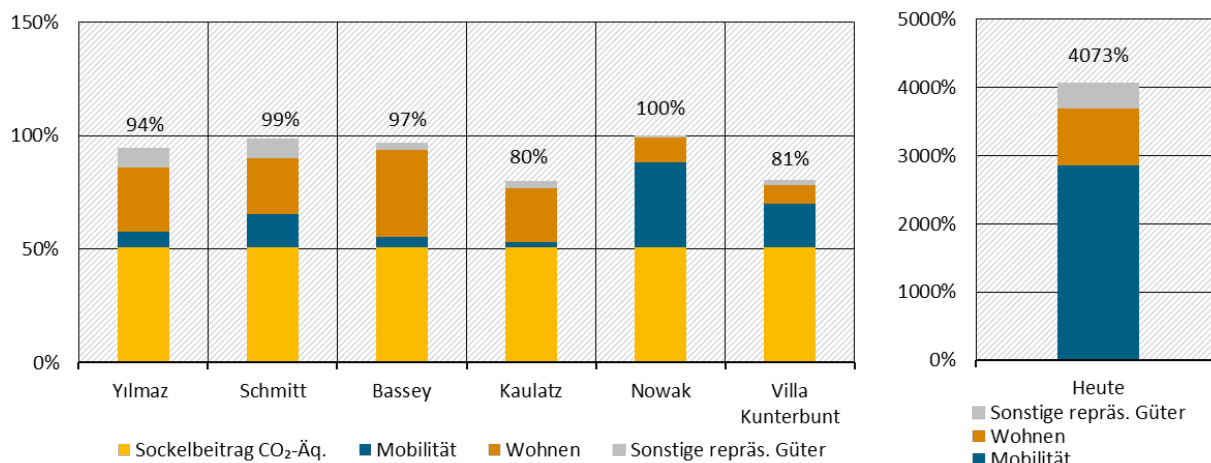
Konsumgut	Yilmaz	Schmitt	Bassey	Kaulatz	Nowak	Kunterbunt	Durchschnitt 2050	Heute
E-Auto [Pkm]	6.000	5.000	0,0	0,0	2.500	15.000	6.731	0,0
Auto Kraftstoff [Pkm]	0,0	0,0	3.300	0,0	0,0	0,0	0,0	11.033
ÖPV [Pkm]	1.550	400,0	3.550	6.000	3.500	7.000	3.296	2.251
E-Fahrrad [Pkm]	0,0	800,0	0,0	1.200	0,0	4.000	820,6	82,0
Flug [Pkm]	0,0	65,0	0,0	0,0	240,0	0,0	2.072	1.945
Wohnfläche konventionell [m²]	35,0	0,0	50,0	30,0	0,0	0,0	41,0	47,0
Wohnfläche Holzhaus [m²]	0,0	75,0	0,0	0,0	30,0	25,0	0,0	0,0
Strom [kWh]	4.000	2.500	1.100	2.300	2.500	1.000	1.714*	1.606*
Haushaltsgeräte [Index]	100	120,0	80,0	110,0	90,0	30,0	100,0	100,0
Baumwolle [kg]	7,0	5,0	8,0	10,0	3,0	5,0	7,0	9,9
Synthetik [kg]	4,0	6,0	10,0	8,0	2,0	2,0	4,1	6,2
IKT [Index]	150,0	150,0	200,0	120,0	80,0	200,0	100,0	100,0
Haustiere [Index]	1,00	1,10	0,00	0,05	0,00	0,00	0,47	0,47

Konsumgut	Yilmaz	Schmitt	Bassey	Kaulatz	Nowak	Kunterbunt	Durchschnitt 2050	Heute
CO ₂ -Sockelbeitrag [Index]	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	k.A.
Ernährungstyp	Referenz	Vegetarisch	Vegan	Referenz	Vegetarisch	Vegan	Referenz	heutiger Durchschnitt (Welt)
Lebensmittelabfälle	Halbierung	Halbierung	keine Änderung	Halbierung	Halbierung	Halbierung	Halbierung	keine Änderung

Quelle: Eigene Erarbeitung ifeu, * Die Werte für 2050 enthalten den Strombedarf zum Heizen (Wärmepumpe). In den Werten für heute ist der Wärmebedarf fürs Heizen nicht enthalten. Dieser beträgt zusätzlich rund 6.000 kWh (Destatis 2022a).

Familie Kaulatz und die Villa Kunterbunt schneiden bei den CO₂-Emissionen (inkl. anderer klimawirksamer Effekte bei den Flügen) am besten ab (Abbildung 47). Bei Familie Kaulatz ist dafür das fehlende Auto verantwortlich. In der Villa Kunterbunt ist der entscheidende Unterschied die deutlich geringere Wohnfläche. Die Emissionen des heutigen durchschnittlichen Konsums würden den Anteil am Budget mit 4073 % deutlich überschreiten. Das ist auf die klimawirksamen Effekte der knapp 2.000 jährlichen Flugkilometer zurückzuführen, aber auch die höhere durchschnittliche Wohnfläche von 47 m² spielt dabei eine Rolle.

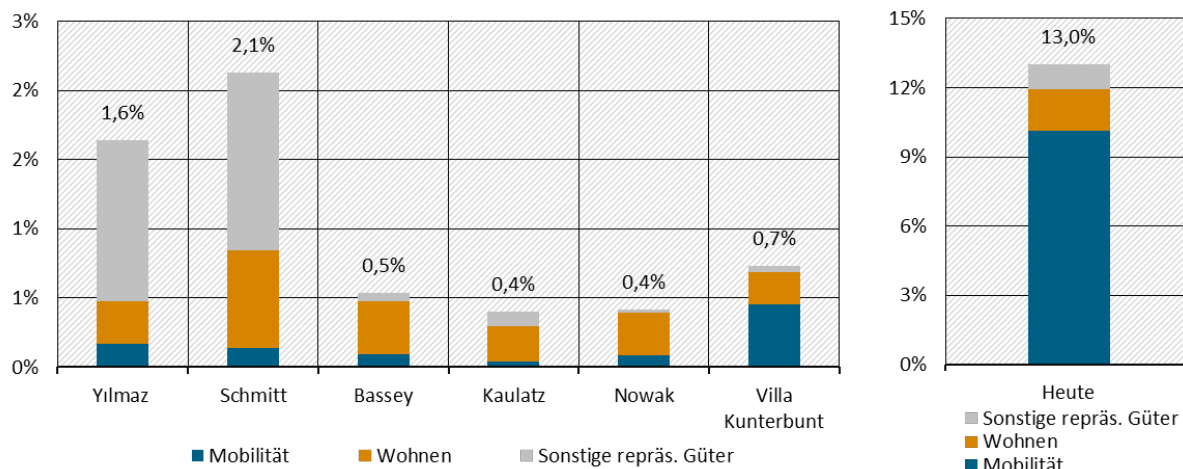
Abbildung 47: THG-Emissionen durch den Konsum der repräsentativen Güter (ohne Ernährung) im Jahr 2050 und heute relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; Anmerkung zu Mobilität: bei den Flügen sind zusätzlich klimawirksame Effekte berücksichtigt.

Der Waldverlust (Abbildung 48) ist bei allen Konsummustern unkritisch. Allerdings decken die repräsentativen Güter diesen Indikator nicht vollständig ab, da holzbasierte Güter wie Papier/Bücher nicht untersucht wurden.

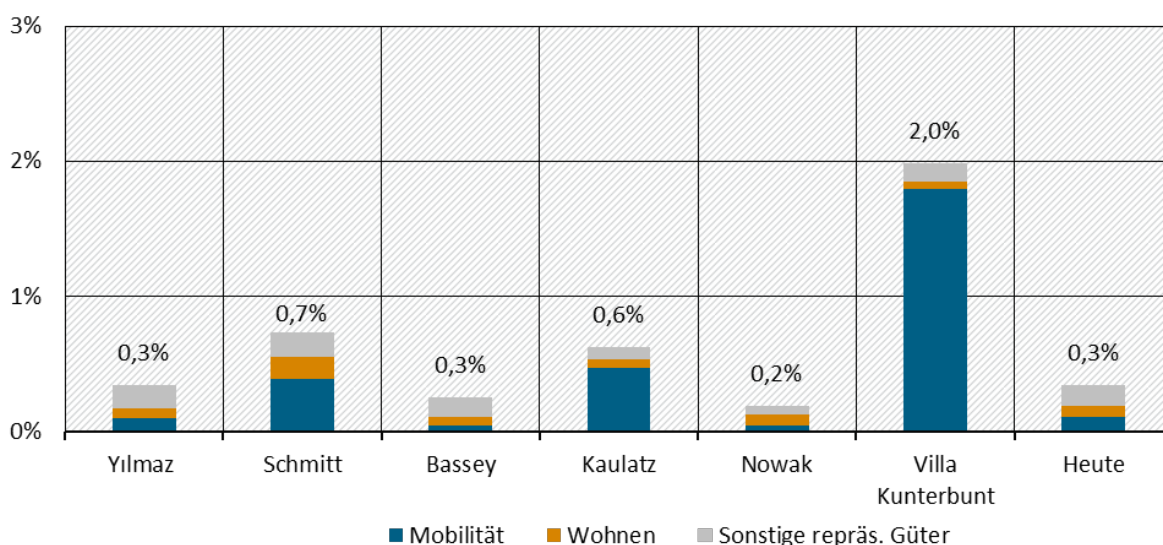
Abbildung 48: Waldverlust durch den Konsum der repräsentativen Güter (ohne Ernährung) im Jahr 2050 und heute relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu

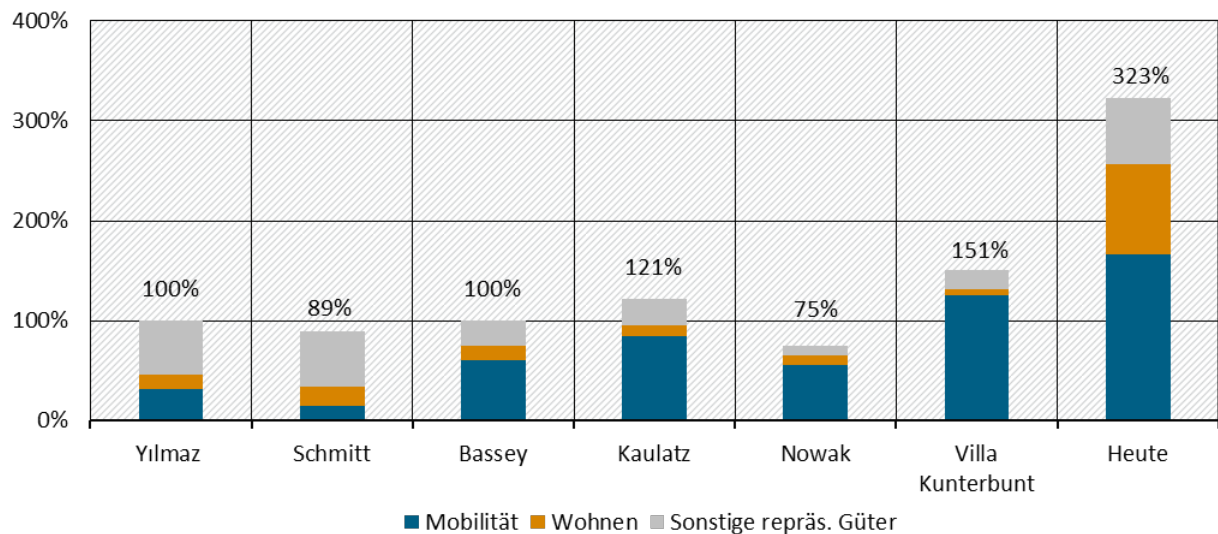
Während Phosphor außerhalb des Ernährungsbereichs ebenfalls unkritisch ist (Abbildung 49), wird die planetare Grenze für Stickstoff bei der Hälfte aller Konsummuster überschritten (Abbildung 50). Der Stickstoffbedarf der Familie Nowak liegt bei einem Wert von 75 % des Budgets, was an der geringen Mobilität der Familie (abgesehen von dem Flug alle 10 Jahre) liegt. Er ist damit der niedrigste im Vergleich zu den anderen Konsummustern. Der Grad der Überschreitung bei den anderen Konsummustern unterscheidet sich stark. Den höchsten Bedarf hat die Villa Kunterbunt mit 151 % relativ zur planetaren Grenze durch die vielen zurückgelegten Kilometer im ÖPV.

Abbildung 49: Phosphor durch den Konsum der repräsentativen Güter (ohne Ernährung) im Jahr 2050 und heute relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu

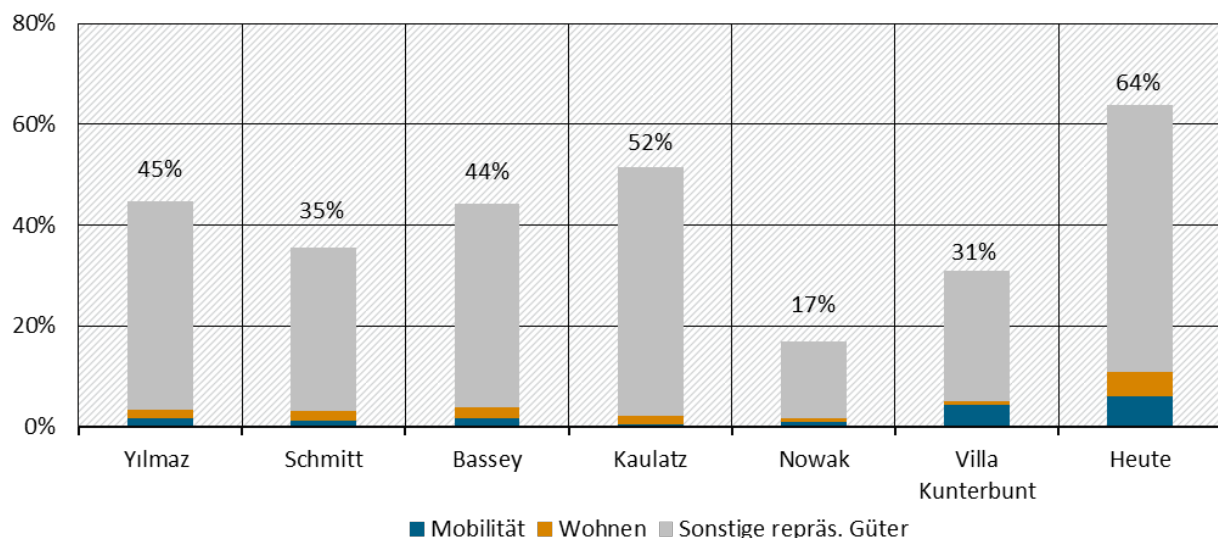
Abbildung 50: Stickstoff durch den Konsum der repräsentativen Güter (ohne Ernährung) im Jahr 2050 und heute relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu

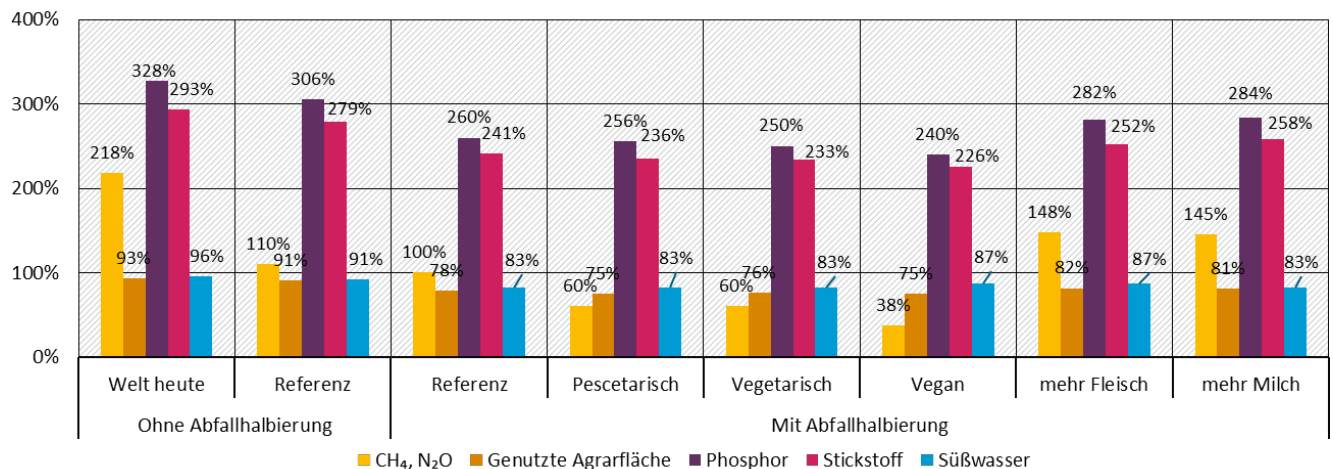
Abbildung 51 zeigt, dass die planetare Grenze zum Süßwasserbedarf durch keines der Konsummuster überschritten wird. Der Süßwasserbedarf entsteht außerhalb der Ernährung (bzw. Tierfutter) vor allem durch den Baumwollanbau und die Nutzung von Holz. Den höchsten Bedarf hat die Familie Kaulatz (52 % des Budgets), da sie einen überdurchschnittlichen Baumwollverbrauch aufweist.

Abbildung 51: Süßwasserbedarf durch den Konsum der repräsentativen Güter (ohne Ernährung) im Jahr 2050 und heute relativ zu den planetaren Grenzen im Vergleich



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu

Abbildung 52: Umweltwirkungen der Ernährung für die verschiedenen Ernährungsformen im Vergleich



Für den Vergleich im Bereich Ernährung betrachten wir die verschiedenen Szenarien nach Willett et al. (2019) (Abbildung 52). Alle Ernährungsformen überschreiten die Grenzen für Stickstoff und Phosphor. Die Grenze für Methan und Lachgas (CH₄ und N₂O) wird ebenfalls durch viele Ernährungsformen überschritten. Die Grenzen für die Ernährung innerhalb der planetaren Grenzen sind damit sehr eng gesetzt. Insbesondere in Bezug auf den Konsum tierischer Produkte ist der Spielraum sehr gering und im Vergleich zu heute ist eine drastische Reduktion notwendig (siehe Kapitel 3.4.1), da Deutschland deutlich über dem Durchschnitt der Welt heute liegt.

3.8.2 Unsicherheiten

Die Ergebnisse werfen unterschiedliche Fragen hinsichtlich der Ergebnisgenauigkeit und der verbleibenden Unsicherheiten auf:

- Ist das Konzept der Planetaren Grenzen das richtige Konzept, um nachhaltige Lebensstile zu identifizieren? Zunächst ist das Konzept sicherlich gut geeignet und es ist für vergleichbare Fragestellungen explizit konzipiert worden. Zweierlei gibt jedoch zu denken:
 - a) Im Projekt konnten wir noch nicht alle Dimensionen berücksichtigen. Möglicherweise werden durch die Aufnahme weiterer Dimensionen die möglichen nachhaltigen Lebensstile weiter eingengt. Um die Umweltbelastungen zu adressieren, die nicht im Konzept der Planetaren Grenzen berücksichtigt sind, wurden weitere Umweltwirkungskategorien für die repräsentativen Güter und Konsummuster ausgewertet (siehe Anhang A).
 - b) Andererseits werden im Konzept auch Herausforderungen wie die Rohstoffanspruchnahme nicht explizit thematisiert. Für die identifizierten Lebensstile werden Rohstoffe gebraucht, bei denen es unklar ist, ob diese – global verallgemeinert – unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten verfügbar sein werden. Hier sehen wir Forschungsbedarf zur Betrachtung der Rohstoffanspruchnahme global verallgemeinerbarer nachhaltiger Konsumstile. Aus den Untersuchungen des GreenSupreme-Szenarios im Projekt RESCUE ist beispielsweise bekannt, dass es für die Rohstoffe Lithium, Kobalt oder Rohstoffe der Platingruppe zu Knappheiten kommen könnte.

- Die unterstellten Grenzen wurden im Kapitel 3.3 hergeleitet und erläutert. Dabei wurde von den Grenzen ausgegangen, die für die Gegenwart formuliert wurden; diese wurden auf die Zukunft übertragen. Das ist ein pragmatisches Vorgehen, aber es muss nicht richtig sein. Die Grenzen für die Treibhausgasemissionen und für die Waldflächen könnten beispielsweise gut begründet auch enger gezogen werden als unsere Grenzen in diesem Projekt. Angesichts der Auswirkungen des Klimawandels auf die gegenwärtigen Wälder könnte auch strikter argumentiert werden, z. B., dass gar keine Waldfläche netto umgewandelt werden darf. Wald würde somit als Kohlenstoffsénke geschützt, aber nicht mehr als Substitut für andere (treibhausgasintensivere) Rohstoffe nutzbar sein. Bei gleicher Produktionstechnologie würde dies für den Konsum bedeuten, dass insbesondere der Bau von Holzhäusern bzw. die Nutzung von Holzbauteilen in konventionellen Gebäuden nicht mehr innerhalb der planetaren Grenzen möglich wären. Ähnlich könnte bezüglich der Treibhausgasemissionen dahingehend strikter argumentiert werden, dass im Jahr 2050 weniger bzw. keine CO₂-Emissionen mehr zulässig wären, weil das CO₂-Budget bis 2050 aufgebraucht wurde. Dies würde bedeuten, dass alle Produkte, die Zement, Glas oder Brandkalk enthalten, dann in einem geringeren Ausmaß (bzw. nicht mehr) im Rahmen der planetaren Grenzen konsumierbar wären.
- Es wurden zwar viele technologische Änderungen unterstellt, aber für noch mehr Produktionstechnologien wurde angenommen, dass sie konstant bleiben. Dies betrifft die Technologien zur Extraktion der abiotischen und biotischen Rohstoffe ebenso wie die Herstellung vieler sonstiger Produkte und die Bereitstellung von Dienstleistungen. Die Auswirkungen des Klimawandels zeigen bereits heute, dass sich Technologien ändern müssen. So benötigt die Landwirtschaft in Deutschland gegenwärtig wenig Bewässerung. Damit sind die Süßwassermengen, die für Ernährungsgüter und für biotische Rohstoffe in allen anderen Produkten aufgewendet werden, gering. Werden Dürren zunehmen, so steigt der Bewässerungsaufwand zwangsläufig und damit steigen auch die Süßwassermengen, die für die Produktion der repräsentativen Güter verbraucht werden. Ähnliche Beispiele finden sich auch in anderen Bereichen: So dürfte sich beispielsweise der Energieaufwand für den Güterverkehr auf Flüssen in Folge von Niedrigständen oder für die Extraktion von Rohstoffen in Folge der Erschöpfung von Minen weiter erhöhen.
- Die Umweltwirkungen der sonstigen Güter (Sockelbeitrag) konnte nur bezogen auf die Treibhausgasemissionen berechnet werden, nicht jedoch für die anderen Umweltwirkungen. Es ist davon auszugehen, dass die Umwandlung von Waldflächen, die Inanspruchnahme von Süßwasser und die Freisetzung von Stickstoff und Phosphor größer ist. Ein Beispiel: In Deutschland ist gegenwärtig die Chemieindustrie einer der größten Süßwasserverbraucher (Destatis 2023) und nur durch die Umstellung der Rohstoffbasis (von fossilen zu synthetischen Rohstoffen) sinkt der Süßwasserverbrauch nicht. Der Süßwasserverbrauch steckt somit in Produkten wie Kunststoffen, Farben oder Lacken und ist sehr wahrscheinlich durch die ausgewählten repräsentativen Güter nicht hinreichend abgebildet.
- Die repräsentativen Güter wurden mit Ökobilanzdaten hinterlegt, die dem repräsentativen Gut am nächsten oder ähnlichsten waren. Logischerweise wurden hierfür Ökobilanzdaten

genutzt, die vorliegen. Es wurde dabei unterstellt, dass der vorhandene (ähnlichste) Datensatz für das Produkt auch tatsächlich repräsentativ für diese Produktgruppe ist, ohne dass dies im Rahmen des Projektes detailliert geprüft werden konnte. Indes können beispielsweise Haushaltsgeräte oder IKT-Geräte sehr unterschiedlich sein, von groß bis klein, aus unterschiedlichen Materialien bestehen oder mit unterschiedlichen technischen Features ausgestattet sein. Die im Projekt genutzte repräsentative Waschmaschine ist mit rund 30 kg beispielsweise sehr leicht. Die Ergebnisse basieren somit auf einer konkreten Auswahl an Gütern, die ursprünglich aus anderen Gründen für eine Bilanzierung ausgewählt wurden, aber es bleibt ungeprüft, inwieweit diese Auswahl auch für unsere Projektzwecke hinreichend gut geeignet ist. Auch bei der Erstellung von Ökobilanzen werden zwangsläufig Vereinfachungen und sehr viele Annahmen genutzt, die in die Ergebnisse einfließen. Die Ergebnisse suggerieren eine Genauigkeit, die sicherlich nicht in dem Ausmaß gegeben ist.

3.8.3 Fazit

Die nachhaltigen, anschlussfähigen Konsummuster zeigen, dass dieselben Hotspots wie heute auch in Zukunft beim privaten Konsum gelten. Heute erzeugen die privaten Haushalte die meisten Treibhausgase in den Konsumfeldern Ernährung, Mobilität und Wohnen. Diese drei sind auch zukünftig in einer defossilisierten Welt die relevantesten Konsumfelder in Bezug auf die Einhaltung der planetaren Grenzen. Der Großteil der Stickstoff- und Phosphorflüsse, der Methan- und Lachgasemissionen sowie des Süßwasserverbrauchs entstehen bei der Produktion der Ernährung. Dies gilt nicht nur für die Refer ernährung, sondern auch für fleischreduzierte und fleischfreie Diäten. In der Mobilität wird weiterhin Antriebsenergie für Auto, ÖPV und Flugzeug gebraucht. Bei der Produktion der Fahrzeuge und in der Erzeugungskette der Antriebsenergie entstehen relevante Mengen von CO₂-Emissionen, Waldfläche wird umgewandelt und Stickstoff freigesetzt. Werden die Nicht-CO₂-Effekte von Flügen einbezogen, so sind Flüge mit Abstand für die meisten Treibhausgase verantwortlich und fast nicht mehr innerhalb der planetaren Grenzen möglich. Auch bei der Produktion der Baustoffe, die im Konsumfeld Wohnen in die Wohnfläche eingehen, werden weiterhin relevante Mengen CO₂-Emissionen sowie Stickstoff freigesetzt, Waldfläche umgewandelt und zudem Süßwasser verbraucht. Das heißt, auch in einer Welt, in der Energie nicht mehr durch die Verbrennung von fossilen Rohstoffen nutzbar gemacht wird, sondern mittels erneuerbarer Energiequellen, bleiben Ernährung, Mobilität und Wohnen weiterhin die umweltwirksamsten Konsumfelder.

Das Konsumfeld Bekleidung ist nur bezogen auf die Dimension Süßwasser relevant, sofern Baumwollfasern genutzt werden. IKT- oder Haushaltsgeräte sind ebenso wie die genutzte Strommenge hinsichtlich der Einhaltung der planetaren Grenzen fast irrelevant. Nur die Haustiere haben einen etwas größeren Effekt auf die Dimensionen Stickstoff und Süßwasser.

Die anschlussfähigen Konsummuster decken daher zwar ein relativ breites Spektrum unterschiedlicher Konsumausprägungen ab, allerdings sind Flüge in keinem Konsummuster vertretbar, wenn die Nicht-CO₂-Effekte berücksichtigt werden, es sei denn, eine Person „spart“ über viele Jahre Treibhausgasemissionen auf und reduziert andere Konsumposten. Eine sehr große Wohnung kann außerdem nicht mit einer hohen Mobilität mit Auto bzw. ÖPV und einer fleischlastigen Diät (Referenz) innerhalb der planetaren Grenzen einhergehen. Wenn in einem der drei zentralen Konsumfelder deutlich über dem Durchschnitt konsumiert wird, muss zwangsläufig eines oder beiden anderen Konsumfelder eingeschränkt werden.

Angesichts der Unsicherheiten, die im Kapitel zuvor herausgearbeitet wurden, ist davon auszugehen, dass die identifizierten Konsummuster eine „optimistische Auswahl“ sind.

4 Globale Wachstumsdynamiken und Nachfragetrends der repräsentativen Güter

4.1 Vorgehen und Methodik

In den vorangegangenen Kapiteln wurden repräsentative Güter ausgewählt (siehe Kapitel 3.1.2 und 3.4), deren Nachfragetrends in diesem Kapitel analysiert werden. In Kapitel 3 lag der Fokus auf der Identifikation und Quantifizierung von Konsummustern, die in Deutschland anschlussfähig sind und die planetaren Grenzen nicht überschreiten. Dieses Kapitel widmet sich der globalen Betrachtung und Analyse der Nachfragetrends und -dynamiken der ausgewählten Konsumgüter sowie einer Einordnung der Umweltwirkungen, die von diesen Konsumgütern ausgehen.

Für die Einordnung der Umweltwirkungen der einzelnen Konsumgüter werden Grenzen bzw. Budgets genutzt, die sich auf das Konzept der Planetaren Grenzen nach Steffen et al. (2015) beziehen. Die Grenzwerte und ihre Ableitung sind in Kapitel 3.3 dargelegt. Nachfolgend kommen globale Grenzwerte zur Anwendung, eine Ableitung von Grenzwerten pro Person entfällt an dieser Stelle. Nach Steffen et al. (2015) handelt es sich bei den planetaren Grenzen der Dimensionen biogeochemische Flüsse (Phosphor und Stickstoff) sowie bei der Dimension Süßwasser bereits um globale jährliche Grenzwerte bzw. Budgets. Diese können direkt zur Gegenüberstellung der Umweltwirkungen, die von den einzelnen Konsumgütern ausgehen, genutzt werden: Nach Steffen et al. (2015) liegt die planetare Grenze für Phosphor bei 6,2 Tg/Jahr. Die planetare Grenze für Stickstoff liegt nach Steffen et al. (2015) bei 62 Tg/Jahr. Die planetare Grenze für die Nutzung von Süßwasser liegt nach Steffen et al. (2015) bei 4.000 km³ pro Jahr.

Anders verhält es sich mit den Grenzwerten für die Dimensionen Klimawandel und Landnutzung (umgewandelte Waldfläche bzw. Waldverlust). Für den Klimawandel wird ein Grenzwert von 0,15 Tonnen CO₂ pro Person und Jahr angesetzt. Die Pro-Kopf-Grenze wurde zuvor zur Bestimmung nachhaltiger Konsummuster für den deutschen Durchschnitt genutzt (siehe Kapitel 3.3.1). Dieser Grenzwert wurde aus dem GreenSupreme-Szenario des RESCUE-Projekts (Dittrich et al. 2020a) abgeleitet und wird im Folgenden auf die Weltbevölkerung übertragen. Im RESCUE Projekt lag der Fokus auf Deutschland, die dort getroffenen Annahmen werden somit auch auf die Länder außerhalb Deutschlands übertragen. Die zentrale Annahme beinhaltet, dass die europäischen Länder zur technologischen Entwicklung in Deutschland aufschließen und im Jahr 2050 ebenso wie Deutschland eine (weitestgehende) Treibhausgasneutralität erreichen. Für Länder im Rest der Welt bedeutet dies, dass auch sie bis 2050 den technologischen Rückstand aufgeholt haben. Unterstellt wird, dass im Jahr 2050 ein CO₂-Restbudget vorhanden ist. Unter Einbeziehung natürlicher Senken im Green-Supreme-Szenario ist Treibhausgasneutralität erreichbar, womit ein verbleibendes Restbudget für einen nachhaltigen Konsum zur Verfügung steht. Auf Grund der Nutzung der fünf verschiedenen SSP-Szenarien, denen unterschiedliche Bevölkerungsentwicklungen zugrunde liegen, weichen die planetaren Grenzwerte für den Klimawandel je nach Szenario leicht voneinander ab und liegen bei 1,2–1,5 Gt.

Für das verbleibende Waldbudget wird vom globalen Wert ausgegangen. Steffen et al. (2015) definieren für den Erhalt von tropischen, borealen und temperierten Wäldern eine maximale Untergrenze von 54 % der ursprünglichen Waldfläche. Im Projekt wurde die Disaggregation an Dittrich et al. (2021a) angelehnt. Demnach stehen global noch 5,13 Mio. km² Waldfläche zur Verfügung, die bis zum Erreichen des unteren Werts des Unsicherheitsbereichs noch

umgewandelt werden können. Die Analyse der Nachfragetrends der Konsumgüter erfolgt nach Ländergruppen und entlang eines Analyseschemas, das im Folgenden erläutert wird.

4.2 Auswahl Ländergruppen

In die Analyse wurden alle Länder weltweit einbezogen. Die Länder wurden nach drei Gruppen aufgeteilt:

1. Geographisch nach Kontinenten, um regionale Unterschiede abzudecken.
2. Nach Einkommensgruppen, um relevante Unterschiede aufgrund des Einkommens aufzuzeigen.
3. Nach Einkommensdynamik, um Nachfragedynamiken aufgrund des Einkommenszuwachses zu untersuchen.

(Zu 1) Eine geographische Gruppierung der Länder wurde zunächst wie folgt vorgenommen: Afrika, Asien (ohne Indien und China), Indien, China, Europa (einschließlich Russland und Türkei), Nordamerika, Lateinamerika und die Karibik (einschließlich Mexiko), Australien und Ozeanien. Die Einteilung lehnt sich an den regionalen Spezifikationen der Weltbank an und wurde für die Zwecke des Projektes adjustiert. Die Differenzierung der Ländergruppen impliziert keine politischen Ab- oder Unabhängigkeiten.

(Zu 2) Zur Analyse der Nachfragetrends nach Einkommensgruppen wurde die Einteilung nach den Einkommensgruppen der Weltbank herangezogen. Die Weltbank klassifiziert ihre Mitgliedsländer (189) und alle anderen Volkswirtschaften mit mehr als 30.000 Einwohner*innen nach dem Bruttonationaleinkommen pro Kopf im Jahr 2020 (Atlas-Methode der Weltbank) wie folgt (World Bank 2021a):

- Niedriges Einkommen (≤ 1.045 \$)
- Niedrigeres mittleres Einkommen (1.046 bis 4.095 \$)
- Oberes mittleres Einkommen (4.096 bis 12.695 \$)
- Hohes Einkommen (≥ 12.696 \$)

(Zu 3) Um die wirtschaftliche Dynamik zu verstehen und dadurch Veränderungen des Konsums abzubilden, wurde zusätzlich eine Einteilung nach Einkommenswachstum zwischen 1990 und 2020 angestrebt²⁵. Hierfür wurde das durchschnittliche jährliche Wachstum auf Basis der Daten der Weltbank (World Bank 2022a) berechnet. Fehlende Daten oder Lücken wurden mit weiteren Datensätzen der Weltbank (World Bank 2022a), der United Nations (UNdata 2021), der Central Intelligence Agency (CIA) (CIA 2021), der CEROM (CEROM 2014, 2018) und des International Monetary Fund (IMF 2021) ergänzt. Die Gruppen wurden dann entsprechend ihres durchschnittlichen Wachstums pro Jahr in <1 %, 1 – 2 %, 2 – 3 %, 3 – 4 %, 4 – 5 %, 5 – 6 %, >6 % eingeteilt.

Tabelle 75 im Anhang zeigt die Länder und ihre Zuordnung zu den drei gewählten Ländergruppen.

²⁵ Waren Informationen zu 1990 bzw. 2020 nicht verfügbar, wurde das jährliche durchschnittliche Wachstum für das vorliegende Zeitfenster berechnet.

4.3 Zukünftige Marktentwicklung

Zur Abschätzung der zukünftigen Marktentwicklung haben wir den Nachfragetrend unter Berücksichtigung relevanter Einflussfaktoren fortgeschrieben. Berücksichtigt wurde die Entwicklung der Bevölkerung und des Einkommens auf der Basis der Shared Socioeconomic Pathways (SSP). Weitere güterspezifische Faktoren, die die Nachfrage bestimmen, wie Substitutionen wurden qualitativ berücksichtigt.

Die SSP umfassen fünf unterschiedliche Basisszenarien für die globale Entwicklung, die als Grundlage für Szenarien zur Berechnung zukünftiger Emissionen von Treibhausgasen genutzt werden. Die Basisszenarien unterscheiden sich hinsichtlich der sozio-ökonomischen Herausforderungen für die Reduktion der Treibhausgase und für die Anpassung an den Klimawandel (Riahi et al. 2017):

- ▶ **SSP 1 Nachhaltigkeit – der grüne Weg mit geringen Herausforderungen für Minderung und Anpassung:** Die Welt gelangt allmählich, aber umfassend, auf einen nachhaltigeren Weg und berücksichtigt eine integrativere Entwicklung, die Umweltgrenzen respektiert. Der Umgang mit den globalen Gemeinschaftsgütern verbessert sich langsam, Bildungs- und Gesundheitsinvestitionen beschleunigen den demografischen Wandel und das Ziel eines Wirtschaftswachstums verschiebt sich hin zu einer stärkeren Betonung des menschlichen Wohlergehens. Angetrieben von einem zunehmenden Engagement für das Erreichen von Entwicklungszielen wird die Ungleichheit sowohl zwischen als auch innerhalb der Länder verringert. Der Konsum orientiert sich an einem geringen Materialwachstum und einer geringeren Ressourcen- und Energieintensität.
- ▶ **SSP 2 Mittelweg mit mittleren Herausforderungen für Minderung und Anpassung:** Die Welt folgt einem Weg, auf dem sich soziale, wirtschaftliche und technologische Trends nicht stark von historischen Mustern entfernen. Entwicklung und Einkommenswachstum verlaufen uneinheitlich, wobei einige Länder relativ gute Fortschritte machen, während andere hinter den Erwartungen zurückbleiben. Globale und nationale Institutionen machen nur langsame Fortschritte bei der Erreichung nachhaltiger Entwicklungsziele. Ökosysteme erfahren eine Verschlechterung, obwohl es einige Verbesserungen gibt und insgesamt die Intensität des Ressourcen- und Energieverbrauchs abnimmt. Das globale Bevölkerungswachstum ist moderat und flacht in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts ab. Die Einkommensungleichheit hält an oder bessert sich nur langsam. Die Herausforderungen, die Anfälligkeit für gesellschaftliche und ökologische Veränderungen zu verringern, bleiben bestehen.
- ▶ **SSP 3 Regionale Rivalität – ein steiniger Weg mit großen Herausforderungen für Minderung und Anpassung:** Ein wiederauflebender Nationalismus, Sorgen um Wettbewerbsfähigkeit und Sicherheit sowie regionale Konflikte zwingen Länder dazu, sich zunehmend auf innenpolitische oder höchstens regionale Probleme zu konzentrieren. Die Politik ändert sich im Laufe der Zeit und orientiert sich zunehmend an nationalen und regionalen Sicherheitsfragen. Die Länder konzentrieren sich auf das Erreichen von Energie- und Ernährungssicherheitszielen in ihren eigenen Regionen auf Kosten einer breit angelegten Entwicklung. Investitionen in Bildung und technologische Entwicklung gehen

zurück. Die wirtschaftliche Entwicklung ist langsam, der Konsum ist materialintensiv. Ungleichheiten bestehen fort oder verschärfen sich im Laufe der Zeit. Das Bevölkerungswachstum ist in den Industrieländern gering und in den Entwicklungsländern hoch. Eine niedrige internationale Priorität für die Behandlung von Umweltbelangen führt in einigen Regionen zu einer starken Umweltzerstörung.

- **SSP 4 Ungleichheit – ein geteilter Weg mit geringen Herausforderungen für Minderung und hohe Herausforderungen für Anpassung:** Äußerst ungleiche Investitionen in Humankapital, kombiniert mit zunehmenden Unterschieden bei wirtschaftlichen Möglichkeiten und politischer Macht, führen zu zunehmender Ungleichheit und Schichtung sowohl zwischen den Ländern als auch innerhalb der Länder. Mit der Zeit öffnet sich eine Kluft zwischen einer international vernetzten Gesellschaft, die zu wissens- und kapitalintensiven Sektoren der Weltwirtschaft beiträgt, und einer fragmentierten Ansammlung von Gesellschaften mit niedrigem Einkommen und geringer Bildung, die in einer arbeitsintensiven Low-Tech-Wirtschaft arbeiten. Der soziale Zusammenhalt verschlechtert sich und Konflikte und Unruhen werden immer häufiger. Die Technologieentwicklung ist in der Hightech-Wirtschaft und in den Sektoren hoch. Der global vernetzte Energiesektor diversifiziert sich mit Investitionen sowohl in kohlenstoffintensive Brennstoffe wie Kohle und unkonventionelles Öl als auch in kohlenstoffarme Energiequellen. Die Umweltpolitik konzentriert sich auf lokale Probleme in Gebieten mit mittlerem und hohem Einkommen.
- **SSP 5 Entwicklung mit fossilen Brennstoffen – auf der Autobahn mit hohen Herausforderungen bei der Minderung und geringe Herausforderungen bei der Anpassung:** Diese Welt setzt zunehmendes Vertrauen in wettbewerbsfähige Märkte, Innovation und partizipative Gesellschaften, um schnellen technologischen Fortschritt und die Entwicklung des Humankapitals als Weg zu nachhaltiger Entwicklung zu erzielen. Globale Märkte werden zunehmend integriert. Es gibt auch starke Investitionen in Gesundheit, Bildung und Institutionen zur Verbesserung des Human- und Sozialkapitals. Gleichzeitig ist das Streben nach wirtschaftlicher und sozialer Entwicklung mit der Ausbeutung reichlich vorhandener fossiler Brennstoffressourcen und der Einführung eines ressourcen- und energieintensiven Lebensstils auf der ganzen Welt gekoppelt. Dies führt zu einem schnellen Wachstum der Weltwirtschaft, während die Weltbevölkerung im 21. Jahrhundert ihren Höhepunkt erreicht und zurückgeht. Lokale Umweltprobleme wie Luftverschmutzung werden erfolgreich bewältigt. Es besteht Vertrauen in die Fähigkeit, soziale und ökologische Systeme effektiv zu verwalten, gegebenenfalls auch durch Geo-Engineering.

Die Daten für die Bevölkerungsentwicklung sowie für die Entwicklung des Einkommens basieren auf der SSP-Datenbank, die vom IIASA Energy Program unter <https://tntcat.iiasa.ac.at/SspDb> zur Verfügung gestellt wird. Die zugrundeliegenden wissenschaftlichen Daten sind bei den jeweiligen Abbildungen und Tabellen als Quellen angegeben.

Aufbauend auf den Mengenabschätzungen wurden die Umweltwirkungen abgeschätzt. Hierzu wurden das SSP2 für eine optimistische Entwicklung mit Transformation und das SSP5 für eine pessimistischere Entwicklung ohne (weitgehende) Transformation genutzt. Entsprechend wurden die Umweltwirkungen basierend auf den Mengenabschätzungen mit den Umwelt-Faktoren von heute (SSP5) bzw. von 2050 (SSP2) berechnet.

4.4 Die Dynamik der repräsentativen Güter

4.4.1 Repräsentatives Gut 1: Milch

Der Konsum von Milch und Milchprodukten ist aus der europäischen Kultur seit Jahrhunderten kaum wegzudenken. Dies war jedoch nicht immer so, noch vor wenigen Jahrtausenden war die Mehrheit der erwachsenen Menschen laktose-intolerant. Die Fähigkeit Laktose zu verarbeiten war – wie bei anderen Säugetieren – dem Säuglingsalter vorenthalten. Während sich in einigen Teilen der Welt die Fähigkeit von Erwachsenen zum Konsum von Milch in verschiedenen milchtrinkenden Kulturen verbreitete, vertragen beispielsweise in Regionen Ostasiens weiterhin nur in etwa 10 % der Erwachsenen den Konsum von Milchprodukten (Lamm 2022).

Im Folgenden wird die Entwicklung des Konsums und der Produktion von Milch- und Milchprodukten dargelegt. Dabei wird in Abhängigkeit von der Datenquelle zwischen verschiedenen Produktausprägungen differenziert:

- ▶ Produktion und Konsum von Milch: Subsummierung aller Arten von flüssiger Milch (Büffel-, Ziegen-, Schaf- und Kuhmilch) (OECD und FAO 2021)
- ▶ Verarbeitete Milchprodukte, definiert als Butter, Käse, Milchpulver, Molke, gewonnen aus verschiedenen Milcharten (OECD und FAO 2021)
- ▶ Frische Milchprodukte, definiert als frische, nicht verarbeitete Milchprodukte (bspw. Joghurt) (OECD und FAO 2021)
- ▶ Milch und Milchprodukte (FAO o.J.)
- ▶ Flüssige Kuhmilch (Revell 2015)

Sofern nicht anders angegeben werden alle Milchprodukte auf Äquivalente flüssiger Milch umgerechnet.

Heute konsumieren mehr als 6 Mrd. Menschen Milch und Milchprodukte. Im Jahr 2020 lag der weltweite Konsum alleine von flüssiger Kuhmilch bei 187 Mio. Tonnen (USDA 2022a). Insbesondere in den Ländern des globalen Südens ist seit der Mitte des vergangenen Jahrhunderts der Milchkonsum stark angestiegen, der Pro-Kopf-Konsum hat sich dort seit den 1960er Jahren beinahe verdoppelt (FAO o.J.).

Global betrachtet zeigen sich für die Milchproduktion und deren Konsum in der Gegenwart unterschiedliche Trends in verschiedenen Weltregionen. Während er in den Ländern des globalen Südens deutlich zunahm, stagnierte oder nahm er in den Industrienationen ab. So wird Milch im globalen Norden diskursiv zunehmend kritisch behandelt. Dabei stehen insbesondere Gesundheitsaspekte und Fragen nach der Umweltverträglichkeit eines hohen Milchkonsums im Fokus. Im gleichen Zeitraum konnten die oft als gesündere und umweltverträglichere

Alternative wahrgenommenen Milchersatzprodukte auf pflanzlicher Basis zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Dieser vergleichsweise junge Trend steht im Gegensatz zur Wahrnehmung und Konsumption von Milch im 19. und 20. Jahrhundert. Besonders in den USA wurde Milch, unter Bezug auf deren positive Gesundheitseffekte und als natürliches Element der menschlichen Diät, als „nature’s perfect food“ vermarktet. Jedoch setzten der kommerzialisierte Vertrieb und Konsum von flüssiger Milch erst im 19. Jahrhundert ein. Zuvor war Milch meist Ausgangsprodukt für die Weiterverarbeitung in Form von Käse, Buttermilch oder Joghurt (Dupuis 2002). Erst im Rahmen der Industrialisierung und der damit verbundenen Urbanisierung kam es dann zur zunehmenden Kommodifizierung, der Verbreitung oben genannter Narrative und so zu einem signifikanten Anstieg des Milchkonsums.

Die gegenwärtige Milchproduktion wird aufgrund ihrer Wirkung auf Umwelt und Tierwohl vielfältig kritisiert. Zum einen führt die hohe Milchproduktion im globalen Norden zu hohen Umweltbelastungen, unter anderem durch den hohen Ausstoß von Treibhausgasen, den Land- und Süßwasserbedarf sowie durch Umwelteinflüsse durch Düngemittelnutzung und Eutrophierung. Auch aus Tierschutzaspekten wird die hoch-intensive Milchkuhhaltung vielfach kritisiert. Während im globalen Norden dabei insbesondere Klima- und Umweltwirkungen der Milch im Vordergrund stehen, steht in Ländern des globalen Südens hingegen die Verdrängung kleinbäuerlicher Strukturen durch eine zunehmende Marktübernahme durch internationale Lebensmittelfirmen im Fokus der Kritik.

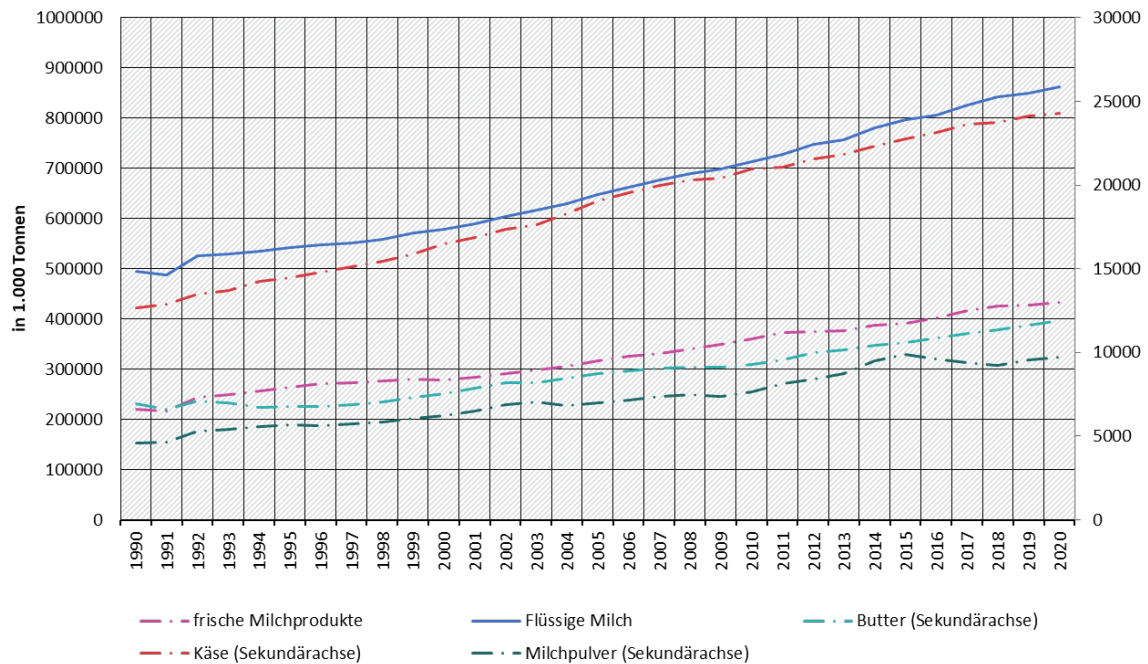
4.4.1.1 Historische Entwicklung und aktueller Stand des globalen Milchkonsums

Die Darstellung der weltweiten und regionalspezifischen Entwicklung des Pro-Kopf-Konsums von Milch und Milchprodukten basiert maßgeblich auf Daten der Food and Agricultural Organization (FAO) (FAO 2022a). Sofern keine weiteren Quellhinweise gegeben werden, fußen die getroffenen Aussagen auf dieser Datenquelle. Entsprechend betrachtet die Ausführung vor allem die Entwicklung in Bezug auf Milch und Milchprodukte (exkl. Butter) wie von den FAO Food Balances definiert, sofern nicht anders gekennzeichnet. Aufgrund einer Veränderung der Berechnungsmethode im Jahr 2010 sind Werte zwischen 1990 – 2009 nicht mit Werten ab 2010 vergleichbar.

4.4.1.2 Globale Trends

Die globale Produktion von Milch verzeichnet seit 1990 ein starkes und stetiges Wachstum. Lag die jährliche globale Produktion flüssiger Milch im Jahr 1990 noch bei 495 Mio. Tonnen, so ist diese seitdem um rund 71,5 % auf knapp 850 Mio. Tonnen im Jahr 2019 angewachsen (Abbildung 53). Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 1,8 %. Die globale Milchproduktion besteht dabei mehrheitlich aus Kuhmilch (81 %), Büffelmilch macht weitere 15 % aus und Kamel-, Ziegen- und Schafsmilch weitere 4 % (OECD und FAO 2021).

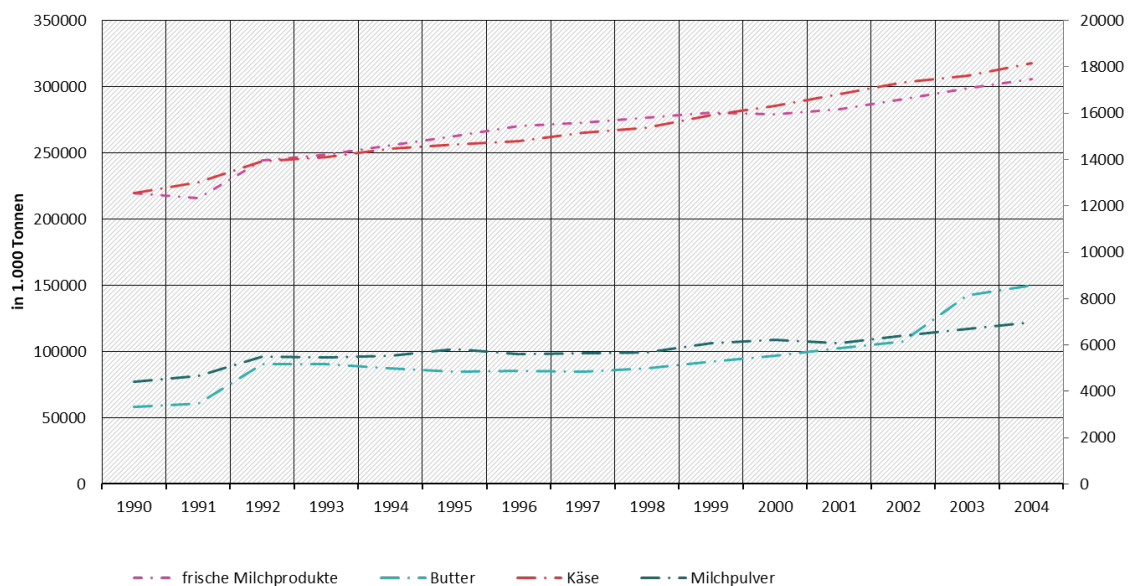
Abbildung 53: Jährliche Milchproduktion weltweit, 1990 – 2019



Quelle: eigene Darstellung, basierend auf OECD (2021a)

Die Produktion von frischen Milchprodukten und Milchpulver ist im selben Zeitraum noch stärker gestiegen. Während sich die Produktion von frischen Milchprodukten von 219 Mio. Tonnen auf 428 Mio. Tonnen fast verdoppelte, stieg auch der Konsum von Milchpulver um 108 % an (Mengenangaben umgerechnet auf Menge der für die Produktion notwendigen Milchäquivalente). Die Produktion von Käse stieg ebenfalls deutlich an, von 12,6 Mio. Tonnen jährlich auf 24,1 Mio. Tonnen.

Abbildung 54: Konsum von Milchderivaten, absolut, weltweit, 1990 – 2019



Quelle: eigene Darstellung, basierend auf OECD (2021a)

Analog zu den Produktionsmengen von Milch- und Milchprodukten ist auch der globale Konsum von Milch und Milchprodukten pro Kopf von einem starken Wachstum seit 1990 geprägt. Besonders stark stieg der Konsum dabei zwischen 1990 und 2009 an. So lag der durchschnittliche Pro-Kopf-Konsum von Milch und Milchprodukten im Jahr 1990 bei 77,2 und im Jahr 2009 bereits bei 87,7 pro Kopf. Zwischen 2010 und 2019 flachte der Anstieg deutlich auf 6,8 % ab. Geprägt war dieses Wachstum dabei insbesondere von einem Anstieg des Pro-Kopf-Konsums in Asien. Dieses betrug seit 2010 durchschnittlich 2,9 % und lag damit deutlich über dem Wachstum in Europa (0,2 %) oder Nordamerika (0,6 %). Gleichwohl liegt das Niveau des Pro-Kopf-Konsums in Asien (48,0 kg) auch 2019 noch deutlich unter dem weltweiten Durchschnitt. Dieser beträgt in 2019 70,8 kg/Jahr.²⁶ Der Kontinent mit dem höchsten Pro-Kopf-Konsum von Milch und Milchprodukten war 2019 Nordamerika (223,8 kg), gefolgt von Europa.

Innerhalb der verschiedenen Milchproduktarten zeichnen sich zudem unterschiedliche Trends ab. So hat sich seit 1990 der Konsum für frische Milchprodukte und Milchpulver fast verdoppelt (Abbildung 54). Am stärksten ist der Anstieg jedoch für Butter, hier hat sich der absolute Milchkonsum nahezu verdreifacht. Die jährlichen durchschnittlichen Wachstumsraten lagen für frische Milchprodukte bei 2,2 %, bei Butter bei 4,3 %, bei Käse bei 2,2 % und bei Milchpulver bei 2,7 % (OECD 2021a).

In Bezug auf den Konsum reiner flüssiger Kuhmilch zeigen kurzfristige Wachstumsdynamiken in den vergangenen vier Jahren auch hier deutliche globale Wachstumsraten auf. So stieg der jährliche globale Konsum von Kuhmilch in den letzten vier Jahren um durchschnittlich 1,2 %. Für diesen begrenzten Zeitraum sind, ähnlich wie im Zusammenhang mit dem Pro-Kopf-Konsum, auch mit Blick auf die Gesamtmenge der konsumierten Milch regional unterschiedliche Trends zu beobachten. Während in den letzten fünf Jahren insbesondere in Asien ein signifikanter Anstieg des Kuhmilchkonsums zu beobachten ist (bspw. Indien: 18 % und China 17 %), stagnierte dieser im gleichen Zeitraum in der EU und nahm in Großbritannien (-10 %) und der USA ab (-4 %) (USDA 2022a).

4.4.1.3 Regionale Trends nach Kontinenten

4.4.1.3.1 Afrika

Der Konsum von Milch und Milchprodukten ist in Afrika mit 24,6 kg pro Kopf im Jahr 2019 der niedrigste aller Kontinente. Auch in Afrika zeigen sich deutliche regionale Unterschiede in der Konsummenge von Milch und Milchprodukten. Während in West- und Zentralafrika die durchschnittliche Konsummenge bei unter 10 kg pro Kopf lag, liegt der Durchschnitt in Nordafrika bei rund 49 kg und in Ostafrika bei 30 kg (Abbildung 55).

Zwischen 1990 bis 2010 war ein durchschnittliches Wachstum des Pro-Kopf-Konsum von rund 27 % zu beobachten. In diesem Zeitraum stieg der durchschnittliche Pro-Kopf-Konsum von 36,6 kg auf 44,71 kg an. Dieser Trend kehrte sich seit 2010 jedoch um. So ist im Zeitraum von 2010 bis 2019 eine Abnahme des Konsumniveaus um rund 11 % zu beobachten.

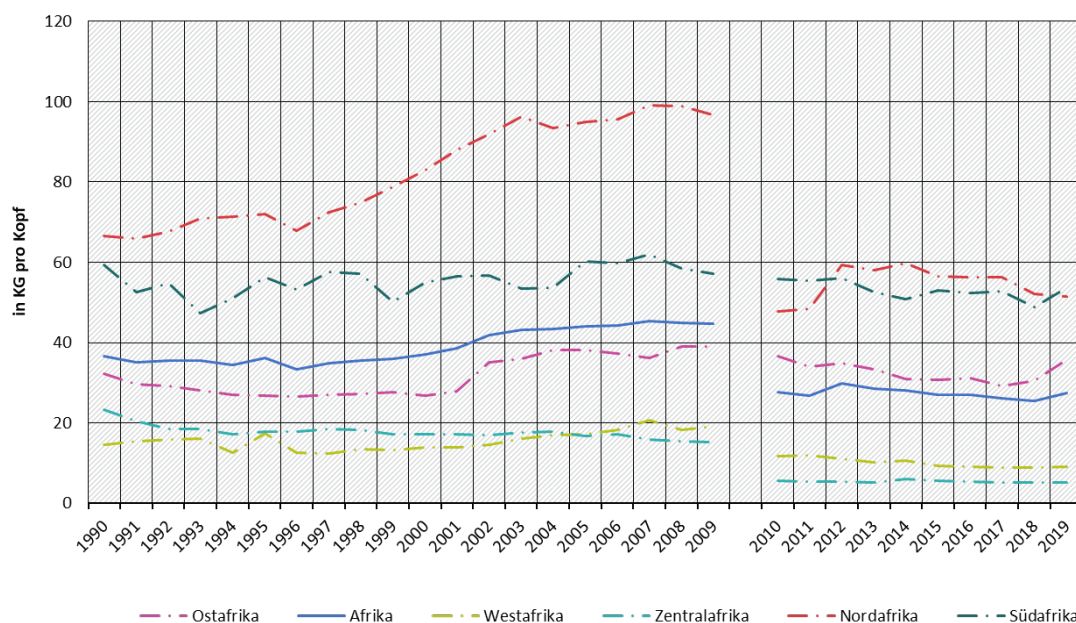
Als zentrale Gründe für das persistent niedrige Pro-Kopf-Niveau werden insbesondere der unzureichende Zugang zu und die mangelnde Bezahlbarkeit von Milch genannt (Hill 2017). Nichtsdestotrotz wird aufgrund von erwartetem Einkommens- und Bevölkerungswachstum von

²⁶ Durch eine Veränderung der Berechnungsmethode ist keine Vergleichbarkeit zu Werten vor 2010 gegeben.

FAO und OECD für die kommenden Jahre ein starker Anstieg des Milchkonsums prognostiziert (FAO o.J.).

Interessant ist außerdem die Produktionsstruktur von Milch in Afrika. So liegt der Anteil Afrikas am weltweiten Viehbestand mit 310 Mio. Tieren deutlich über dem Anteil an der weltweiten Milchproduktion. Während ersteres rund 21 % beträgt, stammt nur ein Bruchteil der globalen Milchproduktion aus Afrika (5,8 %). Ein zentraler erklärender Faktor hierfür sind die kleinbäuerlichen Produktionsstrukturen in Afrika, in welchen 80 % der Milch produziert wird. Auch in Afrika ist jedoch eine zunehmende Kommerzialisierung der Milchproduktion und -versorgung zu beobachten (Ojango et al. 2017).

Abbildung 55: Konsum von Milch- und Milchprodukten (exkl. Butter), Afrika, 1990 – 2019*



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf FAO (2022a); * Aufgrund einer Veränderung in der Berechnungsmethode in den Ursprungsdaten sind Mengenangaben vor 2010 und nach 2010 nur begrenzt vergleichbar.

4.4.1.3.2 Asien

Mit einem Pro-Kopf-Konsum von Milch- und Milchprodukten von rund 48 kg pro Jahr ist Asien im Jahr 2019 der Kontinent mit dem zweitniedrigsten Konsumniveau weltweit. Dabei zeigt eine regionale Betrachtung jedoch deutliche Heterogenität auf. So liegt der Konsum in Zentralasien mit 216 kg nicht nur deutlich über dem Schnitt in Südost-Asien mit lediglich 6,7 kg, auch liegt das Konsumniveau damit deutlich über dem europäischen Durchschnitt.

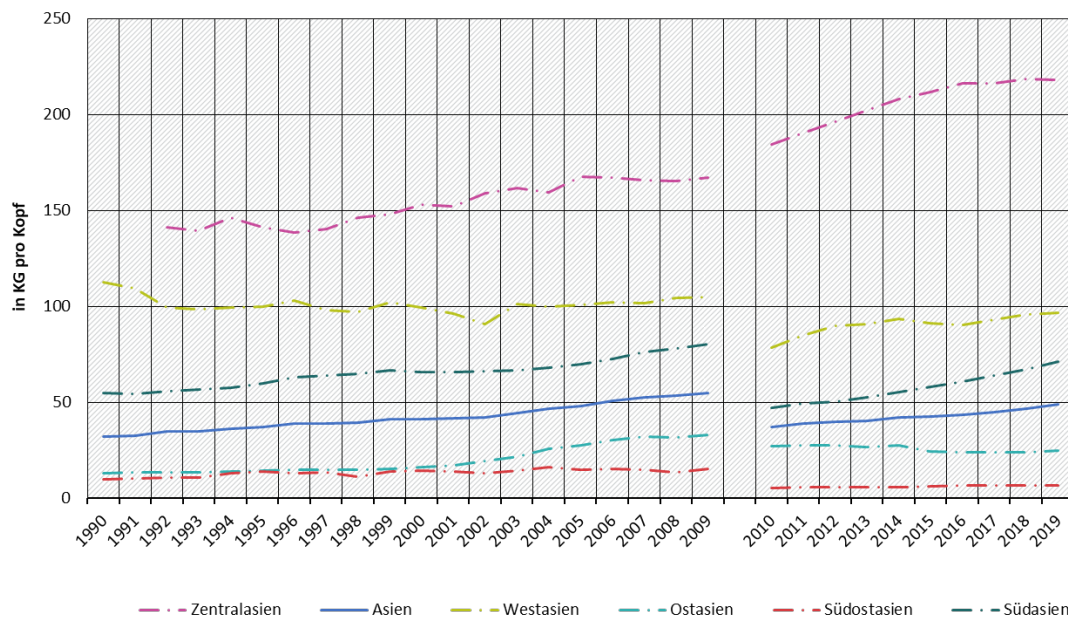
Zugleich konnte in allen asiatischen Regionen ein deutlicher Pro-Kopf-Anstieg verzeichnet werden (siehe Abbildung 56). So lag der Pro-Kopf-Milchkonsum im gesamtasiatischen Schnitt 1990 noch bei 32,0 kg. Zwischen 1990 und 2009 stieg die Konsummenge um 71 % auf durchschnittlich 55 kg an. Ab 2010 beschleunigte sich die Zunahme nochmal leicht und stieg um rund 29% in zehn Jahren. Jahr 2019 lag der durchschnittliche Pro-Kopf-Konsum bei 48,0 kg.²⁷

Einkommenseffekte werden dabei als wesentlicher Faktor für das Wachstum des Pro-Kopf-Konsums in Asien identifiziert (OECD 2021a). Hierbei werden auch die zuvor insbesondere in den USA erfolgreichen Narrative der Milch als elementarem und gesundem Lebensmittel

²⁷ Vergleichbarkeit zu Werten vor 2010 nicht gegeben aufgrund einer Veränderung der Berechnungsmethode in der Datenreihe.

wiederbelebt (Clay und Yurco 2020). Es zeigt sich jedoch, dass kulturelle und gesundheitliche Einflüsse auf die Ernährungsgewohnheiten in Asien das Wachstum teilweise dämpfen (Lee et al. 2015). So ist Milch historisch betrachtet kein bedeutender Teil der Ernährung in vielen asiatischen Ländern. Daneben gibt es physiologische Vorbehalte gegen den Milchkonsum. So herrscht im Nordosten Asiens eine vergleichsweise hohe Laktoseintoleranz (Dong 2006). Eine weitere Besonderheit mit Blick auf die Konsummuster in Asien ist zudem die Bedeutung von Büffelmilch. Der Anteil von Büffelmilch an der insgesamt produzierten Milch liegt in einigen Ländern Asiens leicht bis deutlich über dem von Kuhmilch (Zicarelli 2020).

Abbildung 56: Konsum von Milch- und Milchprodukten (exkl. Butter), Asien, 1990 – 2019*



Quelle: eigene Darstellung basierend auf FAO (2022a); * Aufgrund einer Veränderung in der Berechnungsmethode in den Ursprungsdaten sind Mengenangaben vor 2010 und nach 2010 nur begrenzt vergleichbar.

4.4.1.3.3 China

In China ist zwischen 1990 und 2019 ein deutlicher Wandel in den Konsumtrends zu verzeichnen. Bis zum Beginn der 1980er Jahre bewegte sich das Konsumniveau von Milch auf einem sehr niedrigen Level von lediglich 3 kg pro Kopf und Jahr. Damit lag der chinesische Schnitt deutlich unter dem Mittelwert des asiatischen Kontinents zu dieser Zeit sowie anderer ostasiatischer Länder. Als Gründe für den niedrigen Pro-Kopf-Konsum werden zum einen traditionelle Konsumgewohnheiten, geringe heimische Produktion und somit hohe Preise sowie soziale Normen genannt, zum anderen wurde Milch als Produkt für Kinder und kranke oder alte Menschen angesehen (Issa et al. 2006). Mit Beginn der chinesischen Marktöffnung in den 80er Jahren beschleunigte sich das Wachstum des Pro-Kopf-Konsums jedoch deutlich. Bereits 2000 lag der Konsum mit rund 9,5 kg pro Kopf fast dreimal so hoch, im Jahr 2013 betrug er dann bereits 33,2 kg. Seit 2010 ist aber in China ein gegenteiliger Trend erkennbar, der Milchkonsum sank seitdem um rund 12 %. Trotz der sinkenden Pro-Kopf-Zahlen ist China mit einem jährlichen Konsum von 15 Mio. Tonnen mittlerweile der zweitgrößte Milchkonsument weltweit (USDA 2022a). Neben der wirtschaftlichen Öffnung und dem allgemeinen Einkommenswachstum förderte auch die chinesische Politik das starke Wachstum des Milchkonsums, indem sie die Bedeutung von Milch für eine gesunde Ernährung bewarb (Issa et al. 2006).

4.4.1.3.4 Indien

Der Konsum von Milch und Milchprodukten ist in Indien – wie auch im übrigen Südasien historisch hoch. Bereits in den 1960er Jahren lag der Pro-Kopf-Konsum mit 38 kg deutlich über dem gesamtasiatischen Schnitt. Seit 1990 ist der Milchkonsum konstant gestiegen, um jährlich durchschnittlich 2 %, seit 2010 sogar im Schnitt um 5 % jährlich. Im Jahr 2019 lag der Pro-Kopf-Konsum somit bei rund 74 kg. Dabei variiert das Konsumniveau stark in den einzelnen Regionen. So macht allein der Staat Uttar Pradesh fast 20 % des indischen Milchkonsums aus (USDA 2021). Der wachsende Milchkonsum in Indien kann unter anderem auf einen hohen Anteil Kinder und Jugendlicher an der Gesamtbevölkerung, steigende Einkommen sowie weitere Faktoren wie Urbanisierung, Wandel der Konsummuster sowie einen Ausbau der Verfügbarkeit zurückgeführt werden (ebd.). Heterogene Konsumdaten in verschiedenen indischen Regionen zeigen deutlich auf, dass der Konsum von Milch von kulturellen Faktoren und der traditionellen Bedeutung der Kuhhaltung geprägt ist (Chawla 2009). In absoluten Mengen ist Indien der größte Milchkonsument weltweit (USDA 2022a). Zudem spielt Büffelmilch eine große Rolle in Indien und machte 2019 rund 49 % der gesamten Milchproduktion des Landes aus (USDA 2021).

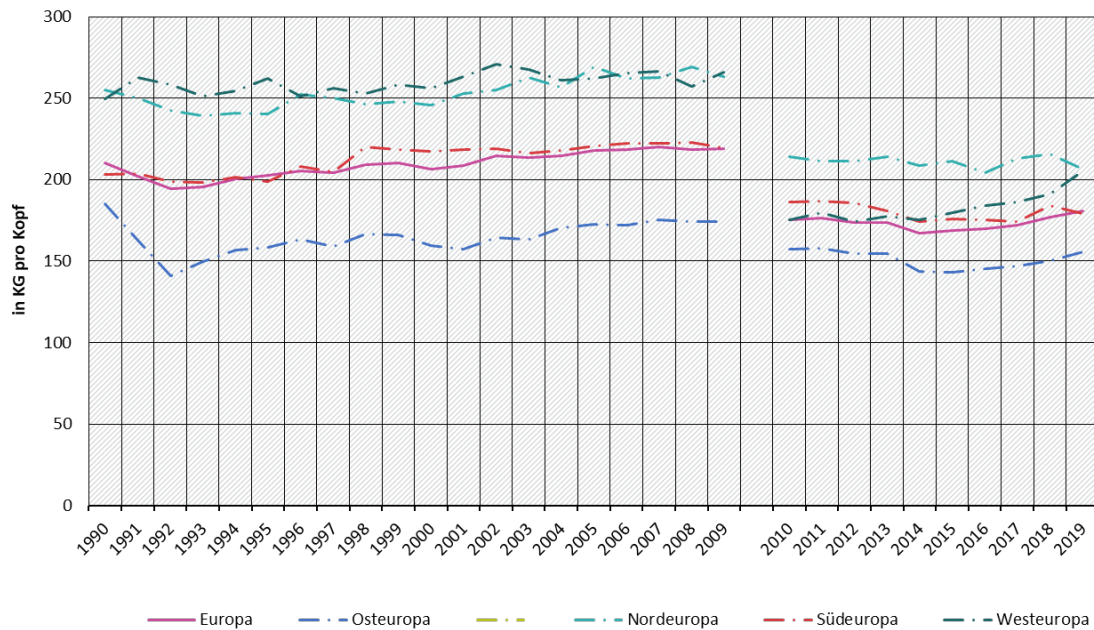
4.4.1.3.5 Europa

Der Konsum von Milch und Milchprodukten in Europa liegt 2019 bei knapp 178 kg pro Kopf. Damit ist Europa in Bezug auf den Pro-Kopf-Konsum der zweitgrößte Konsument für Milchprodukte im Kontinentalvergleich. Dabei liegt der nordeuropäische Konsum mit 210 kg pro Kopf deutlich oberhalb des osteuropäischen Durchschnittes in Höhe von rund 155 kg. Insgesamt belief sich der Konsum flüssiger Milch in Europa im Jahr 2019 auf rund 23,4 Mio. Tonnen. Europa ist somit nach Indien der zweitgrößte Konsument von flüssiger Kuhmilch. Der Konsum von Käse machte weitere 9 Mio. Tonnen aus (USDA 2022a). Der Konsum frischer Milchprodukte beläuft sich sogar auf 44,9 Mio. Tonnen jährlich (OECD 2021a).

In Europa ist der durchschnittliche Pro-Kopf-Milchkonsum seit dem Jahr 1990 nahezu konstant auf einem sehr hohen Niveau verblieben (Abbildung 57). So lag dieser bereits 1990 bei knapp 210 kg und stieg bis zum Jahr 2009 nur leicht um durchschnittlich 0,22 % pro Jahr. In den folgenden Jahren nahm das Wachstum noch weiter ab und lag zwischen 2010 und 2019 lediglich bei durchschnittlich 0,18 %.

Das hohe Niveau des Pro-Kopf-Milchkonsums in Europa lässt sich insbesondere auf die Entwicklung der Milch hin zu einem zentralen Bestandteil der Ernährung westlicher Industrienationen seit dem 19. Jahrhundert zurückführen (Clay und Yurco 2020). Insbesondere im 20. Jahrhundert war ein starker Anstieg der Milchproduktion mit einer begleitenden intensivierten Vermarktung der Milch zu beobachten. Gleichzeitig lässt sich in Europa in den letzten Jahren ein zunehmendes Bewusstsein für die Auswirkungen des Milchkonsums und der Produktion auf Umwelt und Gesundheit ausmachen. In Angesicht dessen wird im OECD-FAO Agricultural Outlook (OECD und FAO 2021) eine zunehmende Bedeutung nicht tierischer Milchalternativen prognostiziert.

Abbildung 57: Konsum von Milch- und Milchprodukten (exkl. Butter), Europa, 1990 – 2019*



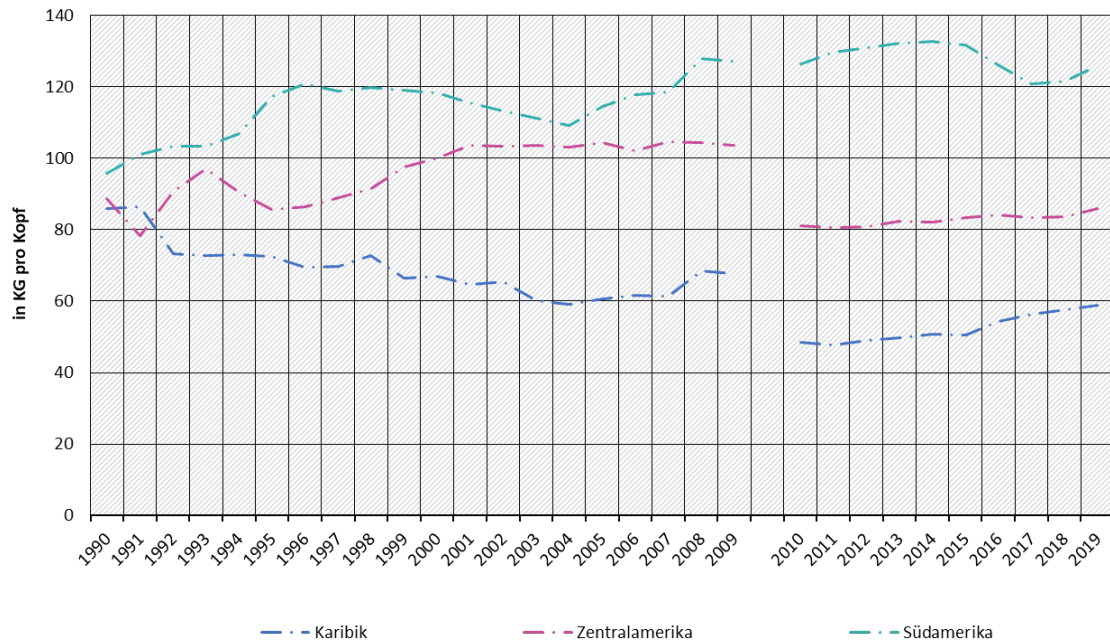
Quelle: eigene Darstellung basierend auf FAO (2022a);* Aufgrund einer Veränderung in der Berechnungsmethode in den Ursprungsdaten sind Mengenangaben vor 2010 und nach 2010 nur begrenzt vergleichbar.

4.4.1.3.6 Lateinamerika und Karibik

In Lateinamerika sind unterschiedliche Trends in den verschiedenen Regionen beobachtbar. So liegt der Pro-Kopf-Konsum von Milch und Milchprodukten in Südamerika deutlich oberhalb des Konsums in Zentralamerika und der Karibik (Abbildung 58). In Südamerika ist der Pro-Kopf-Milchkonsum zwischen 1990 und 2010 um insgesamt 32,9 % gestiegen, von 95,7 kg auf 127,2 kg pro Jahr. Zwischen 2010 und 2019 ist der Pro-Kopf-Konsum hingegen um rund 4 % gesunken und liegt 2019 bei 121,4 kg. In Zentralamerika lag der Konsum 1990 hingegen lediglich bei 88,7 kg. In den folgenden Jahren, bis 2009, lag das durchschnittliche Wachstum dann bei 0,8 %, bevor dieses dann von 2010-2019 auf 0,3 % absank. Im Jahr 2019 lag der durchschnittliche Pro-Kopf-Milchkonsum in Mittelamerika bei 83,1 kg. Während das Ausgangsniveau in der Karibik mit einem Pro-Kopf-Milchkonsum von 86,0 kg über dem in Mittelamerika lag, sank dieses in den folgenden Jahren um durchschnittlich 1,2 %. Im Zeitraum von 2010 bis 2019 wuchs der Pro-Kopf-Milchkonsum jedoch wieder leicht um jährlich 1,7 %. Im Jahr 2019 lag das Niveau des Pro-Kopf-Milchkonsums in der Karibik bei 56,3 kg. Der durchschnittliche Pro-Kopf-Konsum in Mittelamerika und der Karibik liegt also in der Nähe des weltweiten Durchschnitts, während er in Südamerika deutlich darüber liegt.

Für Latein- und Mittelamerika ist ein allgemeiner Trend hin zu mehr tierischen Lebensmitteln zu beobachten. Zentrale Faktoren sind hierbei insbesondere das Einkommenswachstum und eine Zunahme des Handels in der Region seit Mitte der 2000er Jahre (Popkin und Reardon 2018). Auch die Liberalisierung der Lebensmittelmärkte in der Region spielt bei dem beobachteten Konsumanstieg eine wichtige Rolle. So führte der Markteintritt von multinationalen Unternehmen wie beispielsweise Nestlé zu einer stark erhöhten Verfügbarkeit von und einem vereinfachten Zugang zu Milchprodukten.

Abbildung 58: Konsum von Milch- und Milchprodukten (exkl. Butter), Lateinamerika, 1990 – 2019*



Quelle: eigene Darstellung basierend auf FAO (2022a);* Aufgrund einer Veränderung in der Berechnungsmethode in den Ursprungsdaten sind Mengenangaben vor 2010 und nach 2010 nur begrenzt vergleichbar.

4.4.1.3.7 Nordamerika

Der nordamerikanische Pro-Kopf-Konsum von Milch und Milchprodukten ist mit 223,8 kg im Jahr 2019 der höchste der Welt (FAO 2022a). Dabei liegt der US-amerikanische Konsum mit 230 kg pro Kopf deutlich oberhalb des kanadischen Durchschnittes in Höhe von rund 160 kg. Insgesamt belief sich der Konsum flüssiger Milch auf rund 20,5 Mio. Tonnen. Damit ist die USA nach Indien und der EU der drittgrößte Konsument von flüssiger Kuhmilch. Der Konsum von Käse machte weitere 5,7 Mio. Tonnen aus (USDA 2022a).

Ähnlich wie in Europa wuchs der Pro-Kopf-Konsum in Nordamerika jedoch seit 2010 nur noch leicht, um rund 9 % in Kanada und 5,5 % in den USA. Bis 2010 nahm der Milchkonsum in Nordamerika sogar ab. Im Jahr 1990 lag der durchschnittliche Pro-Kopf-Milchkonsum in Nordamerika bei 252,76 kg. Bis zum Jahr 2009 nahm dieser dann durchschnittlich 0,04 % pro Jahr ab. Ein Großteil dieses Rückgangs ist dabei auf einen sinkenden Pro-Kopf-Konsum in Kanada zurückzuführen.

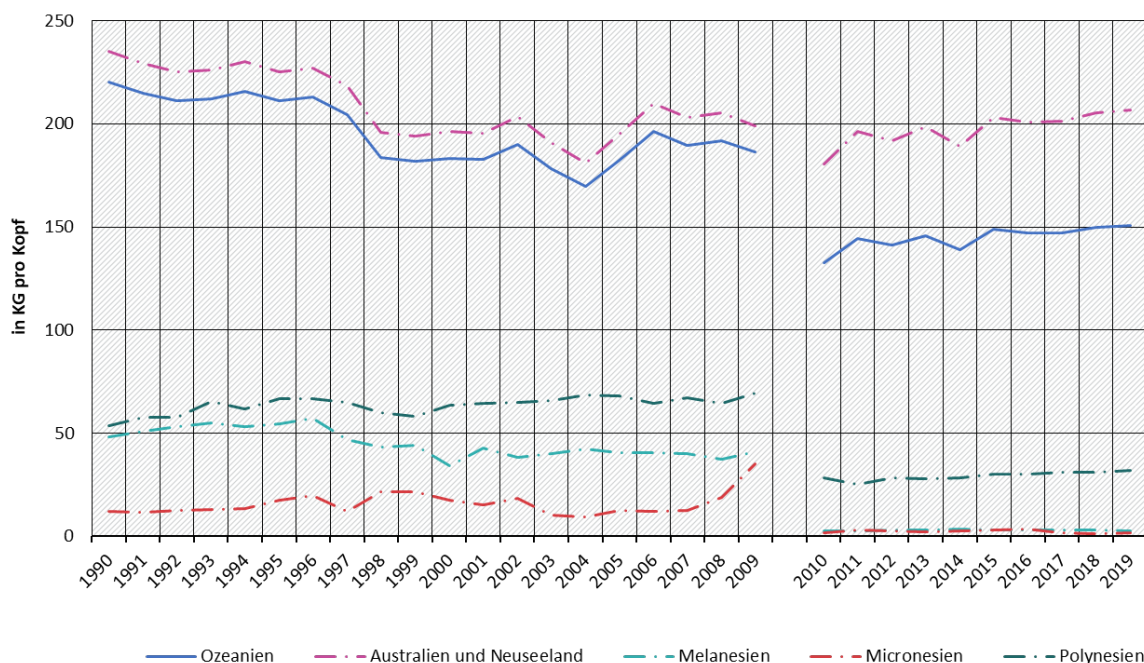
Ähnlich wie in Europa lässt sich auch die Entwicklung in Nordamerika durch einen starken Anstieg der Produktion und des Konsums von Milch und Milchprodukten im Laufe des 20. Jahrhunderts erklären. Dieser Anstieg war verbunden mit der Verbreitung von Narrativen zur Gesundheitsförderlichkeit des Milchkonsums. Die Basis für solch einen Anstieg wurde außerdem insbesondere durch landwirtschaftliche Forschung und Gesetzgebungen gelegt, welche eine zunehmende Intensivierung und Spezialisierung landwirtschaftlicher Produktion erlaubten (Clay und Yurco 2020). Ab Mitte des 20. Jahrhunderts flachte dieser Trend jedoch auf einem hohen Niveau ab. Auch in Nordamerika lässt sich zudem in jüngerer Vergangenheit ein Bedeutungsgewinn von pflanzlichen Milchalternativen beobachten. So lag der Umsatz mit pflanzlichen Milchalternativen beispielsweise in den USA im Jahr 2021 bei 2,6 Mrd. \$. Dieser konnte in den drei Jahren davor außerdem einen Anstieg um 33 % verzeichnen (Allen 2019).

4.4.1.3.8 Australien und Ozeanien

Auch in Ozeanien ist mit einem Pro-Kopf-Konsum von derzeit 150,5 kg ein hohes Konsumniveau zu beobachten (Abbildung 59). Dies wird jedoch im Wesentlichen durch einen hohen Milchkonsum in Australien und Neuseeland getrieben, in den Inselstaaten Ozeaniens liegt der Konsum deutlich niedriger. Zudem übersteigt der Pro-Kopf-Konsum in Australien (230 kg) den Konsum in Neuseeland deutlich (130 kg). Dabei dominiert in Australien insbesondere der Konsum flüssiger Milch und frischer Milchprodukte, während in Neuseeland der Konsum von Butter und Käse überwiegt (OECD 2021a).

In Neuseeland und Australien ist der Pro-Kopf-Milchkonsum zwischen 1990 und 2010 von 235 kg 1990 auf 199 kg im Jahr 2009 gefallen. In den folgenden Jahren ist er um jährlich durchschnittlich 0,9 % zurückgegangen. Zwischen 2010 und 2019 ist dann ein leichter Anstieg zu beobachten um im Schnitt 1,4 % pro Jahr. In den anderen ozeanischen Inselstaaten ist hingegen der Konsum insbesondere nach 2010 nahezu konstant geblieben (FAO 2022a).

Abbildung 59: Konsum von Milch- und Milchprodukten (exkl. Butter), Ozeanien, 1990 – 2019*



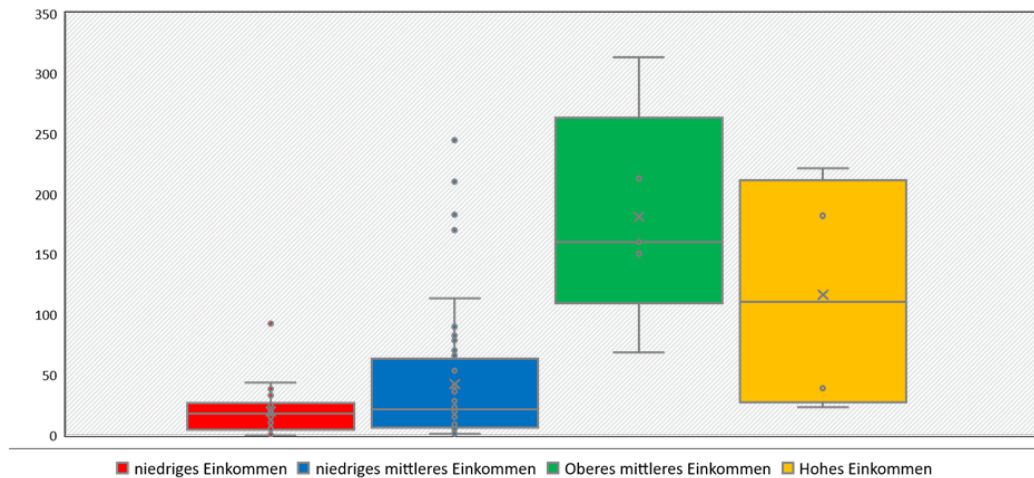
Quelle: eigene Darstellung basierend auf FAO (2022a);* Aufgrund einer Veränderung in der Berechnungsmethode in den Ursprungsdaten sind Mengenangaben vor 2010 und nach 2010 nur begrenzt vergleichbar.

4.4.1.4 Trends nach Einkommensgruppen

Die regionale Betrachtung des Konsums von Milch und Milchprodukten zeigt deutliche globale Unterschiede im jährlichen Pro-Kopf-Konsum auf. Abbildung 60 zeigt die Verteilung des durchschnittlichen Pro-Kopf-Konsums nach verschiedenen Einkommensstufen auf. Diese zeigt eine deutliche Korrelation zwischen Pro-Kopf-Konsum und Einkommen. Für Länder mit einem niedrigen Pro-Kopf-Einkommen liegt der durchschnittliche jährliche Milchkonsum bei rund 21 kg, in Ländern mit niedrigen mittleren Einkommen bereits bei 42,4 kg. In Ländern mit oberen mittleren sowie hohen Einkommen liegt der durchschnittliche Pro-Kopf-Konsum deutlich höher. Es zeigt sich jedoch auch eine erhöhte Varianz in den beobachteten Konsumniveaus mit steigendem Einkommen. Deutliche Ausreißer nach unten sind beispielsweise Südkorea mit lediglich 8,6 kg pro Kopf trotz einem hohen Einkommensniveau oder Finnland, dass mit 336 kg

einen Konsum deutlich oberhalb des europäischen Durchschnitts aufweist. Dies unterstreicht die Bedeutung kulturell geprägter Ernährungsgewohnheiten. Zudem zeigen insbesondere Länder mit hohen Einkommen trotz weiterwachsendem Wohlstand eine zunehmende Sättigungstendenz auf. Der Milchkonsum stagniert auf hohem Niveau oder geht leicht zurück.

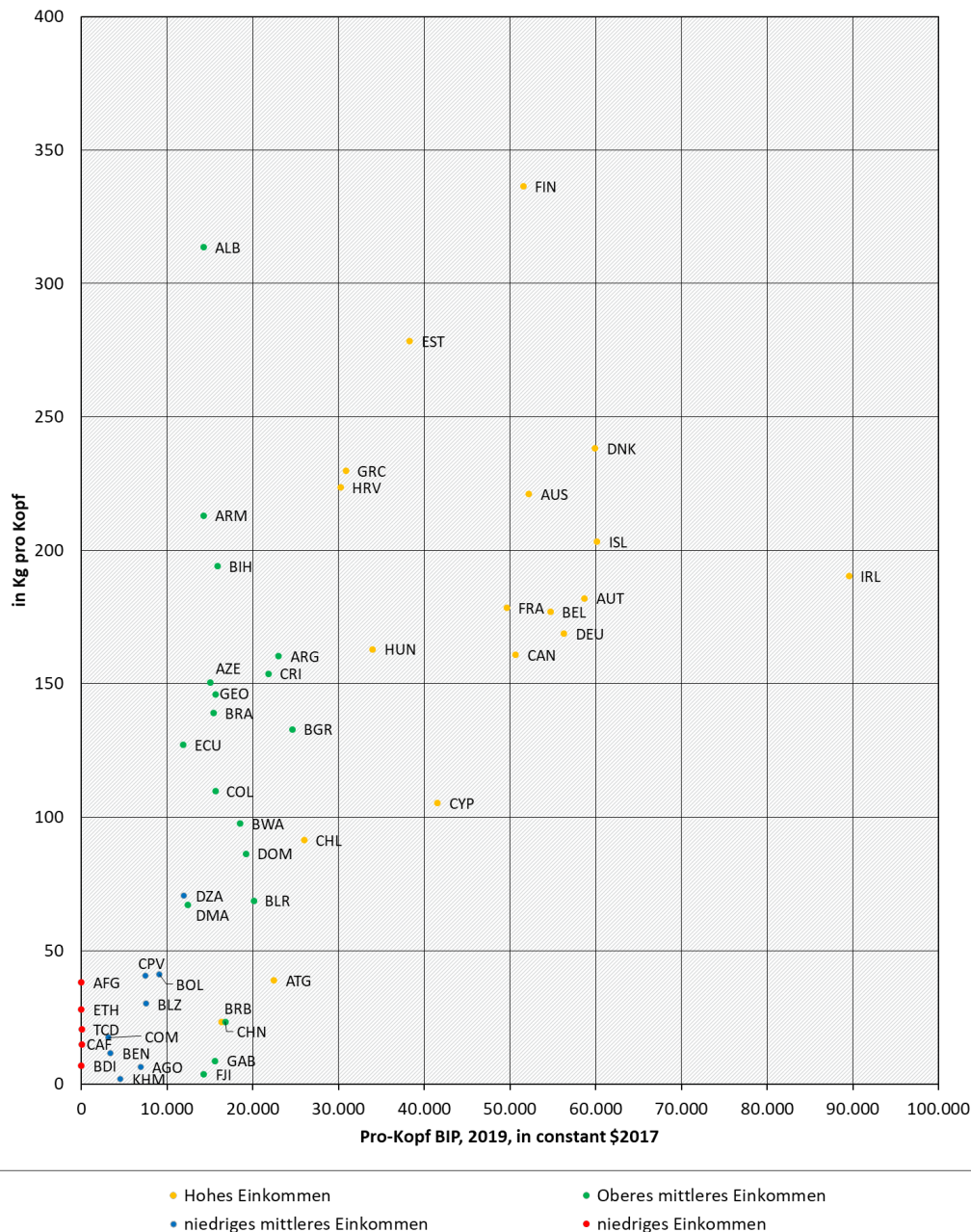
Abbildung 60: Verteilung des Pro-Kopf-Konsums von Milch und Milchprodukten (exkl. Butter) nach Einkommen



Quelle: eigene Darstellung basierend auf FAO (2022a) und World Bank (2022a)

Auch der Scatterplot in Abbildung 61 zeigt einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem Pro-Kopf-Konsum von Milch und Milchprodukten (exkl. Butter) je Land und dem dortigen Einkommen auf. Auch hier zeigt sich beispielsweise ein vergleichsweise niedriger Pro-Kopf-Konsum in Luxemburg (102 kg), den Arabischen Emiraten (29 kg) oder Kuwait (39 kg). In Albanien, Usbekistan oder Armenien zeigt sich hingegen beispielsweise ein deutlich höherer Pro-Kopf-Konsum als im europäischen Durchschnitt trotz niedrigerem Einkommensniveau.

Abbildung 61: Pro-Kopf-Konsum und Einkommen, ausgewählte Länder, 2020

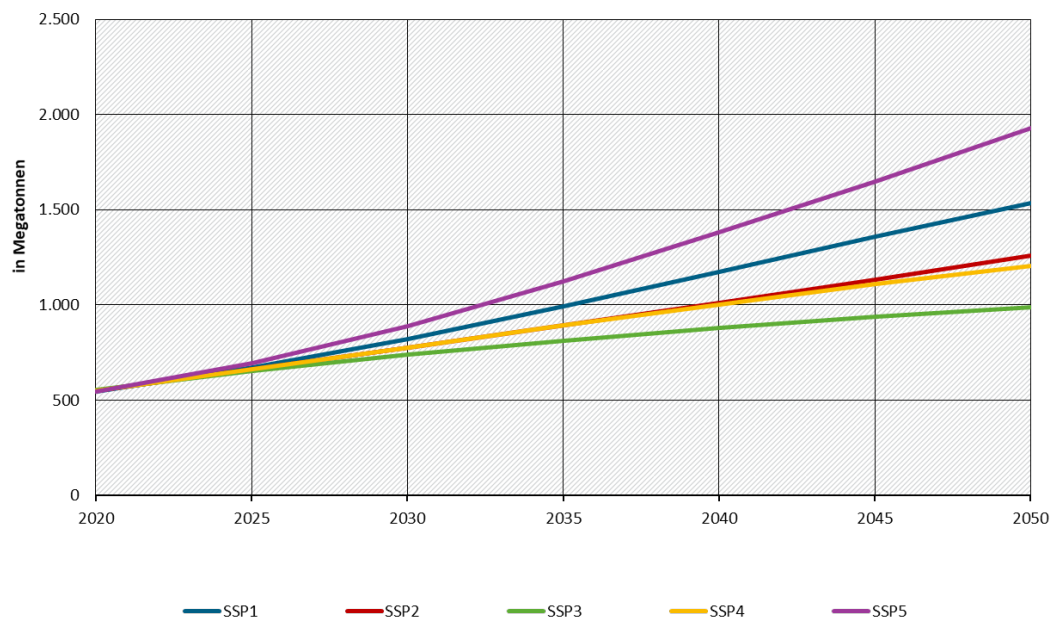


Quelle: eigene Darstellung basierend auf FAO (2022a) und World Bank (2022a)

4.4.1.5 Zukünftige Entwicklung des globalen Milchkonsums

Im Folgenden erfolgt eine Projektion des globalen Konsums von Milch- und Milchprodukten für das Jahr 2050 auf Basis der Daten der World Food Balance (FAO 2022b) (Abbildung 62). Dabei wird davon ausgegangen, dass sich der Milchkonsum proportional zum Einkommens- und Bevölkerungswachstum entwickelt. Zwar zeigen die zuvor aufgeführten Trends zum Milchkonsum in höheren Einkommensgruppen die Relevanz von Sättigungseffekten sowie von kulturell bedingten Essgewohnheiten auf. Zugleich ist jedoch auch ein deutlicher Zusammenhang von Konsumniveau und Einkommen gezeigt worden, sodass im Folgenden von anderen Einflussfaktoren abstrahiert wird. Um die Relevanz dieser Vereinfachung zu evaluieren, werden die so generierten Ergebnisse mit weiteren verfügbaren Projektionen verglichen.

Abbildung 62: Szenarien der zukünftigen Entwicklung des globalen Konsums von Milchprodukten bis 2050



Quelle: eigene Darstellung basierend auf Daten von FAO (2022a) sowie der IIASA-WiC Bevölkerungs-Projektionen (KC und Lutz 2017; Riahi et al. 2017) und den Einkommensprojektionen der OECD auf Basis des ENV-Wachstumsmodells (Dellink et al. 2017).

Im Jahr 2050 ergibt sich in Abhängigkeit der zugrunde gelegten Bevölkerungs- und Einkommensdynamiken ein Pro-Kopf-Konsums von Milchprodukten zwischen 99–225 kg. Die absoluten Konsummengen liegen demnach zwischen 987–1.927 Megatonnen. Im Szenario mit der stärksten Wachstumsdynamik entspricht dies dem rund 3,5-fachen der heutigen globalen Konsummenge. Tabelle 38 fasst die Ergebnisse der Projektion zusammen. So liegt die jährliche Wachstumsrate der Pro-Kopf-Milchmenge zwischen 1,0 und 3,9 %.

Tabelle 38: Entwicklung der Konsummenge von Milch und Milchprodukten

Szenario	Absolute Konsummenge (Megatonnen) 2050	Pro-Kopf-Konsum (kg)	Jährliche Wachstumsrate
SSP1	1.536,2	181,6	3,1 %
SSP2	1.257,8	137,3	2,2 %
SSP3	987,4	99,2	1,0 %
SSP4	1.203,5	132,0	2,0 %
SSP5	1.927,7	225,3	3,9 %

Quelle: eigene Berechnung basierend auf Daten der FAO (FAO 2022a) sowie der IIASA-WiC Bevölkerungs-Projektionen (KC und Lutz 2017; Riahi et al. 2017) und den Einkommensprojektionen der OECD auf Basis des ENV-Wachstumsmodells (Dellink et al. 2017).

Eine Vergleichbarkeit zu anderen Studien ist nicht uneingeschränkt möglich, da nicht immer dieselbe Grunddefinition des Milchkonsums zugrunde gelegt wird. Zudem zeigen verschiedene Studien auf, dass die Einkommenselastizität von Lebensmitteln kleiner eins ist, das heißt der Konsum von Lebensmitteln unterproportional zum Einkommen steigt (Revell 2015).

In Bezug auf den Konsum flüssiger Milch kommt eine Studie von Revell (2015) zu dem Ergebnis, dass der globale Konsum bis 2050 auf 1.041,5 Megatonnen ansteigen wird. Dies entspricht einem Pro-Kopf-Konsum in Höhe von rund 110 kg. Dabei geht die Studie davon aus, dass bei einem 10 %-igen Anstieg des Einkommens der Konsum von Milch um lediglich 4,1 % steigen wird. Ein Großteil des Anstiegs der absoluten Konsummenge ist zudem durch einen Anstieg der Bevölkerungsentwicklung zu erklären. Während die absolute Konsummenge um insgesamt rund 60 % steigt, steigt der Pro-Kopf-Konsum nur um 16 % (Revell 2015).

Alexandratos und Bruinsma (2012) betrachten in ihrer Studie alle Milchprodukte in Form von Milchäquivalenten und projizierten für 2050 ein Pro-Kopf-Konsum aller Milcharten in Höhe von rund 99 kg (basierend auf der alte Berechnungsmethode der FAO) bzw. absolut rund 1.086,4 Megatonnen. Dies entspricht einer jährlichen Wachstumsrate des Pro-Kopf-Konsums von 1,1 %. Dabei wird das Wachstum wesentlich von einem Wachstum im globalen Süden getrieben. Während der Konsum pro Kopf gemäß ihrer Berechnung zwischen 2007 und 2050 nur um 10 % in den Ländern des globalen Nordens wächst, wächst er um rund 46 % in Ländern des globalen Südens.

Der FAO-OECD Agricultural Outlook prognostiziert einen Anstieg der globalen Produktionsmengen für Milch bis 2030 auf 1.019 Millionen Tonnen. Dies entspricht einer jährlichen Wachstumsrate von 1,6 % (OECD und FAO 2021).

Tabelle 39: Vergleich der Projektion zu Referenzberechnungen

Szenario	Bemessungs- grundlage	Pro-Kopf-Konsum (kg) in 2050	Jährliche Wachstumsrate (pro Kopf)	Absolute Konsummenge (Megatonnen) 2050
Eigene Berechnung (basierend auf Pro-Kopf- Menge)	Milch und Milchprodukte	97,3 - 220,8	1,1 – 3,9%	987 – 1927
Revell (2015)	Flüssige Milch	110	0,3 %	1041,5
Alexandros und Bruinsma (2012)	Milch und Milchprodukte	99	1,1 %	1086
OECD (2021)	Milchproduktion	NA	1,6%	1019

Quelle: eigene Zusammenstellung

Die jährlichen Wachstumsraten der Vergleichsstudien liegen somit unterhalb der im Rahmen dieser Studie projizierten Werte. Dies verdeutlicht, dass eine Integration von Elastizitäten sowie die Berücksichtigung von Veränderungen in den Konsumgewohnheiten zu einer Verfeinerung der präsentierten Ergebnisse führen kann. Dies gilt es auch bei der nachfolgenden Betrachtung der künftigen globalen Umweltauswirkungen durch den Milchkonsum zu berücksichtigen.

4.4.1.6 Umweltwirkungen

Die Produktion tierischer Lebensmittel steht vor großen Herausforderungen. Nicht nur durch die Nutzung fossiler Rohstoffe entstehen in hohem Maße Treibhausgasemissionen. Auch durch die tierische Verdauung entstehen hochwirksame Treibhausgase, welche nur durch eine Reduktion der gehaltenen Tiermenge maßgeblich reduziert werden können. Dabei gilt es außerdem darauf hinzuweisen, dass im Rahmen dieser Studie nur das Treibhausgas CO₂

betrachtet wurde, zurückgehend auf die Grenzwerte, die im Konzept der Planetaren Grenzen von Steffen et al. (2015) benannt wurden (Methan- und Lachgasemissionen von Milchprodukten sind ferner in der Studie von Willett et al. (2019) berücksichtigt). Andere, ebenfalls relevante, Treibhausgase wie Methan oder Lachgas werden nicht betrachtet.

Tabelle 40 zeigt die Auswirkungen des globalen Konsums von Kuhmilch auf die planetaren Grenzen. Ohne technischen Wandel würde der Anstieg des globalen Milchkonsums die Umweltbelastung durch die betrachteten Umweltfaktoren um 356 % im Maximum (SSP5) steigen lassen. Insbesondere in den Bereichen CO₂ und Stickstoff würde in diesem Falle allein der Konsum von Milch und Milchprodukten 79,6 % bzw. 15,8 % der globalen Belastungsgrenzen einnehmen. Auch die globale Süßwasserverfügbarkeit würde durch den Konsum von Milch- und Milchprodukten stark beansprucht.

Durch umfangreichen Wandel, wie im GreenSupreme-Szenario angenommen, kann der Anstieg der Umweltwirkungen insbesondere in Bezug auf die CO₂-Emissionen deutlich reduziert werden. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass in der Dimension Klimawandel nicht alle Treibhausgasemissionen berücksichtigt werden. Insbesondere die Emissionen von Methan und Lachgas müssen als relevant eingestuft werden, sind jedoch nicht in der Berechnung enthalten²⁸.

Tabelle 40: Umweltwirkungen des Milchkonsums heute und 2050 weltweit

Planetare Grenze	Kontrollvariable	Umweltwirkung			Grenzwert/ Budget ²⁹	Künftiger Anteil an PG	
		Heute (2019)	Ohne tech. Änd. 2050 (SSP5)	Mit tech. Änd. nach Green-Supreme 2050 (SSP2)		2050 (SSP5)	Green Supreme (SSP2)
Klimawandel	CO ₂ [Gt/a] ³⁰	0,29	1,0	0,02	1,2 – 1,5	79,6 %	1,6 %
Landnutzung	Waldverlust [km ²]	1.611	5.729,8	3.626	5.130.000	0,11 %	0,07 %
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [t/a]	54,7	194,7	175,4	6.200.000	0,00 %	0,00 %
	Stickstoff [Mio. t/a]	2,8	9,8	5,7	62	15,8 %	9,2 %
Süßwasser	Süßwasser [Mrd. m ³ /a]	61,7	219,5	142,0	4.000	5,5 %	3,5 %

²⁸ Zur Einschätzung der Größenordnung kann der Beitrag zum GWP100 Aufschluss geben (Der GWP 100 von 1 kg Milch liegt 2020 bei 1,7 kg CO₂-Äq; in 2050 bei 1,1 kg CO₂-Äq). Der Beitrag zur Klimaerwärmung von Methan und Lachgas liegt im Jahr 2020 bei je rund 31 % und 14 %, im Jahr 2050 verschieben sich die Anteile auf Grund der Defossilisierung (nach GreenSupreme) auf 46 % und 21 %.

²⁹ Budget aus heutiger Sicht. Die Grenzwerte werden für 2050 übernommen. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass die Grenzwerte sich verändern können, bspw. durch eine hohe Akkumulation der Grenzwertüberschreitungen in den vorangegangenen Jahren.

³⁰ Enthält keine Methan- und Lachgasemissionen.

Quelle: eigene Berechnungen von ifeu und ecoinvent sowie Darstellung auf der Basis von Steffen et al. (2015) und Dittrich et al. (2020a, 2021a).

In Bezug auf die verbleibenden Umweltwirkungen steigen jedoch selbst bei Umsetzung der GreenSupreme-Annahmen die globalen Umweltwirkungen des Konsums von Milchprodukten deutlich an. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass die Umweltfaktoren der Milchproduktion in Bezug auf Forstflächenbedarf, Phosphorflüsse und Süßwasserverbrauch durch die Transformation nur leicht reduziert werden. Als Konsequenz steigt trotz Umsetzung der GreenSupreme-Annahmen die Inanspruchnahme der planetaren Grenzen in diesen Bereichen aufgrund des stark steigenden Konsumniveaus deutlich an. Dennoch kann durch die Transformation die Inanspruchnahme der globalen Budgets deutlich reduziert werden. Während in Bezug auf das CO₂-Budget nur noch 1,6 % des verbleibenden jährlichen Restbudgets in Anspruch genommen werden, bleibt die Inanspruchnahme des globalen Budgets durch den Milchkonsum insbesondere in den Bereichen Süßwasser und Stickstoffflüsse hoch.

4.4.1.7 Zwischenfazit

Die Betrachtung des globalen Milchkonsums und die Projektion seiner zukünftigen Entwicklung liefern eine Reihe von wichtigen Erkenntnissen. So zeigt sich insbesondere bei dessen regionaler Betrachtung ein starker Zusammenhang zwischen dem Einkommen und dem Milchkonsum. Auch wird in der Literatur zum Milchkonsum dieser Zusammenhang immer wieder beschrieben. Vor allem in Ländern mit niedrigen Einkommen stellt dies ein wesentliches Hemmnis für einen höheren Konsum von Milch und Milchprodukten dar. Mit zunehmendem Einkommen nimmt aber auch die Bedeutung der kulturellen Essgewohnheiten, mit dem Milchkonsum verknüpfte Narrative sowie die Substitution durch Milchalternativen eine relevante Rolle ein.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde aufbauend auf die historische Betrachtung des Milchkonsums eine Projektion dessen für das Jahr 2050 durchgeführt. Die Pro-Kopf-Konsummenge von Milch und Milchprodukten im Jahr 2050 kann unter Berücksichtigung globaler Einkommensdynamiken auf 99 – 225 kg steigen. Die jährliche Wachstumsrate des Milchkonsums liegt in den betrachteten Szenarien zwischen 1,1 – 3,9 %.

In Bezug auf die Inanspruchnahme des globalen Budgets zeigt sich insbesondere in Bezug auf die CO₂-Emissionen und Stickstoff ein hoher Beitrag des Milchkonsums an der Inanspruchnahme der planetaren Budgets. Ohne Transformation kann der globale Milchkonsum im Jahr 2050 bis zu 15 % des globalen Budgets für Stickstoffemissionen in Anspruch nehmen. Während in Bezug auf die CO₂-Emissionen durch eine Transformation entlang der GreenSupreme-Annahmen eine maßgebliche Reduktion der Umweltwirkung erzielt werden kann, bleibt die Auslastung in Bezug auf andere Umweltfaktoren hoch, da eine leichte Reduktion der Umweltwirkungen durch die Transformation durch den starken Anstieg des Gesamtkonsums überkompensiert wird.

4.4.2 Repräsentatives Gut 2: Auto

Seit der Erfindung des Vorläufers des heutigen, modernen Automobils, das 1886 von Carl Benz patentiert wurde, hat die Automobilbranche weltweit verschiedenste Phasen durchlebt (Mercedes-Benz Group 2022). Nach den Entwicklungen des Benzinmotors durch Gottlieb Daimler und des Dieselmotors durch Rudolf Diesel stellte Ferdinand Porsche um 1900 das erste Elektroauto vor. Die Massenproduktion und Verbreitung des Autos wurde schließlich durch Henry Ford revolutioniert (AGVS o.J.). Derzeit liegt der weltweite Autobestand (ohne Nutzfahrzeuge) bei über 1,2 Mrd. – das entspricht beinahe einer Verdreifachung ausgehend vom Bestand im Jahr 1990 (UBA 2022b).

Die zunehmende Mobilität durch das private Auto hat die Gesellschaft in vielerlei Hinsicht geprägt. Distanzen können heute schneller und in kürzester Zeit zurückgelegt werden. Pendeln, Einkäufe und andere Besorgungen, Freizeitaktivitäten und Urlaub lassen sich mit dem Auto bequem und flexibel bewältigen. Die Motive für die Nutzung privater Pkws sind vielfältig. Das Auto bietet ein Maß an Individualität, welches von anderen Transportmitteln in dieser Form nicht geleistet werden kann. Verfügbarkeit und Bequemlichkeit, aber auch Reisezeit, die Möglichkeit der Reiseverkettung und Kosten sind ausschlaggebende Faktoren für die Wahl des Pkws als Transportmittel (Tfl o.J.).

Der Transportsektor, insbesondere die zunehmende Nutzung der Pkws mit Verbrennermotoren, war 2021 für 8 % der weltweiten direkten CO₂-Emissionen verantwortlich (IEA 2022a). Der motorisierte Individualverkehr emittierte im Jahr 2019 rund 6,1 Gt CO₂. Für das Jahr 2020 verzeichnete die Internationale Energieagentur (IEA) einen Rückgang der Emissionen um knapp 10 %. 2021 stiegen die globalen CO₂-Emissionen aus dem gesamten Verkehrssektor allerdings wieder um 8 % auf fast 7,7 Gt CO₂, nachdem Pandemiebeschränkungen aufgehoben wurden und die Personen- und Warenbewegungen wieder wuchsen. Insgesamt stiegen die durch den Verkehr verursachten Emissionen von 1990 bis 2021 mit einer durchschnittlichen jährlichen Rate von fast 1,7 %, schneller als jeder andere Endverbrauchssektor (IEA 2022b; a).

Elektrofahrzeuge stellen heute eine wichtige Schlüsseltechnologie dar, die zur Dekarbonisierung des Straßenverkehrs beitragen kann. In den letzten Jahren ist der Verkauf von Elektrofahrzeugen exponentiell gewachsen, zusammen mit einer verbesserten Reichweite, einer breiteren Modellverfügbarkeit und einer gesteigerten Leistung. Der Absatz von Elektrofahrzeugen erreichte 2021 trotz Lieferkettenengpässen und der anhaltenden Covid-19-Pandemie ein Rekordhoch. Die Gesamtzahl der Elektroautos ist damit im Jahr 2021 auf 16,5 Mio. gestiegen. Die IEA geht davon aus, dass, wenn das Wachstum der letzten zwei Jahre anhält, die CO₂-Emissionen von Pkws bis 2050 auf einen Pfad gebracht werden, der dem Netto-Null-Emissions-Szenario entspricht (IEA 2022c). Auch „neue“ Mobilitätskonzepte wie das Car-Sharing können in Zukunft dazu beitragen, den Individualverkehr deutlich umweltfreundlicher zu gestalten (BMUV 2020; FIS 2021).

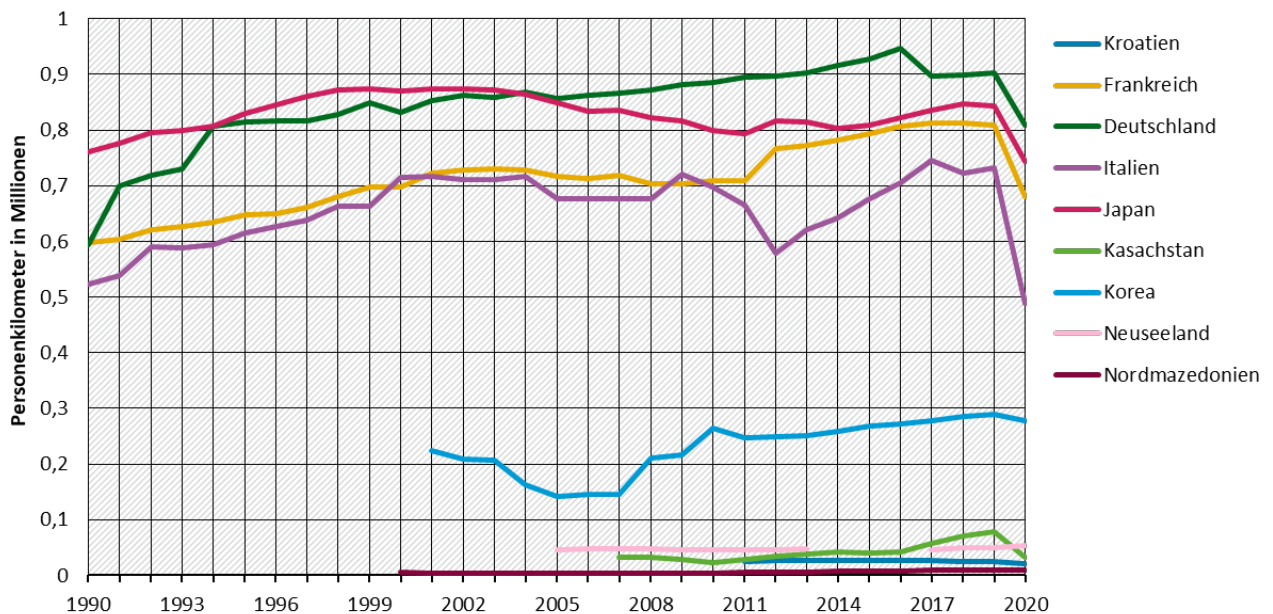
4.4.2.1 Entwicklungen der Nachfrage nach und Nutzung von Pkws

Wenige Jahre nach dem Zweiten Weltkrieg wurde das Automobil zum wichtigsten Massenkonsumgut (Traub-Merz 2017). Nach wie vor ist das Auto ein Statussymbol, das nicht selten mit Adoleszenz und ökonomischem Status verbunden ist (Nitschke 2020). Darüber hinaus wird ein eigener Pkw mit dem Gefühl der Freiheit und Flexibilität verbunden (Sopjani et al. 2020).

Bereits vor den 1990er Jahren zeichnete sich der Trend einer fortwährend wachsenden Motorisierung der Gesellschaft ab. Der Anstieg der Verkehrsleistung (gemessen in Personenkilometern) in den reicheren Volkswirtschaften wurde dabei vorrangig auf das steigende BIP-Wachstum pro Person und das zunehmende Bevölkerungswachstum zurückgeführt (ITF 2013). Zunehmender Wohlstand in Entwicklungs- und Schwellenländern, Bevölkerungswachstum und die Zersiedelung der Städte ließen die Motorisierung in jenen Ländern vor allem in urbanen Räumen ansteigen (Boquet 2010).

In der ersten Dekade der 2000er stellten Metz (2013) und Goodwin (2020) schließlich die Hypothese auf, dass sich der lang anhaltende Trend der steigenden Pkw-Verkehrsleistung in einkommensstarken Ländern abflachen würde. Der private Pkw-Besitz nahm zwar weiter zu, allerdings schien ein Abflachen der Verkehrsleistung in einkommensstarken Ländern tatsächlich einzutreten (Millard-Ball und Schipper 2011).

Abbildung 63: Entwicklung der Verkehrsleistung von Pkws in ausgewählten Ländern von 1990 bis 2009



Quelle: eigene Darstellung, ifeu/adelphi, auf der Basis von ITF (2023a)

Diese Nivellierung, oft als „Peak Travel“ oder „Peak Car“ bezeichnet, wurde zum einen durch die Erhöhung der Kraftstoffpreise auf Grund des Anstieges der Ölpreise erklärt und zum anderen durch die Einflüsse einer langsamer wachsenden Bevölkerung, dem Altern der Bevölkerung und durch zunehmende Urbanisierung (Metz 2013; Millard-Ball und Schipper 2011). In den einkommensstarken Ländern Frankreich und Italien ist eine Nivellierung in der ersten Dekade der 2000er Jahre erkennbar, in Italien folgte ab 2009 ein starker Rückgang der Verkehrsleistung.

In Japan kam es bereits ab den frühen 2000er Jahren zu einem Rückgang der Verkehrsleistung. Allerdings, wie Abbildung 63 zeigt, hat sich dieser Trend nicht fortgesetzt. Ab 2010 stiegen die Verkehrsleistungen der einkommensstarken Länder bis 2019 wieder, allerdings weniger stark im Vergleich zum vorangegangenen Jahrzehnt. In Deutschland stieg die Verkehrsleistung zwischen 1990 und 2010 um 49 %, zwischen 2010 und 2019 stieg sie weiter, allerdings nur mehr um 2 %. Länder mit oberen mittleren Einkommen, wie Nordmazedonien und Kasachstan zeigen ebenfalls, für die Jahre in denen Daten vorliegen, einen Anstieg der Verkehrsleistung bis 2019. In Nordmazedonien stieg diese zwischen 2010 und 2019 um 107 %, in Kasachstan sogar um 256 %. An der Spitze stehen die Vereinigten Staaten (nicht in der Abbildung) mit der höchsten Verkehrsleistung der Pkws von rund 5,3 Billionen Pkm im Jahr 2019, rund das Sechsfache der deutschen Verkehrsleistung vor der Corona-Pandemie (ITF 2023a).

Neben der Verkehrsleistung nahm auch die Anzahl der Autos deutlich zu, zugleich wuchs die Zahl der Motorräder, insbesondere in Asien und Lateinamerika (Stead und Pojani 2017). In vielen Großstädten weltweit trug das steigende Verkehrsaufkommen zu wesentlichen Problemen bei. Viele Städte setzten daher auf Konzepte, die die Rolle des privaten Fahrzeuges im städtischen Bereich reduzieren sollten (Crozet 2020).

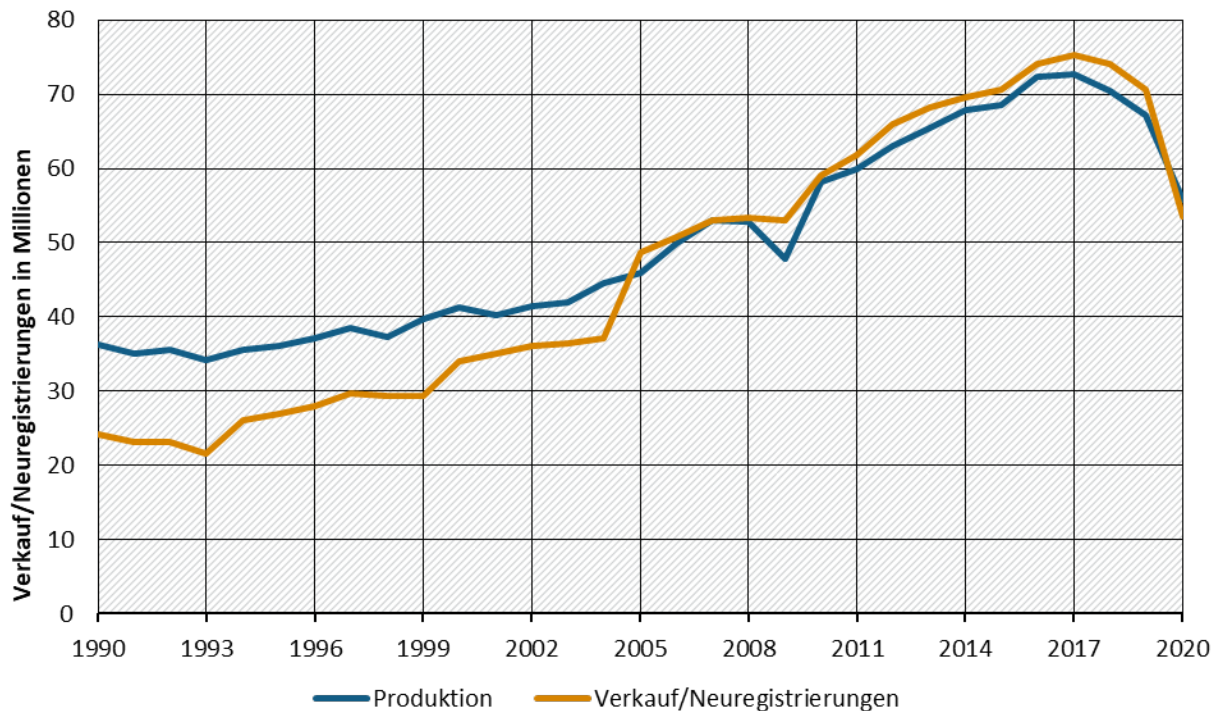
Zu Beginn der 1990er lag der globale Pkw-Bestand noch bei etwa 439 Mio. Fahrzeugen. Seither stieg dieser um fast das 3-fache (Abbildung 64). Derzeit befahren gemäß den globalen amtlichen Zulassungszahlen rund 1,2 Mrd. Pkws die Straßen weltweit (UBA 2022b). Neuzulassungen, Bestände und der Motorisierungsgrad sind auf regionaler Ebene äußerst ungleich verteilt. Außerdem ist zu beobachten, dass in vielen Schwellenländern die Reisezeiten und -entfernungen stark zugenommen haben. Oft ging diese Entwicklung Hand in Hand mit der Zersiedelung der Vorstädte und mit Verkehrsstaus. Grundsätzlich reisen ärmere Bevölkerungsschichten weniger oft als reichere. Der überwiegende Teil der Bevölkerung außerhalb Europas und Nordamerikas besitzt kein Auto. In urbanen Räumen machen sie weniger Fahrten am Tag und sind meist zu Fuß, mit dem Fahrrad und manchmal mit öffentlichen Verkehrsmitteln unterwegs (Stead und Pojani 2017).

Zum globalen Fahrzeugbestand kommen jährlich im Schnitt (Zeitraum 2010 –2020) weitere 66 Mio. neu produzierte Pkws hinzu (OICA 2022a) – das entspricht etwa 2 Fahrzeugen pro Sekunde. Auch hier zeigt sich der enorme Wandel: Wurden in den 1990er Jahren noch zwischen 34 – 40 Mio. Fahrzeuge jährlich produziert, so stieg diese Zahl auf etwa 70 Mio. im Jahr 2015 an (OICA 2022a; Rodrigue 2020). Die Einschränkungen durch die Covid-19 Pandemie hatten einen starken Einfluss auf die Autoindustrie weltweit und führten zu Produktionsstillständen und zu Lieferengpässen durch einen Mangel an Halbleitern und Problemen in Lieferketten. Im Jahr 2020 kam es vorerst zu einem 16 %-igen Rückgang der Produktion im Vergleich zum Vorjahr. Insgesamt wurden daher weltweit nur rund 56 Mio. Pkws hergestellt, was in etwa dem Verkaufsniveau von 2010 entspricht. (IEA 2021b; OICA 2021, 2022a)

Auf dem Weltmarkt wurden 2020 Pkws im Wert von 1,3 Billionen US \$ gehandelt. Die Pkw-Exporte³¹ beliefen sich auf eine Höhe von rund 600 Mrd. US \$ (UN Comtrade 2022). Auf der Rangliste der Exportprodukte 2020 steht die Wertschöpfung von Fahrzeugen (aller Art außer Eisenbahn- oder Straßenbahnfahrzeugen) auf Platz vier, und ist damit nach fossilen Brennstoffen, Mineralölerzeugnissen und deren Produkte eine der wichtigsten Exportwarengruppen (ITC 2022). Gemessen am internationalen Handelsaufkommen stellten die USA 2020 den weltgrößten Absatzmarkt für Pkws dar. Führendes Exportland von Pkws gemessen am Handelswert war Deutschland (UN Comtrade 2022).

³¹ Comtrade Code: 8703

Abbildung 64: Pkw-Registrierungen bzw. -Verkauf und -Produktion weltweit seit 1990



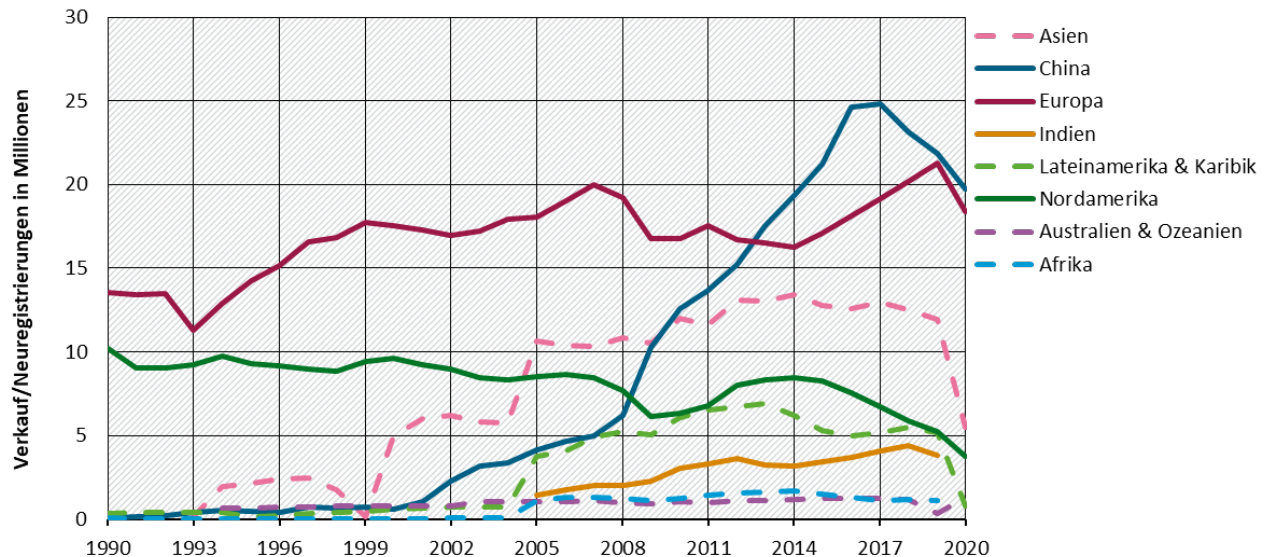
Quellen: eigene Darstellung, ifeu/adelphi, auf der Basis von OICA (2022a), OICA (2019), Davis und Boundy (2021), ACEA (2022a), OECD (2021b), UNECE (2021a) und diversen nationalen Statistiken; Die Neuregistrierungen bzw. Verkaufsstatistiken im Zeitraum 1990 bis 2005 werden wahrscheinlich unterschätzt, da für einige Länder keine Daten zur Verfügung stehen.

Weltweit wurden allein im Jahr 2020 über 80 Mio. Kfz-Neuzulassungen über alle Fahrzeugtypen ausgestellt (ACEA 2021a). Abbildung 64 zeigt die Entwicklung der Verkaufszahlen bzw. Registrierungen neuer Pkws sowie die Anzahl der jährlich produzierten Pkws seit 1990. Seit 2017 sind sowohl die Produktionszahlen als auch die Verkaufszahlen bzw. Neuregistrierungen von Pkws rückläufig. Letztere erreichten 2020 erstmals wieder das Niveau während der Finanzkrisen 2008/2009 und werden von OICA mit knapp 54 Mio. beziffert (OICA 2022b). Mit Blick auf die Fahrleistung ist die Situation global betrachtet ungleich: Rund 10 % der Weltbevölkerung fahren 80 % der gesamten motorisierten Personenkilometer, während ein Großteil der Weltbevölkerung kaum unterwegs ist oder auch auf nicht motorisierte Verkehrsträger ausweicht (Sims et al. 2014).

4.4.2.2 Regionale Trends nach Kontinenten

Abbildung 65 zeigt die neuen Pkws auf dem globalen Markt zwischen 1990 und 2020 für einzelne Länder und Regionen, einige Regionen sind allerdings auf Grund der lückenhaften Daten nationaler Statistiken nur unzureichend abbildbar. So konnten etwa für den afrikanischen Kontinent für die Jahre vor 2005 nur für ein Land Daten genutzt werden. Es ist daher nicht möglich ein vollständiges Bild der Entwicklung für alle Regionen aufzuzeigen, allerdings sind Trends erkennbar.

Abbildung 65: Pkw-Registrierung/Verkauf nach Kontinenten



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis von OICA (2019), ACEA (2022a), OECD (2021b), UNECE (2021a) und diversen nationalen Statistiken.

Während Nordamerika einen deutlichen Rückgang der jährlichen Neuzulassungen zwischen 1990 und 2019 verzeichnete (-49 %), kam es in Europa zu einem Anstieg um über 57 %. Für viele Regionen lagen Daten erst ab dem Jahr 2005 vor. Ab 2005 wird ersichtlich, dass auch die Neuzulassungen bzw. neu gekauften Pkws in Asien, Lateinamerika und Karibik und in Indien deutlich zunahmen. Die eindrucklichste Entwicklung weist allerdings China auf. Im Zeitraum zwischen 1990 und 2019 stieg die Zahl der Neuregistrierungen um über 25.601 % und liegt heute (2019) bei rund 22 Mio. Pkws (NBSC 2021).

4.4.2.2.1 Afrika

Der Motorisierungsgrad auf dem afrikanischen Kontinent ist heterogen, im globalen Vergleich fällt jedoch auf: Gerade einmal 49 Fahrzeuge³² (Pkws und Nutzfahrzeuge) entfielen 2020 auf je 1.000 Afrikaner*innen. Betrachtet man nur die Pkws, so sind es rund 29 Pkws pro 1.000 Einwohner*innen. Global wird der Motorisierungsgrad über alle Fahrzeuge bei 209 pro 1.000 Personen für das Jahr 2020 angesetzt. Insgesamt waren 2020 in Afrika 38 Mio. Pkws in Benutzung (63 % aller Pkws und Nutzfahrzeuge). (OICA 2023; World Bank 2022b)

Im Zeitraum von 2010 bis 2019 kamen jährlich durchschnittlich 1,4 Mio. neue Pkws hinzu (OICA 2019). Der Automobilmarkt auf dem afrikanischen Kontinent wächst, nicht zuletzt auf Grund der

³² OICA stellt Statistiken für „alle Fahrzeuge“ bereit. Inkludiert sind Personenkraftwagen < 10 Sitzplätze (diese umfassen auch Taxis, Mietwagen, Pick-ups und Kleinstwagen) sowie Nutzfahrzeuge (diese umfassen Lastkraftwagen und (Reise-)Busse) (OICA 2023).

wachsenden bürgerlichen Mittelschicht (Black et al. 2017). Die Nachfrage wird überwiegend durch Importe von Gebrauchtfahrzeugen gedeckt. Zwischen 2015 und 2018 exportierten die EU, Japan und die USA 14 Mio. gebrauchte Leichtnutzfahrzeuge, Afrika importierte rund 40 % davon (UNEP 2020). Etwa 60 % der jährlichen Registrierungen auf dem Kontinent sind Gebrauchtfahrzeuge (UNEP 2020). In Nigeria sind nur etwa 10 % der Importe Neufahrzeuge, in Äthiopien und Kenia liegt der Anteil der gebrauchten Fahrzeuge am gesamten Fahrzeugbestand bei über 80 % (2015) (Deloitte 2018). In Kenia liegt der Anteil der vorrangig aus Japan stammenden Gebrauchtfahrzeuge, die jährlich zum Bestand hinzukommen, bei über 95 % (UNEP 2020). Länder wie Südafrika, Ägypten, Marokko und Algerien haben den Import von Gebrauchtfahrzeugen für einige Zeit gänzlich verboten oder Altersbeschränkungen für deren Einfuhr festgelegt und produzieren ihre eigenen Pkws. Trotz des Verbotes werden Gebrauchtwagen oftmals für den Verkauf in den Nachbarstaaten importiert. (Ayetor et al. 2021; UNEP 2020)

Bei der Produktion von Pkws liegt Südafrika deutlich an der Spitze im Vergleich zu anderen Ländern des Kontinents: 2020 wurden rund 38 % der in Afrika produzierten Pkws in Südafrika hergestellt. Insgesamt wurden 657.398 Pkws in Afrika produziert (OICA 2022b), zu den Produzenten zählen neben den drei größten Produzenten Südafrika, Ägypten und Marokko auch Algerien, Tunesien und Ghana (Ayetor et al. 2021).

Obwohl der Anteil Afrikas am globalen Pkw-Verkauf bei gerade einmal 1,4 % (2019) liegt (OICA 2022b), ist der Pkw-Markt ein schnell wachsender Markt, der bis zum Jahr 2030 auf 10 Mio. Fahrzeuge ansteigen könnte (Black et al. 2017). Einzelne Länder starten eine (teilweise neuerliche) Etablierung der Automobilindustrie. Kenia, Ruanda, Äthiopien, Ghana und Nigeria unterzeichneten Absichtserklärungen mit Volkswagen, um die Gründung von Montagebetrieben voranzutreiben, zukünftige Mobilitätskonzepte auszuloten und Schulungsakademien zu errichten. Für Ghana, Kenia, Nigeria und Südafrika wurden Industriepläne für den Ausbau der Automobilindustrie mit attraktiven Anreizen für die Ansiedlung von Unternehmen aufgesetzt. Zudem wurden Sonderwirtschaftszonen in Ländern wie Äthiopien, Ruanda und Südafrika eingerichtet, die günstige Bedingungen für die Errichtung von Industrieanlagen und Produktionsstätten bieten sollen. (industrial 2021)

4.4.2.2.2 Asien

Seit der Jahrtausendwende nahm die individualisierte Motorisierung im asiatischen Raum rapide zu (Styczynski 2019). Der Motorisierungsgrad lag 2020 im Mittel bei 116 Pkws pro 1.000 Einwohner*innen. Werden alle Fahrzeuge betrachtet, fallen auf 1.000 Personen 264 Fahrzeuge. Die meisten Fahrzeuge pro 1.000 Personen stehen in Japan zur Verfügung (OICA 2023). Neben dem Auto spielt in vielen asiatischen Staaten das Motorrad eine wichtige Rolle für den täglichen Transport. Die Nutzungsrate von Motorrädern und Mopeds stieg in Indonesien, Kambodscha, Malaysia, Thailand, und Vietnam auf ein hohes Niveau. In einer Reihe asiatischer Städte liegt die Anzahl der Motorräder pro 1.000 Personen im Durchschnitt bei etwa 196, was etwa dem 7-fachen des Durchschnitts der Städte im Rest der Welt entspricht (Senbil et al. 2007; Sukor et al. 2017). Indonesien ist der drittgrößte Motorradmarkt der Welt (Susilo und Joewono 2017).

Die Entwicklung ist sehr heterogen in den verschiedenen asiatischen Ländern – es lässt sich daher kein einheitlicher Trend beschreiben. Gemein ist vielen Ländern die Problematik der Staubbildung. Im Iran beispielsweise verkehren auf den Straßen der Hauptstadt täglich mehr als 3 Mio. Pkws, bei einer von Verkehrsexperten bezifferten Kapazitätsgrenze von 700.000 Pkws (Soltani 2017). In Vietnam waren ähnliche Herausforderungen Auslöser für eine Zunahme der Zahl der Motorräder. Bereits Mitte der 1990er bestanden die Transportmittel in Hanoi und Ho-

Chi-Minh Stadt zu je einem Drittel bzw. zwei Dritteln aus Motorrädern. Zugleich nahmen Verkehrsträger wie Fahrräder einen Anteil von über 60 % (Hanoi) bzw. 30 % (Ho-Chi-Minh) ein, während Pkws nur rund 1 % ausmachten. Auch heute sind Motorräder das dominierende Fortbewegungsmittel, Privatautos werden vorrangig für Geschäftszwecke genutzt (Huynh und Gomez-Ibañez 2017).

OICA (Internationale Organisation der Kraftfahrzeughersteller) geht davon aus, dass die Zahl der in Verwendung befindlichen Pkws in Asien (ohne China und Indien) im Jahr 2020 bei etwa 200 Mio. lag (OICA 2023). Im Zeitraum von 2005 bis 2019 ist zu beobachten, wie der Verkauf bzw. die Neuregistrierung von Pkws in den asiatischen Staaten von jährlich 10,7 Mio. auf 11,9 Mio. angestiegen ist (+12 %) (OECD 2021b; OICA 2019).

Nach China ist Japan der zweitgrößte Pkw-Produzent des gesamten asiatischen Raumes. 2020 wurden rund 12 % der weltweiten Pkws in Japan hergestellt. Insgesamt wurden 2020 in Asien rund 13,4 Mio. Pkws produziert, was 20 % der weltweiten Pkw-Produktion entspricht. (OICA 2022a)

1990 exportierte Asien (ohne China und Indien) mit knapp 74 % die meisten Pkws, das größte Exportland weltweit war Japan mit 4,3 Mio. Pkws (Daten für die USA lagen nicht vor). 2020 nahm Asien am weltweiten Export von Pkws einen Anteil von fast 30 % ein. Im selben Jahr wurden nur knapp 18 % der weltweit gehandelten Pkws nach Asien importiert. Pakistan importierte bei Weitem die meisten Pkws des Kontinents. (UN Comtrade 2022)

4.4.2.2.3 China

Mitte der 1980er Jahre war China als „bicycle kingdom“ bekannt. Gegen Ende des 20. Jahrhunderts ging die Fahrradnutzung zurück, an dessen Stelle trat der motorisierte Individualverkehr (Gao und Kenworthy 2017). Der Pkw wurde zum attraktivsten Besitztum, einerseits auf Grund des steigenden Wohlstandes und nicht zuletzt durch den Einfluss der nordamerikanischen Kultur (Boquet 2010). Die Ära der privaten Fahrzeuge ab dem Beginn des 21. Jahrhunderts, zeitgleich zum „Peak car“ in anderen Ländern, wurde in China insbesondere durch zwei Faktoren beeinflusst: Zum einen wurde durch den zehnten „Five – Year Plan“ (2001–2005) der Kauf von Automobilen angeregt und zum anderen ermöglichte der Eintritt in die Welthandelsorganisation (WTO) im Jahr 2001 eine Integration in die globalen Automobilmärkte (Gao und Kenworthy 2017).

Der Motorisierungsgrad in China lag 2020 bei 223 Personen- und Nutzfahrzeugen pro 1.000 Einwohner*innen. Betrachtet man nur die Pkws, so liegt der Motorisierungsgrad 2020 bei 194 Pkws pro 1.000 Einwohner*innen (OICA 2023).

Der derzeitige Pkw-Bestand liegt bei rund 146 Mio. (UBA 2022b), während das statistische Jahrbuch Chinas die in privaten Besitz befindlichen Pkws auf 223 Mio. beziffert (Stand 2020) (NBSC 2021). Sollte China bis 2050 den Motorisierungsgrad der EU erreichen, so gehen Schätzungen davon aus, dass sich der heutige Bestand um weitere 500 Mio. Fahrzeuge erweitern wird, was in etwa dem derzeitigen Fahrzeugbestand der USA und der EU zusammen entspricht (Jung Eun 2021).

Die Zahl der neu registrierten Pkws in China stieg über den betrachteten Zeitraum von 1990 bis 2019 rapide an. 1990 lag der jährliche Zuwachs an Pkws bei gerade einmal 85.000 pro Jahr und erreichte kurz nach der Jahrtausendwende 1 Mio. pro Jahr. 2017 erreichten die Neuregistrierungen einen Höchstwert von 24,8 Mio. Pkws. Seit 2018/2019 sind die Verkaufszahlen bzw. Neuregistrierungen global rückläufig, allerdings lagen diese in China im Jahr 2020 noch immer bei 19,7 Mio. Pkws. (NBSC 2021; OICA 2022b)

Bei der Pkw-Produktion ist China im asiatischen Raum wie auch global führend. Im Jahr 2000 hatte Japan mit über 8 Mio. Pkws die Vorreiterrolle im asiatisch-pazifischen Raum inne, während China nur rund 600.000 Pkws herstellte. Seitdem steigerte China die Produktion im Automobilssektor auf über 24,8 Mio. Pkws im Jahr 2017 (OICA 2022a). Inzwischen ist China führend in der weltweiten Pkw-Produktion und stellte 2020 rund 35 % der weltweiten Neuwagen her. (OICA 2022a)

Der größte Anteil der in China produzierten Pkws wird für den heimischen Markt gefertigt, nur 7 % wurde beispielsweise 2019 exportiert. Rund eine Mio. Pkws wurden 2019 importiert, diese stammen vorrangig aus Japan und Deutschland. (UN Comtrade 2022)

Aktuelle Trends zeigen, dass der Besitz eines privaten Autos und seine Bedeutung abnehmen könnten: So hat etwa eine Befragung in China ergeben, dass für über 50 % der Befragten ein Leben ohne Auto vorstellbar wäre, 38 % wären gar bereit auf ihre Privatautos gänzlich zu verzichten, wenn sie stattdessen auf kostenlose „Shared Mobility“ Angebote zurückgreifen könnten (Baan et al. 2017). Zugleich ändert sich jedoch auch das Kaufverhalten. Zwischen 2010 und 2019 wurden die in China verkauften neuen Fahrzeuge auf Grund der zunehmenden Nachfrage nach SUVs und Leichtlastkraftwagen (*Light trucks*) im Durchschnitt schwerer und leistungstärker, wodurch sich auch ihr CO₂-Fußabdruck vergrößerte. (IEA 2021b)

4.4.2.2.4 Indien

In Indien stieg der Fahrzeugbestand (der registrierten Fahrzeuge) von 21 Mio. im Jahr 1991 auf etwa 296 Mio. Fahrzeuge im Jahr 2019, also um das 14-fache, an. Zugleich stieg die Gesamtbevölkerung im selben Zeitraum von 891 Mio. auf 1,4 Mrd., um einen Faktor von 1,5 (Government of India 2021; UNdata 2022). Diese rasante Zunahme des Fahrzeugbestandes lag nicht nur an Indiens schnellem Wirtschaftswachstum. Eine Restrukturierung der Industrie, die 1991 von der Regierung angestoßen wurde, ermöglichte die Deregulierung des Automobilssektors und ebnete damit den Markteintritt zahlreicher Hersteller. Die indische Fahrzeugproduktion erlangte insbesondere durch das Interesse Japans neue Absatzmärkte. (D’Costa 1995; Mukherjee 2000)

Das Interesse der Bevölkerung Indiens an Privatautos wurde durch den erleichterten Zugang zu Autofinanzierungen und niedrige Versicherungstarife noch weiter forciert. Trotz der wachsenden Motorisierung wurde die Fortbewegung innerhalb des Landes hinsichtlich Komfort, Sicherheit, Kosten und Zeit jedoch nicht verbessert. Insbesondere die ärmere Bevölkerungsschicht legt oft weite Strecken zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurück, da private oder öffentliche Transportmittel zu teuer oder schlicht unzugänglich sind. Indien wird sich in Zukunft einigen Herausforderungen stellen müssen, dazu zählen der Mangel an Parkplatzmöglichkeiten und Staus in Großstädten wie Mumbai, Kolkata, Chennai und Delhi und die Luftverschmutzung. Die Luftverschmutzung in städtischen Gebieten Indiens gehört zu den höchsten der Welt. (Rathi 2017)

Der Motorisierungsgrad, betrachtet man nur die Pkws (inkl. Jeeps und Taxis), ist im internationalen Vergleich gering und liegt bei gerade einmal 28 Fahrzeugen pro 1000 Einwohner*innen (eigene Berechnung basiert auf Government of India (2021) und World Bank (2022b)). Neben dem Auto spielt, wie in vielen anderen asiatischen Staaten, das Motorrad eine wichtige Rolle für den täglichen Transport. In Indien wird der Großteil der täglichen Strecken mit motorisierten Zweirädern zurückgelegt (Rathi 2017). Bereits seit den 1990er Jahren stellen zweirädrige Motorfahrzeuge mehr als 66 % aller registrierter Fahrzeuge dar, 2019 sind es knapp 75 %. Pkws, darunter auch Jeeps und Taxis, machen heute nur etwa 13 % aus (ca. 38, 4 Mio.) (Government of India 2021).

In den 1990er Jahren verdreifachte sich die Produktion von Pkws in Indien und das Land brachte 2018 über 4 Mio. Pkws auf den Markt (Davis und Boundy 2021; OICA 2022a). Allerdings sind seither die Zahlen rückläufig. Im Jahr 2020 erzielte Indien einen Produktionsanteil von rund 5 % der weltweiten Neuwagen (OICA 2022a). 2019 wurden rund 3,8 Mio. Pkws neu zugelassen bzw. verkauft, deutlich weniger als 2018 (4,4 Mio.), dennoch um das 2,6-fache mehr als noch im Jahr 2005 (OICA 2019). Beim Export steht Indien an elfter Stelle mit nur knapp 816.000 exportierten Pkws im Jahr 2020. Nur rund 7.000 Pkws wurden im selben Jahr importiert. (UN Comtrade 2022)

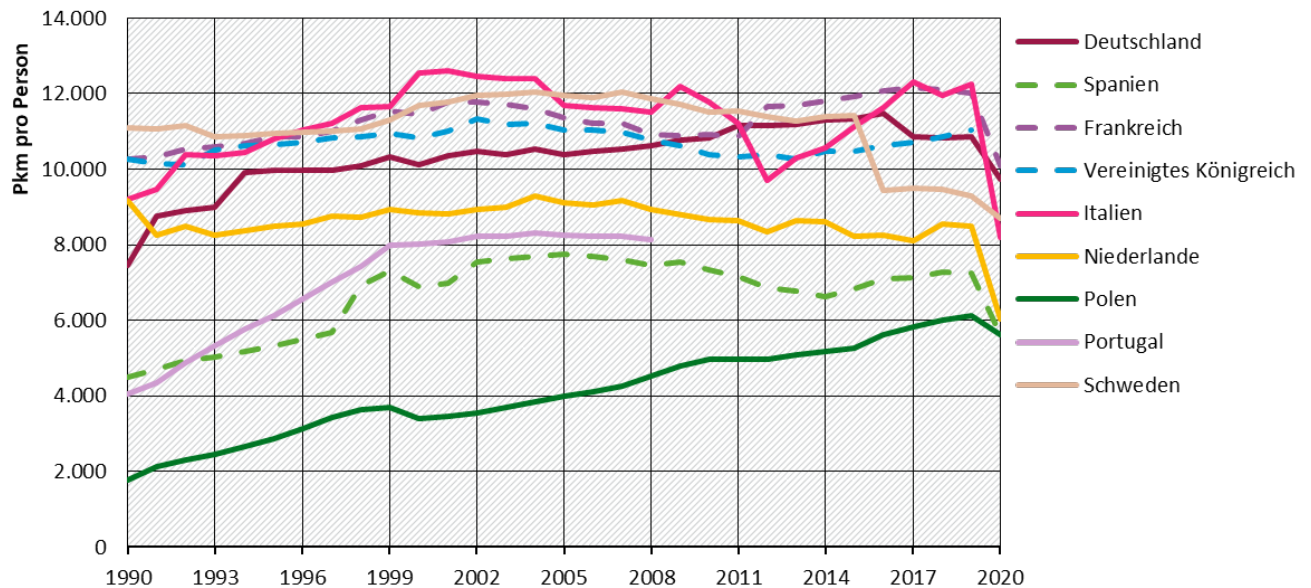
4.4.2.2.5 Europa

Im europäischen Kontext ist das Auto die Nummer eins unter den Fortbewegungsmitteln. Seit den 1990er Jahren bis heute lag der Anteil der Pkws am Modal Split³³ in der EU stets über 70 % (European Commission 2022a). Im Durchschnitt legt ein/e Europäer*in etwa 12.000 km im Jahr mit dem Auto zurück (ACEA 2021b). Mehr als die Hälfte der Fahrten und bis zu etwa 70 % der täglichen Strecken werden mit dem Auto zurückgelegt (ACEA 2021b). So wird für die häufigste Strecke das private Fahrzeug genutzt.

Bis etwa zum Jahr 2009 stiegen die pro Person und Jahr zurückgelegten Kilometer mit dem eigenen Pkw in der EU, danach kam es in einigen Ländern zu einem Rückgang (European Commission et al. 2017). Abbildung 66 zeigt die Verkehrsleistung in Personenkilometern pro Einwohner*innen für Pkws in ausgewählten Ländern. Für die Länder in der EU sind deutlich unterschiedliche Entwicklungen zu erkennen. Portugal, Irland, Italien, Griechenland und Spanien, die von der Wirtschaftskrise stark betroffen waren, verzeichneten eine steigende Verkehrsleistung der Pkws bis zum Beginn der 2000 Jahre. Das Wachstum stagnierte, bis es schließlich in einigen dieser Länder ab 2008/2009 auf das Level Mitte der 1990er sank. In vielen westeuropäischen Ländern, wie im Vereinigten Königreich, in den Niederlanden, Schweden und Luxemburg wurde der bereits erwähnte „Peak-travel“ zu Beginn der 2000er erreicht. In den Ländern Frankreich, Österreich, Deutschland, Dänemark, Finnland und Belgien lässt sich aus den Daten ein stabiles Wachstum der Pkw-Verkehrsleistung erkennen. Auch in den osteuropäischen Ländern Bulgarien, Polen, Rumänien, Tschechien, Slowakei, Slowenien, Kroatien, Ungarn, Estland, Lettland und Litauen zeichnet sich ein anhaltendes Wachstum ab, wenn auch ausgehend von einem niedrigeren Niveau.

³³ Der Anteil einzelner Verkehrsträger an der gesamten Verkehrsleistung.

Abbildung 66: Verkehrsleistung der Pkws (in Pkm pro Person) für ausgewählte Länder zwischen 1990 und 2019



Quelle: eigene Darstellung, ifeu/adelphi, auf der Basis von ITF (2023a)

Mitte der 1990er lag der durchschnittliche Motorisierungsgrad in Westeuropa bei 412 und in Osteuropa bei 279 Pkws pro 1000 Einwohner*innen (Senbil et al. 2007). Für das Jahr 2015 lag der Grad der Motorisierung der EU/EFTA bei 581 Fahrzeugen pro 1.000 Einwohner*innen. Im Vergleich zu anderen Regionen ist dies einer der höchsten (OICA 2023). Insgesamt befahren heute (Stand 2020) über 246 Mio. Pkws die Straßen der EU (ACEA 2022b).

Während im Jahr 1990 etwa 13,5 Mio. Neuwagen hinzukamen, lag die Zahl der Neuregistrierungen bzw. Verkaufszahlen der neuen Pkws im Jahr 2019 bereits bei über 21 Mio. (siehe Abbildung 65). 14 Mio. Fahrzeuge, die 2020 rund 25 % der weltweiten Pkw-Produktion entsprachen, wurden in Europa hergestellt (11 Mio. in der EU-27) (OICA 2022a). Europa ist eine der größten Handelsregionen der Welt; die europäischen Länder exportierten über 47 % der 2020 international gehandelten Pkws, insgesamt etwa 11,7 Mio. Pkws. Auch rund 40 % der weltweiten Importe entfielen 2020 auf europäische Länder (UN Comtrade 2022).

4.4.2.2.6 Lateinamerika und Karibik

Die größten Automobilmärkte Lateinamerikas finden sich in Mexiko, Brasilien und Argentinien. 1995 lag der Motorisierungsgrad in Lateinamerika bei 189 Pkw pro 1.000 Personen (Senbil et al. 2007). Für 2015 weist OICA für alle Fahrzeuge einen Motorisierungsgrad von 176 (ohne Mexiko) aus, wobei Puerto Rico den höchsten Motorisierungsgrad aufweist (901 Fahrzeuge pro 1.000 Einwohner*innen) (OICA 2023).

In Lateinamerika haben Brasilien und Mexiko den etabliertesten Automobilsektor. 2019 produzierten sie 2,5 Mio. bzw. 1,4 Mio. Pkws (OICA 2022a). Zusammen mit Argentinien und Kolumbien produzierten die Länder 6 % der globalen Pkws, die 2019 auf den Markt kamen.

In Brasilien konnte beispielsweise Anfang der 1990er Jahren durch den „Plano Real“, ein Maßnahmenkatalog zur Stabilisierung der sozioökonomischen Situation und der bis dahin herrschenden Hyperinflation in Brasilien (Bacha 2003; Vasconcellos 2017), die Lebenssituation, insbesondere der ärmeren Bevölkerung, deutlich verbessert werden. Die mit dem Plan

einhergehenden Veränderungen erlaubten auch Neuerungen in der Transport- und Stadtentwicklungspolitik. In den 2000ern wurden weitere sozialpolitische Maßnahmen implementiert und eine günstige internationale ökonomische Lage verhalfen dem Land zu größerem Wohlstand. Konsumgüter wurden für viele Teile der Bevölkerung zugänglicher und die Anzahl privater Pkws sowie Motorräder stieg. Umweltverschmutzung, Staus und Unfälle in großen Städten nahmen jedoch ebenso zu. Die Auswirkungen der Urbanisierung und Motorisierung sind heute, sowohl in positiver als auch negativer Hinsicht, durch den Fokus der Politik auf die Nutzung von Individualverkehr und die Vernachlässigung öffentlicher Verkehrsmittel, sehr ungleich verteilt. (Vasconcellos 2017)

In Mexiko stieg beispielsweise die Zahl der Pkws auf den Straßen zwischen 1990 bis 2015 etwa 3,5mal schneller als die Bevölkerung. Seit 2006 hat sich die Zahl der Pkws in Mexiko verdoppelt, wobei der Großteil der neuen Autos in urbanen Räumen registriert wurde. Die meisten Städte sind auf Autos ausgerichtet und reflektieren weit verbreitete soziale Normen, wonach öffentliche Verkehrsmittel und das zu Fuß gehen als gefährlich und primär als Mobilitätsmöglichkeit für die ärmere Bevölkerung gesehen werden. Schätzungen zu Folge könnte sich der Bestand privater Fahrzeuge in Mexiko von 32 Mio. Pkws auf etwa 70 Mio. Pkws bis zum Jahr 2030 vergrößern. (Heeckt und Huerta Melchor 2021)

2019 wurden etwa 2,8 Mio. Pkws in Brasilien und 764.000 Pkws in Mexiko zugelassen bzw. verkauft. Gemessen am Handelswert stellte Mexiko 2020 den viertgrößten Pkw-Exporteur der Welt dar, nach Deutschland, Japan und den USA. Beim Import lagen Argentinien und Chile 2020 bei jeweils etwa 147.000 und 137.000 Pkws, wobei Daten für Mexiko nicht vorlagen. Die meisten Autos werden aus Brasilien oder China importiert (UN Comtrade 2022).

Eine Wende im Verkehrssektor Lateinamerikas ist in den letzten Jahren hinsichtlich der Produktion von Elektrofahrzeugen (HEV, PHEV) zu erkennen. Investitionen in den öffentlichen Verkehrs- und Gütersektor in Brasilien, regulatorische Rahmen zur Förderung von Elektrofahrzeugen in Kolumbien und eine Nationale Elektromobilitätsstrategie in Chile mit dem Ziel, bis 2050 40 % des privaten Fahrzeugbestands zu elektrifizieren, zeigen die angestrebten Veränderung im Automobilsektor (La Face 2022).

4.4.2.2.7 Nordamerika

Historisch betrachtet ging die Motorisierung in den nordamerikanischen Staaten mit signifikanten Veränderungen in der Landnutzung einher. Autoabhängige Siedlungsmuster mit geringer Dichte, teilweise hoch zersiedelte Gebiete wurde geschaffen, die zu einem großen Bedarf an Fahrzeugen und einer steigenden Nutzung geführt haben (Mattioli et al. 2020). Die meisten Amerikaner und Amerikanerinnen leben heute in Gebieten, in denen der Pkw zu einem zentralen Bestandteil der Mobilität für die Teilnahme an wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Aktivitäten geworden ist (Schouten et al. 2022). In Kanada besitzen etwa 83 % der Bevölkerung ein Fahrzeug (Toma 2022).

In den USA besitzen die Haushalte zunehmend mehr Fahrzeuge. Es gibt mehr Haushalte mit zwei oder drei Pkws als solche mit nur einem Pkw. Insgesamt besitzen etwa 90 % der Haushalte in den USA ein Fahrzeug. Während die tägliche Anzahl der Fahrten pro Person bis Mitte der 1990er Jahre auf etwa vier Fahrten anstieg, verzeichnet das National Household Travel Survey eine Reduktion auf rund drei täglichen Fahrten pro Person im Jahr 2017 (BTS 2020). Die Fahrstrecken veränderten sich sehr unterschiedlich: Während sich die Strecken für Gesellschafts- und Erholungsreisen seit den 1990ern verringerten, stiegen die Strecken für Einkaufsfahrten, Schul- und Kirchenbesuche sowie die täglichen Wege zur/von der Arbeit an (BTS 2018).

1995 lag der Motorisierungsgrad in Nordamerika bei etwa 568 Pkws pro 1.000 Personen (Senbil et al. 2007). Heute liegt der Grad der Motorisierung (nur Pkws) in den USA (2019) bei 592, und in Kanada (2019) bei 624 (eigene Berechnungen auf der Basis von World Bank (2022b), BTS (2021a) und UNECE (2021a)). Die Pkw-Flotte Nordamerikas wird 2019 auf rund 218 Mio. geschätzt. Seit Mitte der 1990er Jahre hat der Pkw-Bestand des nordamerikanischen Kontinents um 54 % zugenommen (eigene Berechnungen auf Basis von UNECE (2021b), BTS (2021a) und StatBank Greenland (2021)).

Im Jahr 2020 produzierten die USA und Kanada zusammen 4 % der weltweiten Pkws. Die Produktionszahlen seit den 1990er Jahren sind rückläufig. Über 6 Mio. Pkws wurden 1990 in den USA hergestellt, im Jahr 2020 noch knapp 2 Mio. Pkws (Davis und Boundy 2021; OICA 2022a). Während sich in Kanada die Zahl der neuregistrierten Pkws bzw. der Verkauf der Pkws in den letzten Dekaden relativ konstant verhielt, geht aus den Statistiken des Bureau of Transportation Statistics (BTS 2021b) und der OECD (2021b) für die USA ein rückläufiger Trend hervor. Im Jahr 2020 werden nur mehr 37 % der Neuzulassungen der 1990er erreicht, was 3,4 Mio. neuen Pkws entsprach.

Nordamerika exportierte 2020 rund 15 % aller international gehandelten Pkws. Beim Import sind die USA mit rund 6,5 Mio. Pkws nicht nur Spitzenreiter des nordamerikanischen Kontinents, sondern weltweit. Etwas weniger als ein Drittel der weltweiten Pkw-Importe entfiel 2020 auf Nordamerika (UN Comtrade 2022).

4.4.2.2.8 Australien und Ozeanien

In Australien und Ozeanien lag der Motorisierungsgrad 1995 bei 575 Pkws pro 1.000 Personen (Senbil et al. 2007). Die Datenlage für Ozeanien ist unzureichend, daher wird auf Australien fokussiert. 2020 lag der Motorisierungsgrad für Australien bei 576 Pkws pro 1.000 Personen, der Pkw-Bestand zählte rund 14,7 Mio. Fahrzeuge. Im Durchschnitt sind die Pkws etwa 10 Jahre alt. Hervorzuheben ist, dass 1,7 % der Pkws LPG (Liquefied Petroleum Gas), dual fuel oder Elektrofahrzeuge sind. (ABS 2021)

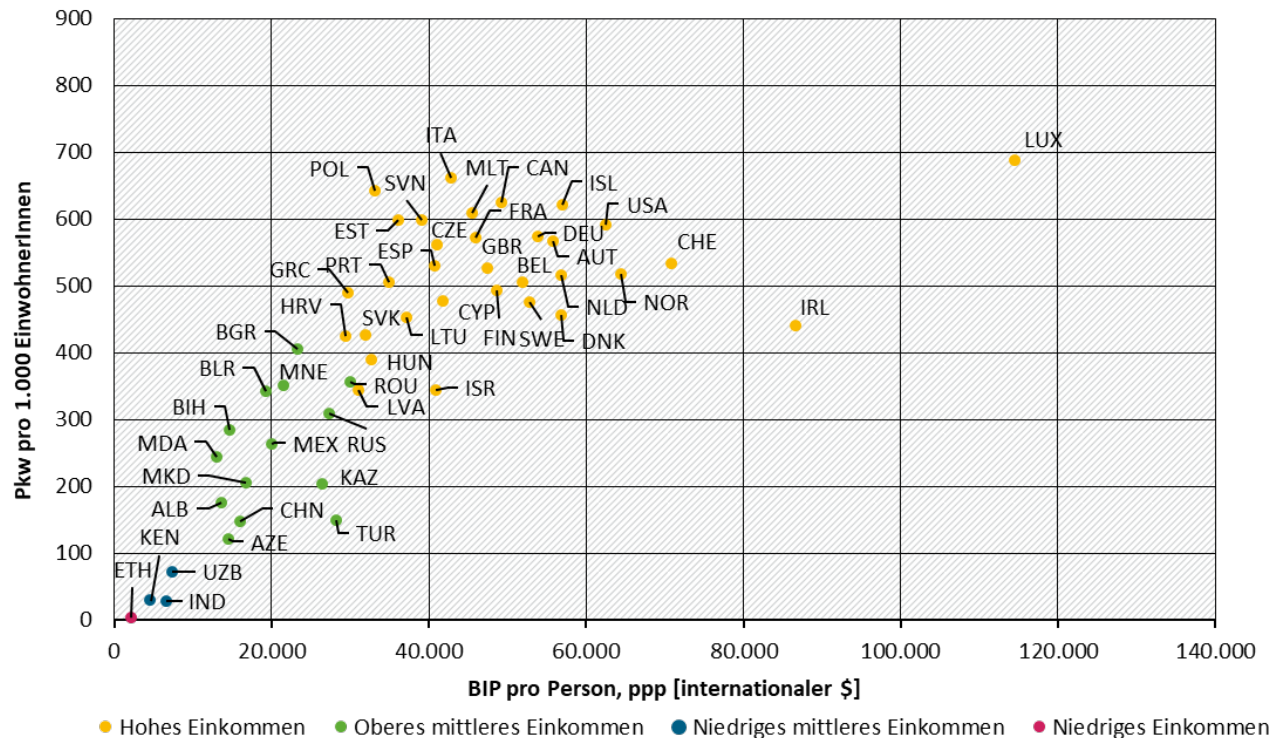
Pkws sind das primäre Fortbewegungsmittel, etwa 64,4 % der gesamten Verkehrsleistungen werden mit ihnen zurückgelegt (Infrastructure Australia 2019). Die Autoindustrie Australiens kam in den letzten Jahren fast gänzlich zum Erliegen, nachdem in den Jahren 2016 und 2017 die letzten drei Fahrzeughersteller in Australien schlossen (Department of Industry, Science and Resources 2020).

Beim Export nehmen die Länder Ozeaniens einen sehr geringen Stellenwert ein. Neben Australien und Neuseeland importierten auch Fidschi, Französisch-Polynesien und Kiribati Pkws. Insgesamt wurden rund 889.000 Pkws im Jahr 2020 importiert. (UN Comtrade 2022)

4.4.2.3 Trends nach Einkommensgruppen

Trotz der beschriebenen Zunahme der motorisierten Fortbewegungsmittel in verschiedenen Regionen der Welt besitzt die Mehrheit der Bevölkerung außerhalb Europas und Nordamerikas kein Auto (Stead und Pojani 2017). Die Entwicklung des Motorisierungsgrades nach Einkommensgruppen zeigt, dass der Pkw-Besitz eng mit dem BIP verbunden ist (Moriarty 2021) (siehe Abbildung 67).

Abbildung 67: Motorisierungsgrad nach Einkommensgruppen für das Jahr 2019 (für ausgewählte Länder)



Quelle: eigene Darstellung, ifeu/adelphi, auf der Basis von World Bank (2022b; a), OICA (2023), ACEA (2022b), UNECE (2021b) sowie diverse Länderstatistiken ((BTS 2021a; Government of India 2021; INEGI 2022; KAM 2020; NBSC 2021; StatBank Greenland 2021; UNECE 2020)).

Abbildung 67 zeigt den Zusammenhang zwischen dem BIP pro Person und dem Motorisierungsgrad in Ländern unterschiedlicher Einkommensgruppen. Der Zusammenhang ist statistisch signifikant ($p < 0.05$). Zu den Ländern mit hohem Einkommen und den höchsten Motorisierungsgraden weltweit zählen neben Luxemburg, mit rund 690 Pkws pro 1.000 Einwohner*innen, auch Länder, die nicht in Abbildung 67 aufscheinen: Liechtenstein (rund 800 Pkws pro 1.000 Einwohner*innen), Puerto Rico (rund 900 Pkws pro 1.000 Einwohner*innen) sowie Brunei Darussalam (rund 800 Pkws pro 1.000 Einwohner*innen) (Staník 2019). Innerhalb der Gruppe mit oberen mittleren Einkommen haben die Einwohner*innen Bulgariens den höchsten Motorisierungsgrad. Als Beispiel für die Gruppe der Länder mit niedrigem Einkommen dient Äthiopien. Es ist ein Land mit überdurchschnittlichem Einkommen im Vergleich zu anderen Ländern derselben Gruppe und weist einen Motorisierungsgrad von gerade einmal 3 Pkws pro 1.000 Personen auf. Trotz wachsendem Fahrzeugbestand bleibt der Autobesitz ein Privileg der reichsten Bürger*innen in Äthiopien (SSATP 2020).

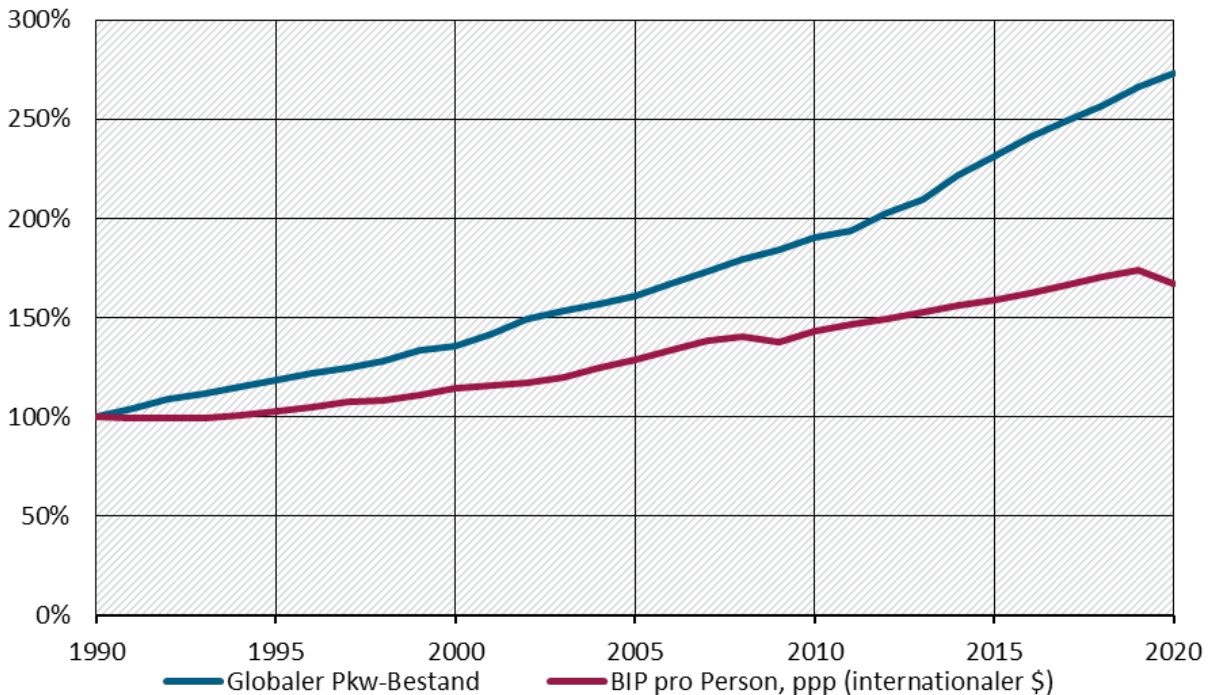
4.4.2.4 Trends nach Einkommensdynamik

Die globale Einkommensdynamik und der Pkw-Bestand zeigen eine ähnliche Entwicklung (Abbildung 68). Das durchschnittliche Einkommen pro Person hat in den letzten 30 Jahren um 67 % zugenommen, die Anzahl der Pkws stieg global um 173 % im selben Zeitraum.

Bis zur Jahrtausendwende verlief das Wachstum der Pkws weltweit in ähnlichem Tempo wie das BIP pro Person. Etwa seit 2000 ist das Einkommen jedoch schneller gewachsen – bis 2020 um

rund 113 %. Trotzdem ist auch die Anzahl der Pkws im Vergleich zum Zeitraum vor 2000 schneller gewachsen und bis 2020 um rund 101 % gestiegen.

Abbildung 68: Weltweite Einkommensdynamik und Pkw-Bestand seit 1990 (Indexiert, 1990 =100)



Quelle: eigene Darstellung, ifeu/adelphi, auf der Basis von UBA (2022b) und World Bank (2022a)

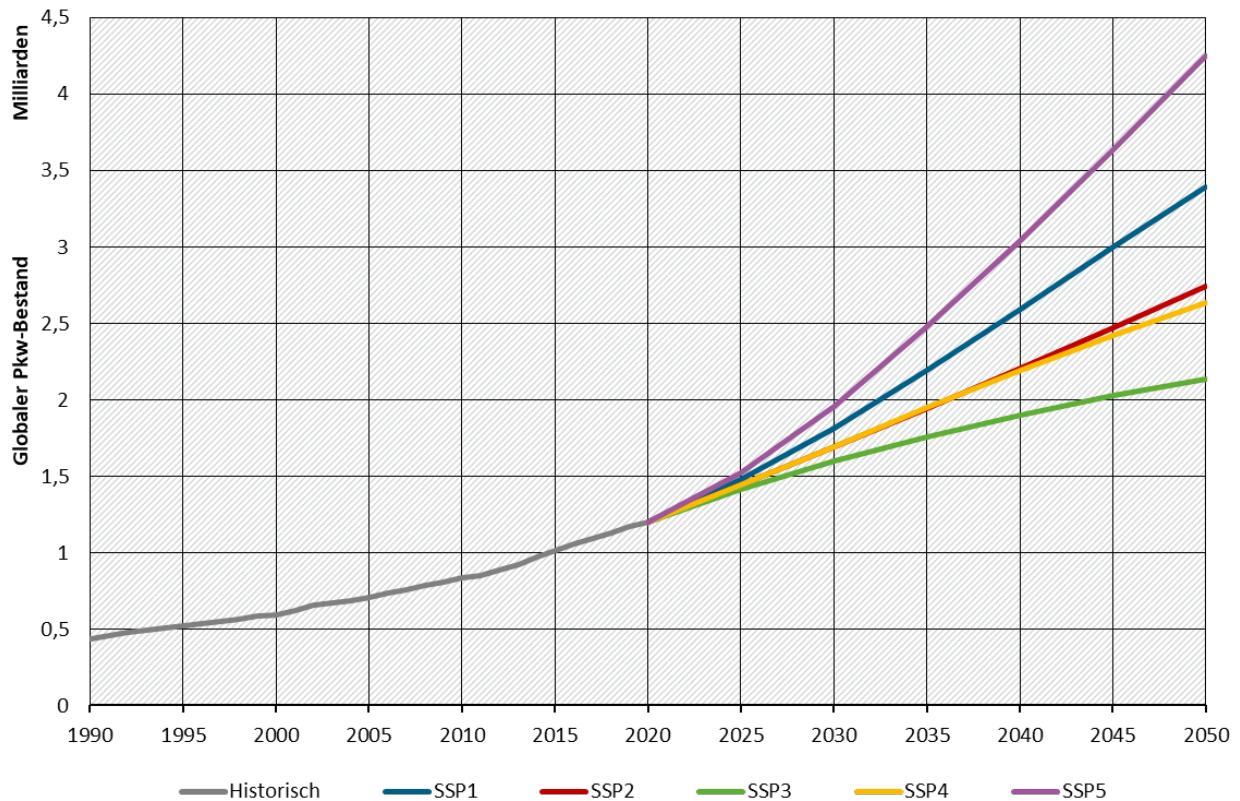
4.4.2.5 Zukünftige Entwicklung globaler Mobilität der Pkws

Langzeittrends der gesamten Verkehrsleistung über alle Verkehrsmittel hinweg zeigen eine hohe Korrelation zwischen dem BIP-Wachstum und der Verkehrsleistung, wobei davon auszugehen ist, dass der Hochgeschwindigkeitsverkehr eine zunehmende Rolle spielen wird (Schäfer 2007). Schäfer (2007) geht davon aus, dass die gesamte Nachfrage aller Verkehrsmittel proportional zum prognostizierten Einkommensniveau von 33 Billionen Pkm im Jahr 2000 auf 105 Billionen Pkm im Jahr 2050 ansteigen wird. Dargay et al. (2007) betrachten nur Straßenfahrzeuge (mit mindestens 4 Rädern, einschließlich Pkw, Lkw und Busse) und legen dar, dass steigendes Pro-Kopf-BIP tendenziell zu einem Anstieg des privaten Fahrzeugbesitzes führt. Dieser Effekt ist in den mittleren Einkommensbereichen am stärksten ausgeprägt und in den niedrigsten und höchsten Einkommensbereichen am schwächsten.

Der statistisch signifikante Zusammenhang zwischen dem Pro-Kopf-BIP-Wachstum und dem Fahrzeugbesitz wurde bereits in verschiedenen Studien dargelegt (ITF 2019a). Dennoch führen auch weitere Faktoren, wie beispielsweise die zunehmende Suburbanisierung im Zuge der wachsenden Stadtbevölkerung sowie das Bevölkerungswachstum, zu einem Anstieg des privaten Fahrzeugbesitzes. In Anbetracht der Datenverfügbarkeit und des bereits dargelegten Zusammenhangs zwischen Einkommen und Motorisierungsgrad beschränken wir uns bei der Erstellung folgender Szenarien auf den Einfluss des BIP-Wachstums.

Abbildung 69 zeigt den zukünftigen, weltweiten Pkw-Bestand, berechnet auf Basis der Daten des Verbands der Automobilindustrie (mit 1,2 Mrd. Pkws in 2019) und der Dynamik des weltweiten Einkommenswachstums der Shared Socioeconomic Pathways (SSP) (Dellink et al. 2017; Riahi et al. 2017).

Abbildung 69: Zukünftige Szenarien des weltweiten Pkw-Bestandes bis 2050 (Ausgangsjahr 2020)



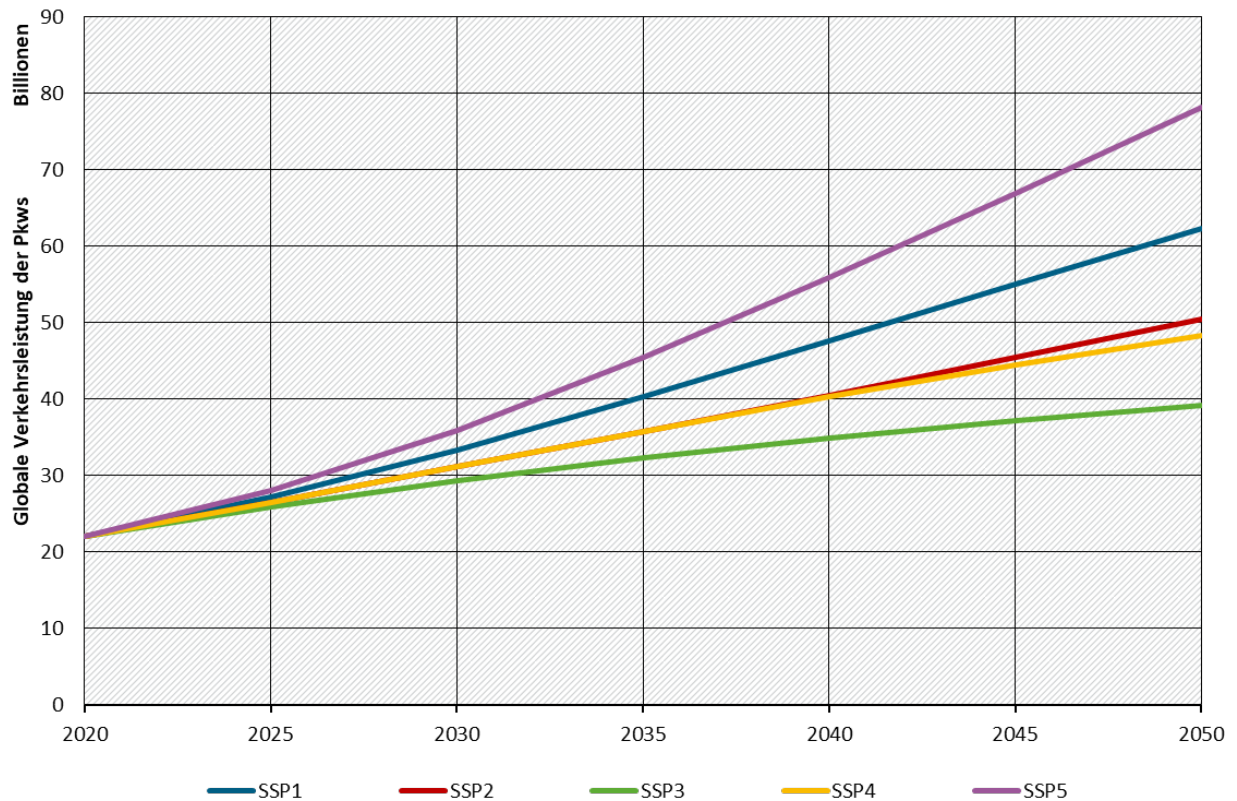
Quelle: eigene Berechnung auf der Basis von UBA (2022b) und den Einkommensprojektionen der OECD auf Basis des ENV-Wachstumsmodells (Dellink et al. 2017; Riahi et al. 2017).

Wie in Abbildung 69 zu sehen ist, werden im SSP5 Szenario im Jahr 2050 die höchsten Fahrzeugbestände mit rund 4,2 Mrd. Pkws erreicht, bereits im Jahr 2040 könnte sich der weltweite Pkw-Bestand mehr als verdoppelt haben. Im Mittel (SSP2) könnte der Bestand bis zum Jahr 2050 auf rund 2,7 Mrd. Pkws ansteigen. Im SSP3 Szenario liegt der Pkw-Bestand bei rund 2,1 Mrd. Fahrzeugen.

Prognosen der UNEP gehen davon aus, dass sich der Bestand von leichten Nutzfahrzeugen (Pkw, Vans und Transporter) bis zum Jahr 2050 verdoppeln wird, 90 % dieses Wachstums würde dabei auf Nicht-OECD Länder entfallen (UNEP 2020). Die Organisation erdölexportierender Länder (OPEC) prognostiziert einen Anstieg allein der Pkws von 1,6 Mrd. im Jahr 2019 auf über 1,9 Mrd. für 2040 und für 2045 schließlich einen Anstieg auf über 2 Mrd. Pkws. Das stärkste Wachstum erwartet die OPEC – ebenso wie die UNEP – in Ländern außerhalb der OECD, insbesondere in China, Indien und anderen asiatischen Staaten. (Moriarty 2021; OPEC 2020)

Neben dem steigenden Pkw-Besitz bzw. Bestand sind zukünftige Szenarien der Verkehrsleistung von Interesse. Für die derzeitige globale Verkehrsleistung von leichten Nutzfahrzeugen bzw. Pkws existieren sehr unterschiedliche Schätzungen. So gehen Machedon-Pisu und Borza (2022) für 2020 von rund 22,2 Billionen Pkm (für Leichtnutzfahrzeuge, *Light duty vehicles*) aus, während nach EIA die Verkehrsleistung der Pkws für 2020 bereits bei 25 Billionen lag (EIA 2021). Nachfolgend wurde beispielhaft die derzeitige (2020) Verkehrsleistung von rund 22 Billionen Pkm, basierend auf Machedon-Pisu und Borza (2022) für Leichtnutzfahrzeuge, mittels des zukünftigen Einkommenswachstums (Dellink et al. 2017; Riahi et al. 2017) fortgeschrieben (siehe Abbildung 70).

Abbildung 70: Zukünftige Szenarien der weltweiten Verkehrsleistung der Pkws bis 2050 (Basisjahr 2020)



Quelle: eigene Berechnungen auf der Basis von Machedon-Pisu und Borza (2022) und den Einkommensprojektionen der OECD auf Basis des ENV-Wachstumsmodells (Dellink et al. 2017; Riahi et al. 2017).

Wie Abbildung 70 zeigt, könnte die Verkehrsleistung leichter Nutzfahrzeuge im Jahr 2050 im niedrigsten Szenario (SSP3) rund 39 Billionen Pkm und im höchsten Szenario (SSP5) 78 Billionen Pkm erreichen. Das mittlere Szenario (SSP2) liegt im Jahr 2050 bei etwa 50 Billionen Pkm. Die in der Studie von Machedon-Pisu und Borza (2022) errechnete Verkehrsleistung im Jahr 2050 liegt bei rund 47 Billionen Pkm und damit zwischen dem niedrigsten Szenario (SSP3) und knapp unter dem SSP 4 Szenario.

Auf Grund mangelnder Prognosen bzw. Szenarien der zukünftigen Entwicklung der Verkehrsleistung einzig des Pkws, soll folgend eine Einordnung hinsichtlich des gesamten Transportsektors ermöglicht werden. Nach Teske et al. (2021), basierend auf der (AR5/6) Datenbank des IPCC, liegt die gesamte zukünftige Verkehrsleistung aller Verkehrsträger im Jahr 2050 im Mittel bei 81 Billionen Pkm. Die IEA (2019) schätzt, dass die gesamte Verkehrsleistung des Transportsektors bis 2050 auf über 100 Billionen Pkm steigen wird, der Anteil der privaten Pkws liegt dabei nach IEA bei über 40 % – und damit zwischen der errechneten Verkehrsleistung des SSP3 und des SSP4 Szenarios für das Jahr 2050 (Abbildung 70). Im aktuellsten Bericht des ITF wird ein Anstieg des globalen Personentransportes, ausgehend von 61 Billionen Pkm (2019), auf 100 – 110 Billionen Pkm (2050) modelliert (ITF 2023b).

4.4.2.6 Umweltwirkungen

Basierend auf den Werten zur Verkehrsleistung der Leichtnutzfahrzeuge nach Machedon-Pisu und Borza (2022) von rund 22 Billionen Pkm (2020) wurden sowohl die heutigen Umweltwirkungen als auch jene für das Jahr 2050 berechnet. Die zukünftigen Umweltwirkungen

wurden in Tabelle 41 zum einen für das Maximum (SSP5) der potenziellen zukünftigen Verkehrsleistung der Leichtnutzfahrzeuge in einer Welt ohne technische Änderungen erstellt und zum anderen für das mittlere Szenario (SSP2) mit technischen Änderungen.

Das SSP5 Szenario bildet dabei einen Pfad ab, bei welchem die Länder der Welt sich ungeachtet der Folgen für die Umwelt auf die wirtschaftliche Entwicklung fokussieren (Dellink et al. 2017). Die Umweltwirkungen im Jahr 2050 (SSP5) wurden daher auch auf Basis eines Verbrennermotors berechnet. Die Umweltwirkungen wurden auch für das mittlere Szenario (SSP2) für eine Welt mit unterstellten technischen Änderungen nach dem GreenSupreme-Szenario (Dittrich et al. 2020a) berechnet. Im SSP2 Szenario setzen sich die derzeitigen Trends mehr oder weniger fort, allerdings werden einige Schwellenländer relativ schnell hinsichtlich des Einkommenswachstums aufholen (Dellink et al. 2017). Für die Verkehrsleistung im Jahr 2050 (SSP2, mit technischen Änderungen) wurden die Umweltwirkungen eines E-Autos unterstellt.

Tabelle 41: Umweltwirkungen der globalen Verkehrsleistung der Pkws heute und 2050*

Planetare Grenze	Kontrollvariable	Umweltwirkung			Grenzwert/ Budget ³⁴	Künftiger Anteil an PG	
		Heute (2019)	Ohne tech. Änd. 2050 (SSP5) (Verbrennermotor)	Mit tech. Änd. nach Green-Supreme 2050 (SSP2) (E-Auto)		2050 (SSP5)	Green Supreme (SSP2)
Klimawandel	CO ₂ [Gt/a]	6,92	24,56	0,082	1,2 – 1,5	1.914 %	6 %
Landnutzung	Waldverlust [km ²]	1.807,30	6.418,95	133,77	5.130.000	7,78 %	0,15 %
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [t/a]	258,17	916,94	1.470,50	6.200.000	0,01 %	0,02 %
	Stickstoff [Mio. t/a]	3,88	13,79	1,58	62	22,2 %	2,54 %
Süßwasser	Süßwasser [Mrd. m ³ /a]	24,59	87,33	27,24	4.000	2,18 %	0,68 %

Quelle: eigene Berechnungen von ifeu und ecoinvent sowie Darstellung auf der Basis von Steffen et al. (2015) und Dittrich et al. (2020a, 2021a); *Anmerkung: Im Jahr 2020 handelt es sich um Dieselmotoren; Im Jahr 2050 im SSP5 sind es ebenso Dieselaautos; im SSP2 sind es Elektroautos bei durchschnittlichem Strommix (auf Grund des beschleunigten Markthochlaufs der Elektromobilität in GreenSupreme nach Dittrich et al. (2020a)).

Die auf das Konzept der Planetaren Grenzen bezogenen Umweltwirkungen zeigen einen enormen Anstieg, wenn keine technischen Änderungen bis zum Jahr 2050 erfolgen und nach wie

³⁴ Budget aus heutiger Sicht. Die Grenzwerte werden für 2050 übernommen. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass die Grenzwerte sich verändern können, bspw. durch eine hohe Akkumulation von Grenzwertüberschreitungen in den vorangegangenen Jahren.

vor Verbrennerautos unterstellt werden. Im Vergleich zu heute könnten die CO₂-Emissionen (SSP5) um das 3,6-fache zunehmen.

Technische Änderungen nach GreenSupreme ermöglichen unterdessen für einige planetare Grenzen eine Minderung der Umweltwirkungen im Jahr 2050. Im Vergleich zu heute könnten die CO₂-Emissionen im Jahr 2050 um 99 % und der Waldverlust um 93 % sinken. Bei den biogeochemischen Flüssen könnte es allerdings zu einem Anstieg der Phosphorflüsse um 470 % kommen, während die Stickstoffflüsse um 59 % sinken könnten. Die Süßwassernutzung könnte im Vergleich zu heute um 11 % steigen.

Die gesamte Verkehrsleistung der Pkws im Jahr 2020 war für rund 7 Gt CO₂ verantwortlich, dies entspricht den Ergebnissen von Machedon-Pisu und Borza (2022) und der IEA (2022b). Das entspricht einer jährlichen Inanspruchnahme von 2 % des verbleibenden gesamten CO₂-Budgets von insgesamt 400 Gt CO₂ nach IPCC (2021). Bei gleichbleibender Verkehrsleistung und gleichbleibenden Emissionen, würden bis zum Jahr 2050 durch den Verkehr der Pkws 207 Gt CO₂ emittiert werden – rund die Hälfte des verbleibenden Budgets.

In Relation zu dem in diesem Projekt ermittelten CO₂-Grenzwert von rund 0,15 Tonnen CO₂ pro Person und Jahr (siehe Kapitel 3.3.1) – der damit nachhaltiges Konsumieren innerhalb der planetaren Grenzen definiert – entspräche die Inanspruchnahme durch den Pkw-Verkehr mit Verbrennermotoren etwa 600 % und übersteigt damit das derzeitige globale, jährliche Budget deutlich.

Im Jahr 2050 sinken im SSP2 bei Unterlegung technischer Änderungen (ausschließliche Nutzung von E-Autos) die CO₂-Emissionen der weltweiten Pkw-Nutzung auf 0,082 Gt CO₂, was einem Anteil am jährlichen CO₂-Budget von rund 6 % entspricht. Werden keine technischen Änderungen (im SSP5) unterstellt, läge die Inanspruchnahme im Jahr 2050 bei 24,56 Gt CO₂, das entspräche 1.914 % des jährlichen Budgets.

Bei Betrachtung der global noch zur Verfügung stehenden Waldfläche, um innerhalb der PG zu bleiben, nimmt die weltweite Pkw-Nutzung derzeit 2,44 % des verbleibenden (noch umwandelbaren) Waldbudgets pro Jahr in Anspruch. Im Jahr 2050 könnte die Inanspruchnahme einen Anteil von rund 8 % (SSP5, ohne technische Änderungen) bzw. rund 0,15 % (SSP2, einschl. technischer Änderungen) des jährlich zur Verfügung stehenden Budgets betragen.

Bei den Grenzwerten der biogeochemischen Flüsse nimmt die derzeitige Pkw-Nutzung 0,004 % des jährlichen Phosphorbudgets und 6 % des jährlichen Stickstoffbudgets in Anspruch. Werden keine technischen Änderungen (und SSP5) unterstellt, steigen die Anteile am Phosphorbudget im Jahr 2050 auf 0,01 % und am Stickstoffbudget auf 22,2 %. Werden technische Änderungen (und SSP2) berücksichtigt, so steigen die Anteile am Phosphorbudget im Jahr 2050 auf 0,02 % und die Anteile am Stickstoffbudgets sinken auf 2,54 %.

Durch die Pkw-Nutzung kommt es derzeit zur Inanspruchnahme von 0,6 % des jährlichen Süßwasserbudgets. Im Jahr 2050 könnten zwischen 2,18 % (SSP5; keine technischen Änderungen) und 0,68 % (SSP2, technische Änderungen im Green Supreme Szenario) des jährlichen Süßwasserbudgets in Anspruch genommen werden.

4.4.2.7 Zwischenfazit

Global nimmt die Zahl der Pkws stark zu – am deutlichsten zeigt sich dieser Trend in Asien, allen voran in China. Hier ist auch zu beobachten, dass neue Pkws schwerer und leistungsstärker werden, wodurch sich auch ihr CO₂-Fußabdruck vergrößert. Gleichzeitig sind deutliche Unterschiede nach Einkommensgruppen zu erkennen. Während der Grad der Motorisierung in

einkommensstarken Ländern sehr hoch ist, ist der Besitz von privaten Fahrzeugen in Schwellenländern wie China und Indien geringer und ein Privileg der einkommensstärkeren Bevölkerungsschichten. Neben dem zunehmenden Besitz von Pkws zeichnet sich ein weiterer Trend ab: die Zunahme der Fahrzeiten und -entfernungen. Oft ist dieses Phänomen in urbanen Räumen als Folge von Zersiedelung und Verkehrsstaus zu beobachten. Die Menschen legen insgesamt weltweit mehr Wege zurück als in der Vergangenheit, was dazu führt, dass global die Verkehrsleistung zunimmt. In Regionen mit hoher Verkehrsleistung sind Sättigungseffekte zu beobachten, hier stagniert bzw. sinkt die Verkehrsleistung.

Das steigende Einkommen und der Mangel an Alternativen sind wichtige Treiber des Wachstums individueller Motorisierung. Verschiedene Prognosen deuten auf eine enorme Zunahme der Verkehrsleistung und damit einer deutlichen Zunahme der Umweltwirkungen hin, sofern keine technologischen Änderungen (wie ein größerer Anteil an Elektroautos) die zukünftige Entwicklung begleiten. Im Schnitt wird die Pkw-Nutzung, unter Annahme der in GreenSupreme hinterlegten technischen Änderungen in einer defossilisierten Welt, Umwelt und Klima hinsichtlich der drei planetaren Grenzen THG, Landnutzung und Stickstoffflüsse deutlich weniger belasten.

4.4.3 Repräsentatives Gut 3: ÖPV

Der öffentliche Personenverkehr (ÖPV) bietet einen sicheren, zuverlässigen, billigen und umweltfreundlichen Service, im Vergleich zum Pkw, für Reisende und Pendler auf der ganzen Welt. Er verbindet Städte und Regionen, damit Nutzer*innen innerhalb oder über städtische Gebiete hinaus ihre Ziele erreichen können. Der ÖPV umfasst den Transport von Personen über Straßen, Schienen, Wasser und mitunter auch mittels Seilbahnen (UITP 2022a; World Bank 2021b).

Bei der Anbindung des ländlichen Raumes an die Zentren und der Sicherung der Mobilität in der Fläche spielt vorrangig der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) eine wichtige Rolle. In Ballungsräumen ist der ÖPNV für die tägliche Mobilität unverzichtbar. Der ÖP(N)V bietet Zugang zu Mobilität und schafft Unabhängigkeit vom Privatauto oder der Organisation von Mitfahrgelegenheiten. (BMDV 2022)

Im Folgenden wird der Fokus auf den ÖPV im weiteren Sinne gelegt. Da sich der ÖPV global auf eine Vielzahl an Modi bzw. (formelle und informelle) Fortbewegungsmitteln aufteilt, wurde zur besseren Vergleichbarkeit und auf Grund des breiten Spektrums eine Fortbewegungsmodalität gewählt, bei der die Datenlage Analysen zulässt und eine klare Abgrenzung möglich ist: die Bahn.

Weltweit machte der Schienenverkehr im Jahr 2016 rund 8 % des Personenverkehrs aus, allerdings mit einer ungleichen Verteilung über verschiedene Weltregionen. Der Schienenverkehr stellt eine wichtige Alternative zum individualisierten Straßenverkehr dar. Diese Art des Personentransportes ist Dank der Verfügbarkeit einer separaten Infrastruktur nicht von den Überlastungen des Straßennetzes betroffen. Grundsätzlich bietet der Transport von Personen und Gütern über die Schiene viele Vorteile im Vergleich zum motorisierten Straßenverkehr mit Pkw und Lastwagen: höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten, ein geringeres Todesrisiko für Passagiere, bessere Energieeffizienz und geringere Umweltauswirkungen. (Noussan et al. 2020)

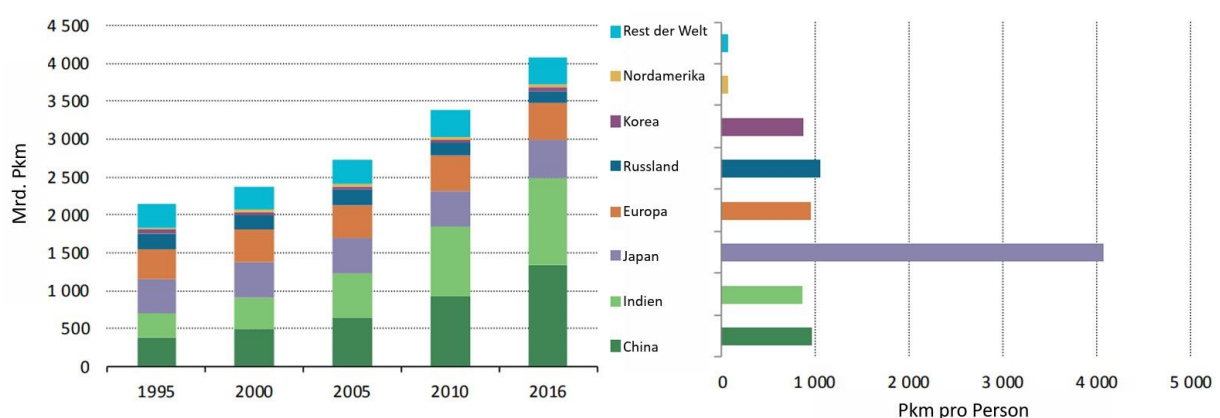
4.4.3.1 Entwicklungen der Nachfrage nach und Nutzung von ÖPV (anhand der Bahn)

Die Bahn gehört zu den energieeffizientesten Transportmitteln für Personen und Fracht: während der Schienensektor 8 % der weltweiten Passagiere und 7 % des weltweiten Güterverkehrs befördert, nimmt er nur 2 % des gesamten Energiebedarfs des Verkehrs in Anspruch (IEA 2019).

Die UIC schätzt, dass das weltweite Schienennetz eine Länge von etwa 1,1 Mio. km aufweist. Auf die geographischen Regionen Amerika und Asien & Ozeanien entfallen jeweils Anteile am Schienennetz von etwa 30 %, Europa (inklusive der Türkei) steht an dritter Stelle mit etwa 24 % und auf Afrika und Russland entfallen 6,7 % und 7,5 %. Global lag die Verkehrsleistung (gemessen in Personenkilometern, Pkm) der Bahnen im Jahr 2019 bei knapp 4,2 Billionen Pkm und sank im Jahr 2020 auf fast 2,6 Billionen Pkm (UIC 2022a). Nach Angaben der IEA lag die Verkehrsleistung der Bahn aber bereits 2016 bei über 4,1 Billionen Pkm (IEA 2019) (siehe Abbildung 71). Seit 2004 stieg die Verkehrsleistung global um jährlich durchschnittlich rund 3,6 % an, regional gibt es jedoch sehr unterschiedliche Entwicklungen, die im nachfolgenden Kapitel eingehender beschrieben werden (UIC 2022a).

Historisch betrachtet wurde das städtische Schienennetz erst in Europa und Japan ausgebaut; im Laufe des 20. Jahrhunderts und verstärkt in den letzten Jahren wurden auch in China und in anderen Schwellenländern in Asien Investitionen in den Ausbau des Schienennetzes getätigt. Hochgeschwindigkeitsstrecken wurden bereits in den 1960er Jahren in Japan erbaut, schließlich auch in Europa, angeführt vom französischen TGV, und zuletzt in China. Die konventionellen Fernschienennetze in Europa, Japan und Indien gehen auf den Ausbau im Laufe des 20. Jahrhunderts zurück. Heute ist global der zunehmende Flugverkehr eine Konkurrenz im Fernreiseverkehr. (IEA 2019)

Abbildung 71: Schienenverkehrsleistung weltweit zwischen 1995 – 2016 und Verkehrsleistung pro Kopf 2016



Quelle: © IEA (2019). Übersetzung durch ifeu; alle Rechte vorbehalten

Wie Abbildung 71 zeigt, ist der Bahnverkehr auf wenige Regionen der Welt konzentriert. So werden die höchsten Verkehrsleistungen pro Kopf in Japan, Russland, China, Europa, Indien und Korea erzielt. Japan hat bei weitem die höchste Bahnaktivität pro Kopf.

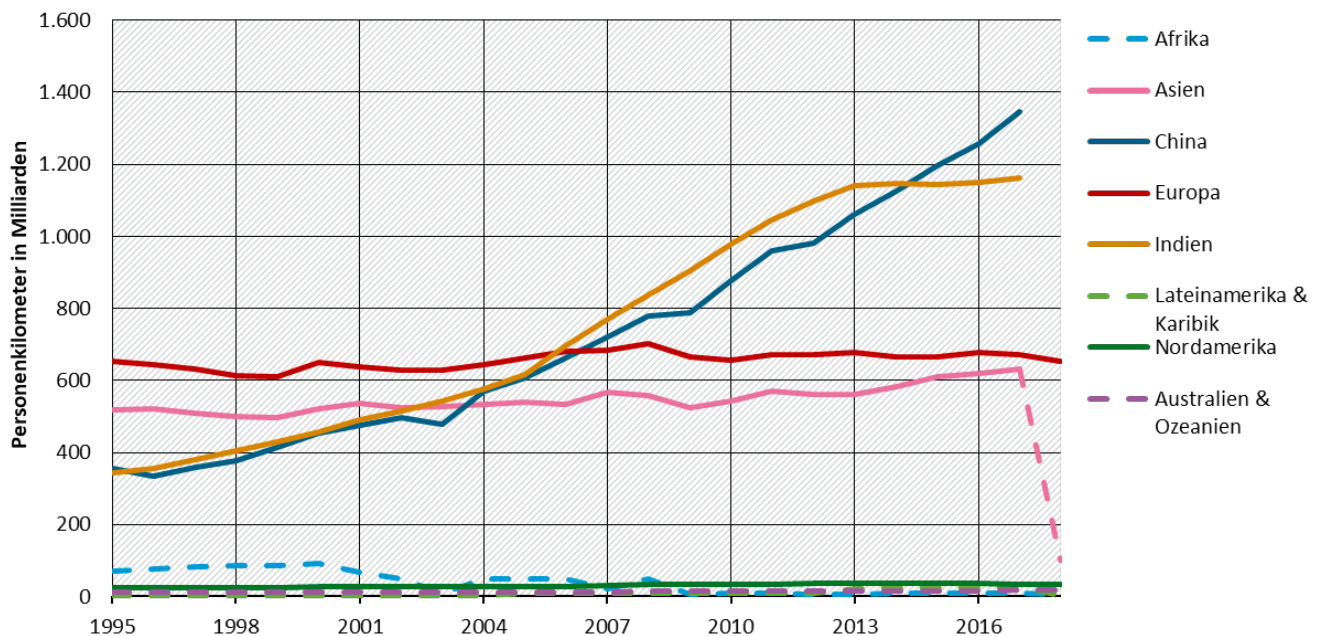
Heute finden rund drei Viertel des Personenverkehrs auf Schienen mit elektrischen Zügen statt, das entspricht einem Anstieg von 60 % seit 2000, der Rest wird von Zügen mit Dieselmotoren bedient. In der Vergangenheit nutzten die ersten Züge Kohle, um Dampfmaschinen anzutreiben, eine Technologie, die bis in die frühen 2000er beispielsweise in China und Indien noch

Verwendung fand. Nur wenige Züge verwenden Erdgas als Kraftstoff. In jüngster Zeit werden Pilotprojekte für wasserstoffbetriebene Züge durchgeführt (z. B. in Deutschland (BMDV 2021a; b)). (IEA 2019)

4.4.3.2 Regionale Trends nach Kontinenten

Der Schienenverkehr lässt sich grob in die Segmente städtisches Schienennetz (d. h. Straßenbahnen und U-Bahnen), konventionelle außerstädtische Bahnlinien und Hochgeschwindigkeitszüge unterteilen (Noussan et al. 2020). Die Daten zum Schienennetz und der Verkehrsleistung der Bahn wurden für die Diskussion vorrangig aus zwei Quellen bezogen: von der World Bank (2022c) und der Union Internationale des Chemins de fer, UIC (Internationaler Eisenbahnverband) (UIC 2022b). Da die Daten der UIC keine Disaggregation der Kontinente zulassen, wurde für detailliertere Betrachtungen auf die Daten der Weltbank zurückgegriffen. Allerdings unterscheiden sich die Datensätze teilweise, weshalb an entsprechender Stelle die Datenlage zur Diskussion gestellt wird.

Abbildung 72: Verkehrsleistung des Personenschienenverkehrs zwischen 1995 und 2018, nach regionalen Gruppen



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis von World Bank (2022c); Anmerkung: Lückenhafte Daten werden strichliert dargestellt.

Abbildung 72 zeigt wie sich die Verkehrsleistung des Schienenverkehrs in den unterschiedlichen regionalen Gruppen seit Mitte der 1990er Jahre entwickelt hat. Hervor sticht die hohe Nutzung der Bahn in den Regionen Europa, Asien, China und Indien, im Gegensatz zu den Kontinenten bzw. Regionen Afrika, Lateinamerika und Karibik, Nordamerika, und Ozeanien. Während in Europa und Asien eine relativ stabile Entwicklung zu sehen ist, hat sich die Verkehrsleistung der Bahn zwischen 1995 und 2017 in Indien um 240 % und in China um 280 % zugenommen. Der Bruch, der die Entwicklung der letzten Jahre für asiatische Länder markiert, ist den lückenhaften Daten für Länder wie Japan, Korea, Thailand, Mongolei etc. geschuldet. Der größte Zuwachs über den gesamten Zeitraum fällt auf die Region Lateinamerika und Karibik, die Verkehrsleistung hat dort bis 2017 um knapp das 6,4-fache zugenommen. (World Bank 2022c)

4.4.3.2.1 Afrika

Die derzeitige Situation des Bahnnetzes in Afrika weist große Herausforderungen auf und steckt, im Vergleich zu anderen Regionen, in den Kinderschuhen. Es fehlt an Dichte und der Personenverkehr auf der Schiene hat Schwierigkeiten, sich im Inland zu positionieren (UIC 2014). Das Schienennetz in vielen Teilen Afrikas stammt noch aus der Kolonialzeit und wurde primär für den Transport von Rohstoffen wie Holz oder Gold zu den Häfen genutzt, um diese dann nach Europa zu verschiffen. Heute spielt der Bahnverkehr für den Handel und die transnationale Mobilität in Afrika eine zunehmend wichtige Rolle. Derzeit wird der Ausbau von Hochgeschwindigkeitszügen (wie etwa die Strecke zwischen Kenias Hafenstadt Mombasa und der Hauptstadt Nairobi) vorangebracht. (Schwikowski 2022). Dieser Ausbau stellt ein wichtiges Leuchtturmprojekte der Agenda 2063 dar (African Union o.J.). Mit Ausnahme von Südafrika und dem nördlichen Afrika, liegt die Qualität afrikanischer Bahnstrecken deutlich hinter jener in den meisten anderen Regionen der Welt. Schlechte wirtschaftliche, technologische und institutionelle Bedingungen haben die Bewältigung der Herausforderungen im Ausbau des Schienenverkehrs zudem eingeschränkt oder gar verschlimmert, das Ergebnis ist eine veraltete Infrastruktur. (African Development Bank Group 2015)

Im Vergleich zu den anderen Regionen nimmt Afrika einen Anteil von rund 0,2 % (World Bank 2022c) bis etwa 0,9 % (UIC 2022a) der weltweiten Verkehrsleistung der Bahn ein. Auf Basis der Daten der Weltbank³⁵ zeigt sich, dass sich bis zum Jahr 2017 die Verkehrsleistung der Bahn in Afrika seit Mitte der 90er Jahre reduziert hat und zwar um 89 %. Zwischen 2004 und 2017 kam es zu einer Reduktion der Verkehrsleistung um 83 % (World Bank 2022c). Für denselben Zeitraum zeigen die Daten der UIC allerdings nur eine Reduktion um 2,4 % (UIC 2022a). Auf Grund dieser Diskrepanz der Daten ist nur eine generelle Entwicklung ableitbar. Diese zeigt, dass die Nutzung der Bahn auf dem afrikanischen Kontinent im Zeitraum der letzten Jahrzehnte einen abnehmenden Trend aufweist.

4.4.3.2.2 Asien

Innerhalb Asiens gibt es deutliche Unterschiede hinsichtlich des Status quo des ÖPV, je nach Entwicklungsstand und kulturellen, historischen und politischen Hintergründen der jeweiligen Länder (Noussan et al. 2020). Verschiedenste Arten von öffentlichen Transportmitteln finden sich in dieser Region und das Stadt-Land-Gefälle ist enorm groß. Bezeichnend für die asiatischen Megastädte sind beispielsweise eine schnelle Urbanisierung, hohe städtische Dichte, beispiellose Motorisierung, eine Zunahme von Motorrädern sowie weit verbreitete Verwendung von unkonventionellen Verkehrsträgern wie Jitneys und Tuk-Tuks. In den ASEAN Staaten ist speziell ein Rückgang öffentlicher Verkehrsmittel im Verkehrsträgeranteil und ein Fokus auf Pkw-orientierte Verkehrspolitik zu beobachten. (Mo et al. 2014)

In Jakarta, der Hauptstadt Indonesiens, gibt es ein umfangreiches Pendlerschienensystem, das noch aus der Kolonialzeit stammt. Es umfasst 235 km elektrifizierte Gleise, aufgeteilt auf sechs Linien und wurde in den letzten zwei Jahrzehnten laufend ausgebaut. Das primäre öffentliche Verkehrsmittel ist allerdings der Bus: Mittlere bis große Stadtbusse verkehren entlang der Hauptkorridore, Kleinbusse (*Paratransit*) und Motortaxis (*ojek*) werden oft als Zubringer verwendet. (Susilo und Joewono 2017)

In Vietnam ist nach wie vor das Motorrad das primäre Fortbewegungsmittel (siehe Kapitel 4.4.2.2.2). In Hanoi war vor einem Jahrzehnt noch der ÖPV das zweitwichtigste Fortbewegungsmittel, während in Ho-Chi-Minh Stadt das Fahrrad an zweiter Stelle stand. Beide

³⁵ Im Zeitraum 2004-2017 sind im Schnitt nur für 7 Ländern Daten vorhanden.

Städte haben versucht, den ÖPV auszubauen und attraktiver zu gestalten, etwa mit Plänen zum Bau von „Bus Rapid Transit (BRT)“-Systemen in ausgewählten Korridoren. Allerdings waren sie bislang eher erfolglos und der Fortschritt ist sehr langsam. Zudem werden Busse als Reisemittel vor allem der ärmeren Bevölkerung stigmatisiert, da die Fahrzeuge unbequem und schlecht gewartet sind. (Huynh und Gomez-Ibañez 2017)

Tokio besaß bereits um die Jahrtausendwende ein umfangreiches städtisches Verkehrssystem, das zu den am weitesten entwickelten der Welt gehörte und maßgeblich durch eine intensive Nutzung des Bahnsystems geprägt war (World Bank 2000). Der Schienenverkehr ist auch heute noch ein primäres Transportmittel in Tokio. Es besteht aus U-Bahnen im zentralen Bereich, Privatbahnen im Vorortbereich und der Japan Railway sowohl im Zentrum als auch in den Vororten (Cao 2022). Laut einer Bewertung des Global Economic Forum haben die Länder Japan, Malaysia und Korea die qualitativ hochwertigsten Schienenverkehrsnetze (UNESCAP 2017).

Betrachtet man die asiatischen Staaten insgesamt, so hat die Verkehrsleistung der Züge seit den 1990er Jahren um rund 22 % zugenommen. Innerhalb Asiens liegt die Personenverkehrsleistung in den Ländern Japan, Korea und Indonesien am höchsten (Stand 2017). Insgesamt entfällt auf Asien ein Anteil von ca. 16 % der weltweiten Verkehrsleistung der Bahn (Stand 2017). (World Bank 2022c)

4.4.3.2.3 China

Die Änderungen im Rad- bzw. motorisierten Individualverkehr (siehe Kapitel 4.4.2.2.3) haben zahlreiche Probleme wie Verkehrsüberlastungen und Luftverschmutzung generiert, da ein Großteil des städtischen Raumes nicht für das Auto konzipiert wurde. Infolgedessen befindet sich China in einem Prozess des Übergangs von der zuvor unbestrittenen Befürwortung für das Privatauto hin zur Priorisierung des (städtischen) öffentlichen Verkehrs, insbesondere der U-Bahn-Systeme in Städten und in Bezug auf den Ausbau des Hochgeschwindigkeitsverkehrs zwischen Städten. (Gao und Kenworthy 2017)

China hat bis dato ein beeindruckendes Hochgeschwindigkeits-Schienennetz aufgebaut, das die meisten Provinzhauptstädte verbindet: „Bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 190 Meilen pro Stunde [Anm.: über 300 km/h] kann ein Passagier, der in Zentralchina in einen Hochgeschwindigkeitszug steigt, jeden Teil Chinas [...] in weniger als vier Stunden erreichen“ (Wong 2019). Ende 2020 lag die Länge des Schienennetzes bei 146.000 km, rund 26 % entfielen auf Hochgeschwindigkeitsstrecken. Studien zeigen, dass das umfassende Schienennetz, insbesondere die Hochgeschwindigkeitsstrecken, einige Teile der Bevölkerung bereits zum Umstieg auf die Bahn ermutigen konnte. (Ou et al. 2022)

Seit den 1990er Jahren ist die Verkehrsleistung der Bahn um 280 % gestiegen. Im Vergleich zu den anderen Regionen entfällt auf China ca. 35 % der weltweiten Verkehrsleistung der Bahn (Stand 2017). (World Bank 2022c)

4.4.3.2.4 Indien

In Indien wird der ÖPV vom öffentlichen Busverkehr dominiert, auch wenn der Bus als Fortbewegungsmittel in den letzten Jahren an Bedeutung verloren hat. Paratransit (auch als „intermediate public“ bezeichnet) besteht meist aus informellen Verkehrsträgern wie Rikschas und gelegentlichen Fahrgemeinschaftssystemen. Diese konkurrieren und ergänzen gleichzeitig formelle öffentliche Personenverkehrsdienste in indischen Städten. Rikschas sind oft ein bevorzugtes Verkehrsmittel, da diese überall verfügbar, flexibel und günstig sind und leicht durch den oft dichten Straßenverkehr gelangen. Der Paratransit bietet somit Verbindungen für die Anfahrt oder die letzten Kilometer für Passagiere, die in weiterer Entfernung von fixen

Stationen des ÖPV wohnen. Neben diesen informellen Angeboten und den busbasierten öffentlichen Verkehrsdiensten, gibt es vorrangig zwei Arten von Stadtbahnssystemen: urbanen (U-Bahnen) und suburbanen Bahnverkehr. (Rathi 2017)

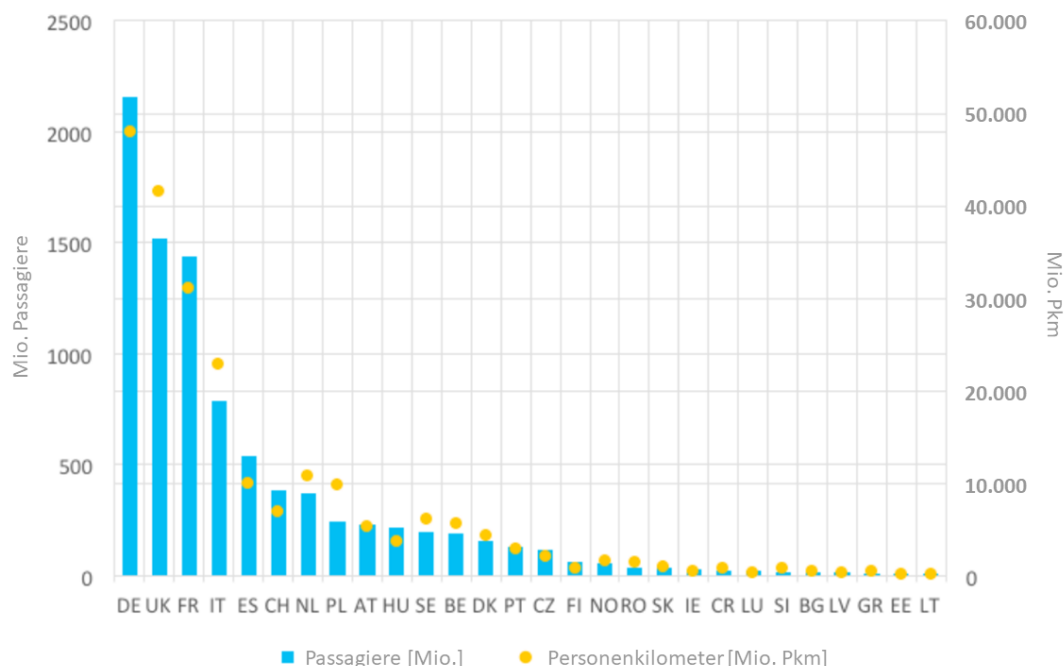
In Indien stieg die Personenbeförderung der Bahn in den letzten Jahrzehnten stark an. Zwischen 1995 und 2017 ist die Verkehrsleistung um 240 % gestiegen (siehe Abbildung 71). Gleislängen und die Aufrüstung der Infrastruktur haben deutlich zugenommen – jährlich werden rund 22 Mio. Passagiere mit der (konventionellen) Bahn befördert (IEA 2019). Nach China zählt Indien den zweithöchsten Anteil am Personenverkehr auf Schienen weltweit – im Vergleich zu den anderen Regionen entfallen fast 30 % der weltweiten Verkehrsleistung auf Schienen auf Indien (Stand 2017) (World Bank 2022c). Ein Großteil des Bahnverkehrs findet derzeit noch auf konventionellen S-Bahn- und Intercity-Strecken statt, obwohl bereits eine Reihe von U-Bahnlinien in Betrieb sind und andere sich im Bau befinden, zusammen mit einer Hochgeschwindigkeitsbahnlinie (IEA 2019).

4.4.3.2.5 Europa

Europaweit werden jährlich rund 60 Mrd. Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt (UITP 2022b). EU-weite Statistiken zeigen, dass etwa 7 % der Verkehrsleistung des öffentlichen Verkehrs über (Reise-)Busse, 6 % über den Schienenverkehr und etwa 1 % durch U-Bahnen und Straßenbahnen abgedeckt werden. Am häufigsten werden öffentliche Verkehrsmittel innerhalb der EU-27 in Österreich (26 %) und Ungarn (23 %) verwendet (gemessen an der Verkehrsleistung 2020). (Destatis 2022b; European Commission 2022b)

Die Bahn ist in den meisten EU-Ländern das zweitwichtigste öffentliche Fortbewegungsmittel (nach (Reise-)Bussen) (Destatis 2022b; European Commission 2022b). Im Vergleich zu den anderen Regionen liegt der Anteil Europas an der Gesamtsumme der weltweiten Verkehrsleistung der Bahn bei über 17 % (Stand 2017) (UIC 2022a).

Abbildung 73: Passagieranzahl einzelner Länder Europas nach Regional- bzw. Fernzügen in Millionen (Ergebnisse einer Studie für die Jahre 2014 und 2015)



Quelle: ©Errac (2016); Übersetzung durch ifeu; alle Rechte vorbehalten.

Unterschiede in der Nutzung der Bahn innerhalb Europas zeigen sich beim Vergleich der Passagierzahlen und der Personenkilometer für die Regional- und Schnellbahnen (ohne Fernverkehr). Abbildung 73 zeigt ein Teilergebnis einer Studie des European Rail Research Advisory Council (ERRAC). Zu sehen ist, dass die jährliche Zahl der beförderten Passagiere in Deutschland, mit etwa 2.160 Mio., fast ein Viertel der Gesamtzahl beförderter Passagiere europaweit ausmacht (ERRAC 2016).

Die Daten der World Bank (2022c) sind umfangreicher und beinhalten die Verkehrsleistung von Fernverkehrszügen bis hin zum städtischen Personentransport. Für Europa liegen die aktuellsten Daten für das Jahr 2018 vor. Insgesamt lag die Verkehrsleistung des Schienenverkehrs 2018 bei über 654 Mrd. Pkm. Damit hat sich seit 1995 die Verkehrsleistung der Bahn gerade einmal um 0,2 % erhöht und liegt im gesamten Beobachtungszeitraum auf einem relativ stabilen Niveau (siehe Abbildung 72). Die Daten der UIC zeigen ein Wachstum von rund 22 % ab den frühen 2000er Jahren, ausgehend von einem niedrigeren Niveau (UIC 2022b); für denselben Zeitraum verzeichnet die Weltbank ein Wachstum von 4 % (World Bank 2022c). Es ist daher davon auszugehen, dass die Verkehrsleistung der Bahn in Europa leicht zunimmt, allerdings zeigt sich dieser Trend erst seit Beginn der Jahrtausendwende. Durch die Corona-Pandemie ist allerdings ein enormer Einbruch der Verkehrsleistung der Bahnen zu verzeichnen – innerhalb der EU hat sich diese von 2019 auf 2020 beinahe halbiert (European Commission 2022b).

Der öffentliche Personenverkehr tritt in Europa auf der Stelle, das hat die EU-Kommission vor wenigen Jahren festgestellt und im Dezember 2020 ihre Strategie für nachhaltige und intelligente Mobilität veröffentlicht. Darin wird festgehalten, dass Maßnahmen ergriffen werden müssen, um mehr Aktivitäten auf nachhaltigere Verkehrsträger zu verlagern und insbesondere die Zahl der Fahrgäste im Schienenverkehr zu erhöhen (European Union 2021).

4.4.3.2.6 Lateinamerika und Karibik

Für Lateinamerika und die Karibik sind nur wenige Daten verfügbar, die eine Entwicklung des öffentlichen Verkehrs abbilden können. Die World Bank (2022c) liefert etwa nur für Mexiko eine lückenlose Zeitreihe von 1995 bis 2018. Die Daten variieren jedoch stark über den Zeitverlauf, weshalb keine aussagekräftigen Trends abzulesen sind.

Die Trends dieser geographischen Gruppe lassen sich jedoch anhand einiger Beispiele aufzeigen. In Brasilien etwa verfügen alle großen Städte über ein gut ausgebautes Bussystem. Seit den 2000er Jahren ist die Nutzung von Bussystemen angesichts der zunehmenden Nutzung von Pkw und Motorrädern jedoch zurückgegangen (Im Jahr 2005 überstieg der Modal Split des motorisierten Individualverkehrs erstmals den des öffentlichen Verkehrs). In den letzten Jahren führten mehrere große Städte umfassende „Bus Rapid Transit (BRT)“-Systeme ein (wie etwa in Rio de Janeiro und Belo Horizonte). Die Straßenbahn- und Zugsysteme spielen in Brasilien unterdessen eine untergeordnete Rolle (viele Bahnstrecken wurden bereits zwischen den 1930er und 1970er Jahren abgebaut oder aufgegeben und durch Straßen ersetzt). (Vasconcellos 2017)

Ähnliche Entwicklungen zeigen sich auch in Mexiko: Die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel in Mexiko-Stadt hat insgesamt abgenommen, zu Beginn der 2000er Jahre lag der Anteil des ÖPV an den Fahrten aber noch immer bei rund zwei Drittel. Das „Rückgrat“ des öffentlichen Verkehrs bilden in der Hauptstadt private Taxisysteme. Dies ist mitunter das Resultat einer Abschaffung öffentlicher Busunternehmen im Bundesstaat Mexiko Mitte der 1990er Jahre und deren Substitution durch private, konzessionierte Sammeltaxis. Zu Beginn der 2000er Jahre wurde

schließlich auch mit dem Ausbau von BRT-Systemen begonnen. Dem Verkehrsträger Bahn kommt auch in Mexiko eine geringe Bedeutung zu. (Connolly 2017)

In Argentinien konzentrieren sich fast 40 % der Gesamtbevölkerung auf die Metropolregion Buenos Aires. Im letzten Jahrzehnt unterstützte die Weltbank daher mit dem Projekt „Urban Transport in Metropolitan Areas (PTUMA)“ die Verbesserung und die Nachhaltigkeit städtischer Verkehrssysteme in diesem Ballungsraum, in dem vor allem die ärmsten Bevölkerungsschichten deutlich auf öffentliche Verkehrsmittel angewiesen sind. Dadurch wurden bereits bestehende BRT-Systeme verbessert, Fahrzeiten reduziert und die Kosten gesenkt. (World Bank 2021c)

Im Bahnverkehr gibt es allerdings auch noch viel aufzuholen: Während das argentinische Eisenbahnsystem ab der Mitte des 19. Jahrhunderts über 100 Jahre lang eines der wichtigsten Schienennetze der Welt war, sind derzeit von den 34.000 km des seit Anfang der 90er Jahre in Betrieb befindlichen Netzes über 75 % in schlechtem Zustand oder weisen geschlossene oder unpassierbare Sektoren auf. (Martorelli 2020)

Insgesamt zeigt sich in Lateinamerika ein starkes Wachstum von BRT-Systemen (bislang sind diese in 61 Städten vertreten), mit einer jährlichen Beförderung von derzeit mehr als 17,5 Mio. Passagieren pro Tag (BRTData 2022).

4.4.3.2.7 Nordamerika

In den USA spielen öffentliche Verkehrsträger nur eine geringe Rolle. Eine Befragung von Statista ergab, dass nur ein kleiner Prozentsatz der befragten Personen den ÖPV (Bus oder Bahn) für die tägliche Mobilität nutzt. Der Verkehr ist stark auf den (privaten) Pkw ausgerichtet und alternative, öffentliche Fortbewegungsmittel sind vielfach nur in größeren städtischen Gebieten vorhanden. (Bocksch 2022)

Der Modal Split, errechnet auf Basis der Daten des Bureau of Transport (2021c), zeigt, dass der ÖPV nur etwa 1 % der gesamten Verkehrsleistung von Pkws und öffentlichen Verkehrsmittel zusammen ausmacht. Im Jahr 2019 unternahmen US-Bürger*innen rund 9,9 Mrd. Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln, allerdings haben noch rund 45 % der US-Amerikaner*innen keinen Zugang zum ÖPV (APTA 2022). Beim Modal Split des öffentlichen Verkehrs nehmen Schienenverkehrsträger (U-Bahn, Pendler- und Hybridbahn sowie Stadtbahn und Straßenbahn) einen Anteil von etwa 48 % und Bussysteme ebenfalls rund 48 % ein. Beobachten lässt sich auch, dass in den letzten zwei Jahrzehnten das Wachstum der Fahrzeugkilometer des ÖPV schneller war als bei den Pkw. (APTA 2021)

In Kanada sind öffentliche Verkehrsträger für die täglichen Fahrten und das Pendeln weitaus populärer. Rund 16 % der arbeitenden Bevölkerung nutzt etwa öffentliche Verkehrsmittel für tägliche Fahrten. Innerhalb von 20 Jahren, ausgehend von 1996, ist der Anteil der Beschäftigten, die öffentliche Verkehrsmittel in den Ballungsräumen nutzen, um 58,7 % gestiegen. (StatCan 2017)

In Nordamerika (Daten nur für die USA und Kanada) nahm insgesamt die Verkehrsleistung der Bahn seit 1995 um 48 % zu. Im Vergleich zu den anderen Regionen entfallen auf Nordamerika allerdings gerade einmal 0,9 % der weltweit zurückgelegten Personenkilometer (Stand 2017) (World Bank 2022c).

4.4.3.2.8 Australien und Ozeanien

In Australien ist der Verkehr stark auf das Auto als Fortbewegungsmittel fokussiert. Beim öffentlichen Verkehr nehmen Busse einen Anteil von knapp unter 5 % und der Schienenpersonenverkehr 3,7 % der gesamten Verkehrsleistung ein (Stand 2016). In den letzten

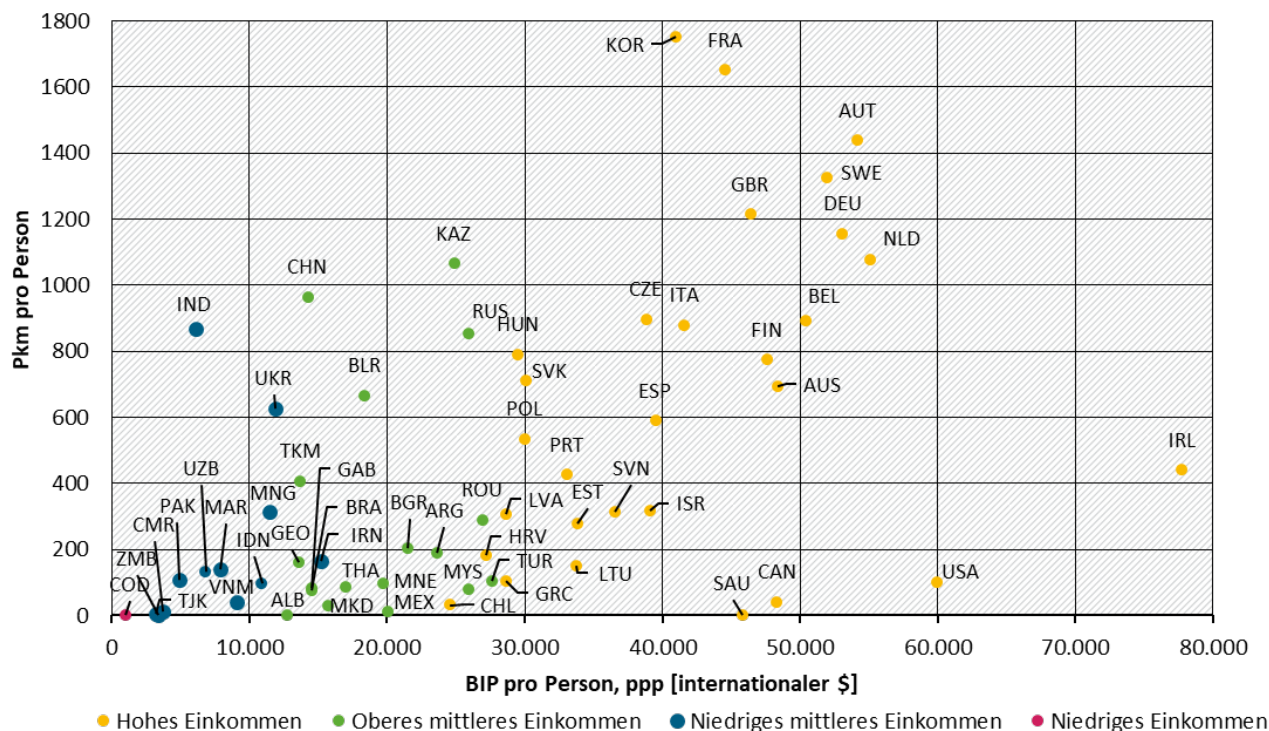
Jahren zeigte sich kein signifikanter Trend im Moduswechsel. Insgesamt hat die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel in den vier größten Städten Australiens die höchste Popularität, etwa 20 % der Arbeitswege entfallen hier auf den ÖPV. Auf gesamtnationaler Ebene liegt der Durchschnitt der ÖPV-Nutzung für Arbeitswege bei einem Anteil von rund 10 % (Stand 2016). (Infrastructure Australia 2019)

Für die heterogene Region Australien und Ozeanien geben die Daten der World Bank (2022c) nur Aufschluss über die Entwicklungen des Schienenverkehrs in Australien. Demnach kam es im Zeitraum von 1995 bis 2018 zu einem Anstieg der Verkehrsleistung um rund 64 %. Im Vergleich zu den anderen Regionen hat Australien gerade einmal einen Anteil an der weltweiten Verkehrsleistung der Bahn von 0,4 % (Stand 2017). (World Bank 2022c)

4.4.3.3 Trends nach Einkommensgruppen

Weltweit nimmt der Bahnverkehr zu, was an der steigenden Zahl der Personenkilometer (Abbildung 71) und der Zahl der Passagiere zu erkennen ist. Diese Entwicklung ist regional sehr unterschiedlich. Alleine auf die Länder China, Indien, Japan und Russland sowie auf die EU entfallen zusammen mehr als 90 % der Schienenverkehrsleistung weltweit (IEA 2019). Nach Einkommensgruppen lassen sich ebenso Tendenzen erkennen. Für das aktuellste Jahr 2019 aus den Daten der Weltbank liegt jedoch nur ein Datensatz vor. Auch in den Jahren zuvor sind nur für wenige Länder Daten verfügbar. Wird beispielhaft der Datensatz für das Jahr 2017 (Daten für 84 Länder) für einen Vergleich herangezogen (siehe Abbildung 74), so lag in Ländern mit niedrigen mittleren Einkommen die Verkehrsleistung der Bahn im Schnitt bei etwa 176 Pkm pro Person. In Ländern mit oberen mittleren Einkommen lag die Verkehrsleistung pro Person im Mittel bei rund 240 Pkm, während die einkommensstärksten Länder im Durchschnitt rund 806 Pkm aufweisen. (World Bank 2022c)

Abbildung 74: Schienenverkehrsleistung pro Person nach Einkommensgruppen für das Jahr 2017



Quellen: eigene Darstellung, ifeu/adelphi, auf der Basis von World Bank (2022b, a; c)

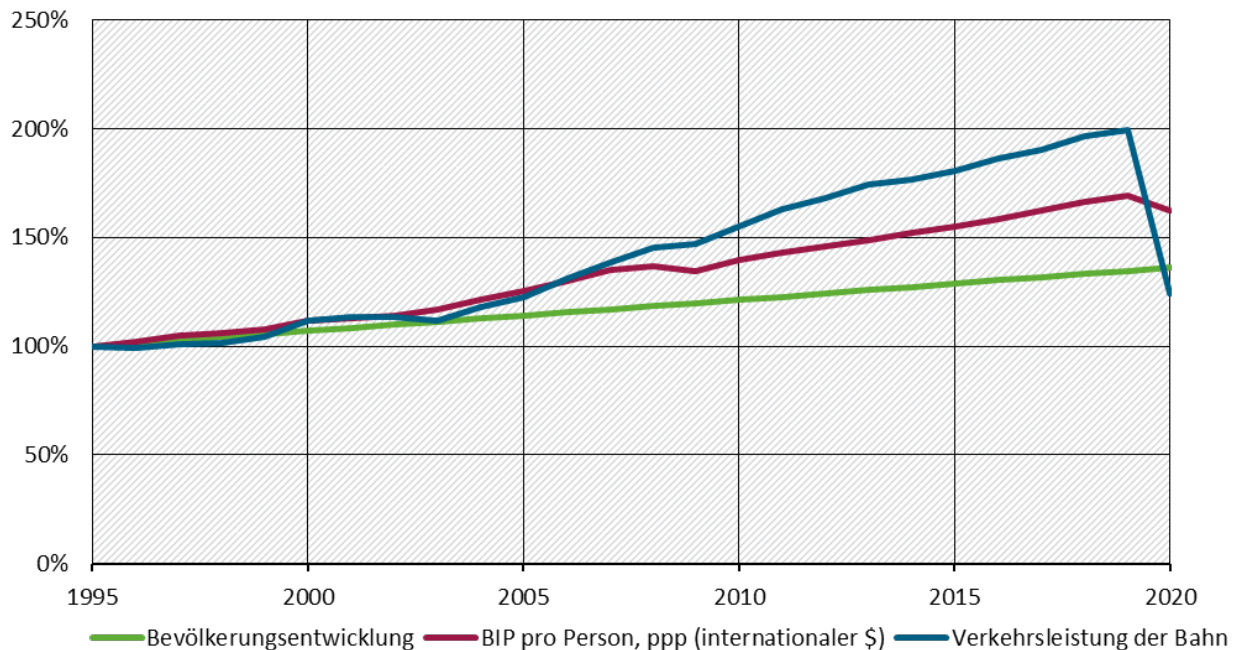
Abbildung 74 stellt die Beziehung zwischen der Verkehrsleistung pro Einwohner*in eines Landes und dem Pro-Kopf-Einkommen dar. Der Zusammenhang ist allerdings statistisch nicht signifikant ($p > 0.05$). Neben dem BIP, das unter anderem ein Indiz für den Ausbau der Infrastruktur sein kann, haben die Größe eines Landes (inkl. Begebenheiten wie Gelände) sowie nationale Pfadabhängigkeiten einen großen Einfluss auf den Ausbau bzw. die Modernisierung des Schienennetzes.

Die höchsten Verkehrsleistungen pro Kopf finden sich in den einkommensstarken Ländern Japan (3.450 Pkm pro Person), Schweiz (2.469 Pkm pro Person) (beide nicht in der Abbildung dargestellt) und in der Republik Korea (1.752 Pkm pro Person) (siehe Abbildung 74). Innerhalb der Einkommensgruppe mit hohem Einkommen steht Japan dabei sowohl hinsichtlich der gesamten Verkehrsleistung des Landes an erster Stelle wie auch hinsichtlich der Verkehrsleistung pro Person. Auf China entfallen in der Einkommensgruppe mit oberen mittleren Einkommen die meisten Personenkilometer des Schienenverkehrs (rund 1,3 Billionen Pkm) gefolgt von Russland und Kasachstan. Pro Kopf liegt die Verkehrsleistung in Kasachstan (1.067 Pkm pro Person) jedoch noch vor China (964 Pkm pro Person). Innerhalb der Einkommensgruppe mit niedrigen mittleren Einkommen weisen Indien (868 Pkm pro Person) und die Ukraine (626 Pkm pro Person) die höchste Schienenverkehrsleistung auf. Als Beispiel für Länder mit niedrigen Einkommen dient die Demokratische Republik Kongo, die gerade einmal 0,3 Pkm pro Person aufweist. Das Pro-Kopf-Einkommen der Republik ist im Vergleich zu anderen Ländern der Gruppe unterdurchschnittlich. Für weitere Länder dieser Gruppe liegen leider keine Daten vor.

4.4.3.4 Trends nach Einkommensdynamik

Betrachtet man die Dynamik der Schienenverkehrsleistung, die Einkommensdynamik sowie die Bevölkerungsentwicklung über den Zeitraum von 1995 bis heute, so wird eine Entkopplung des Wachstums der Verkehrsleistung der Bahn von der Bevölkerungsentwicklung ab den frühen 2000er Jahren ersichtlich (siehe Abbildung 75). Außerdem kann eine sehr ähnliche Wachstumsdynamik zwischen dem Pro-Kopf-Einkommen und der globalen Schienenverkehrsleistung festgestellt werden. Im Zeitraum 1995 – 2019 stieg das BIP um jährlich durchschnittlich 2,2 % an, während die Schienenverkehrsleistung jährlich um durchschnittlich 2,9 % wuchs. Die Bevölkerung wuchs im selben Zeitraum mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 1,2 %.

Abbildung 75: Entwicklung der weltweiten Schienenverkehrsleistung, der Bevölkerungszahl und des BIP pro Kopf 1995 – 2020 (Indexiert, 1995=100)



Quellen: eigene Darstellung, ifeu/adelphi, auf der Basis von World Bank (2022b, a; c) und UIC (2022a)

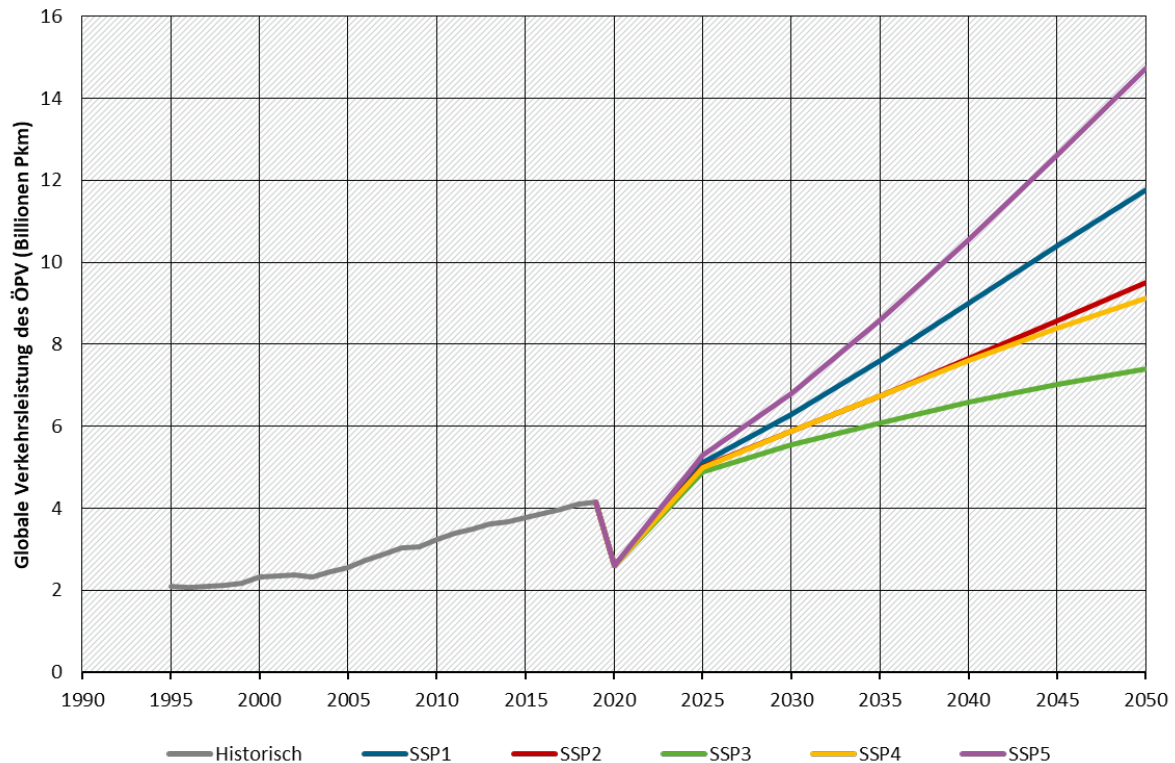
Seit 1995 stieg das Verkehrsaufkommen erst langsam mit einer jährlichen durchschnittlichen Wachstumsrate von 1,4 %. Seit 2003 ist das Schienenverkehrsaufkommen allerdings deutlich schneller gewachsen – die jährliche durchschnittliche Wachstumsrate lag im Zeitraum 2003 – 2019 bei 3,7 %. Insgesamt hat sich die Schienenverkehrsleistung von 1995 bis 2019 fast verdoppelt. Auch für die zukünftige Entwicklung wird ein weiter anhaltendes Wachstum prognostiziert.

4.4.3.5 Zukünftige Entwicklung des globalen ÖPV

Obgleich auf Basis der Weltbankdaten kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem BIP pro Person und der Verkehrsleistung festgestellt werden konnte, legt ein höheres Einkommen in der Regel eine wachsende Transportnachfrage nahe (ITF 2021). An dieser Stelle sei noch einmal darauf verwiesen, dass auch andere Einflussfaktoren, wie ein attraktives Angebot und damit eine Alternative zum individualmotorisierten Verkehr sowie beispielsweise die Zuverlässigkeit entscheidend für die Unterschiede der Personenschienenverkehrsleistung der Länder sind. Im Rahmen des Projektes konnten auf Grund der Begrenztheit keine umfassenden Analysen gemacht und somit nicht alle Einflussfaktoren betrachtet werden.

Auf Basis des Einkommenswachstums der SSP-Szenarien (Dellink et al. 2017; Riahi et al. 2017) und der Daten der UIC zur Schienenverkehrsleistung (4,15 Billionen Pkm) aus dem Jahr 2019 wurde die zukünftige Verkehrsleistung der Bahn im Jahr 2050 errechnet. Hierfür wurde die Verkehrsleistung aus dem Jahr 2019 für 2020 übernommen, der Einbruch durch die Einschränkungen während der Corona-Pandemie wurde zusätzlich abgebildet. Hier wird die Annahme unterstellt, dass sich die Verkehrsleistung rasch erholt und auf das Niveau von 2019 zurückkehrt, weshalb dieses Jahr als Basis für Berechnung diente.

Abbildung 76: Zukünftige Szenarien des Schienenverkehrs bis 2050 (Basisjahr 2019)



Quelle: eigene Berechnung auf Basis von UIC (2022a), World Bank (2022c) und den Einkommensprojektionen der OECD auf Basis des ENV-Wachstumsmodells (Dellink et al. 2017; Riahi et al. 2017).

Im SSP5 Szenario wird die höchste Verkehrsleistung weltweit erreicht, sie liegt 2050 bei 14,7 Billionen Pkm (siehe Abbildung 76). Das SSP2 Szenario, das das Mittel aller Szenarien angibt, liegt im Jahr 2050 bei rund 9,5 Billionen Pkm. Das Szenario mit der niedrigsten Verkehrsleistung der Bahn ist das SSP3 mit 7,4 Billionen Pkm im Jahr 2050.

Schätzungen des ITF gehen davon aus, dass der außerstädtische Schienenverkehr voraussichtlich schneller wachsen wird als alle anderen Verkehrsträgergruppen. Die Prognosen lassen bis 2030 ein jährliches durchschnittliches Wachstum von 5,5 % bis 2030 erwarten (knapp 0,5 Prozentpunkte mehr als der Luftverkehr). Bis 2050 wird, so das ITF, die Nachfrage nach dem Schienenverkehr weiterhin stark wachsen, mit einem jährlichen durchschnittlichen Wachstum von 3,7 %. 2050 könnte somit die gesamte städtische und außerstädtische Schienenverkehrsleistung auf über 18 Billionen Pkm ansteigen. (ITF 2019b)

Im städtischen Raum wird, so das ITF, die Nachfrage nach öffentlichem Nahverkehr insbesondere in Nicht-OECD-Ländern stark wachsen. Für das Jahr 2050 wird erwartet, dass urbane Räume weltweit rund 3 Billionen Pkm durch Bahn und U-Bahn generieren. Der ÖPNV wird bis 2050 etwa 35 % des gesamten städtischen Personenverkehrs weltweit ausmachen, das entspricht dem 2,4-fachen des Ausgangsjahres 2015. (ITF 2019b)

Die Internationale Energieagentur (IEA) prognostiziert ebenfalls den Personenverkehr auf der Schiene für 2050 in zwei unterschiedlichen Szenarien. Im Basisszenario der IEA wird eine Zunahme der Schienenverkehrsleistung von +116 % ausgehend vom heutigen Niveau prognostiziert. Damit würden die globalen Pkm 9,4 Billionen erreichen. Der Anteil des Schienenverkehrs am gesamten Personenverkehr bleibt, wie auch heute, bei etwa 10 % (IEA 2019). Ein Großteil des zukünftigen Wachstums des Schienenpersonenverkehrs im

Basisszenario ist auf die Expansion der Schiennutzung in Schwellenländern zurückzuführen. Das Basisszenario der IEA zeigt, dass insbesondere der Ausbau des Schienenverkehrs in Indien und China dabei hauptauschlaggebend sind. In Indien wird sich die Verkehrsleistung der Bahnen zwischen 2017 und 2050 verdreifachen (v.a. das konventionelle Schiennetz); im Jahr 2050 liegt die Verkehrsleistung bei nur knapp unter 4 Billionen Pkm. Für China zeigt das Szenario eine Verdopplung der Schienenverkehrsleistung, eine Entwicklung, die sich vor allem auf den geplanten Ausbau des städtischen und des Hochgeschwindigkeits-Schiennetzes stützt.

Im zweiten, ambitionierteren Szenario – dem “High Rail Szenario” – analysierte die IEA, inwieweit der Schienenverkehr andere (weniger effiziente) Verkehrsträger wie Pkws, Zwei-/Dreiräder, Flugzeuge und Lastwagen ersetzen kann. In diesem Szenario steigt die Verkehrsleistung im Jahr 2050 auf 15 Billionen Pkm an, rund 6 Billionen Pkm mehr als im Basisszenario (IEA 2019).

Während das Basisszenario der IEA (ca. 9,4 Billionen Pkm) über dem von uns errechneten SSP4 Szenario liegt, übertrifft das „High Rail Szenario“ das Niveau der im SSP5 Szenario errechneten Verkehrsleistung der Schiene für das Jahr 2050 um 0,26 Billionen Pkm. Die Schätzungen des ITF liegen indes noch höher – 2050 wird die gesamte städtische und außerstädtische Schienenverkehrsleistung auf über 18 Billionen Pkm ansteigen.

4.4.3.6 Umweltwirkungen

Auf den Schienenverkehr entfielen im Jahr 2016 rund 89 Mio. Tonnen der direkten CO₂-Emissionen oder 0,3 % der gesamten energiebezogenen Emissionen³⁶ (IEA 2019).

Nachfolgende Tabelle 42 zeigt die auf Basis der SSP-Szenarien errechneten Umweltwirkungen des Schienenverkehrs heute und im Jahr 2050.

Tabelle 42: Umweltwirkungen des globalen Schienenverkehrs (als Beispiel des ÖPV) heute und 2050

Planetare Grenze	Kontrollvariable	Umweltwirkung			Grenzwert/ Budget ³⁷	Künftiger Anteil an PG	
		Heute (2019)	Ohne tech. Änd. 2050 (SSP5)	Mit tech. Änd. nach Green-Supreme 2050 (SSP2)		2050 (SSP5)	Green Supreme (SSP2)
Klimawandel	CO ₂ [Gt/a]	0,29	1,03	0,005	1,2–1,5	79,9 %	0,38 %
Landnutzung	Waldverlust [km ²]	23,63	83,92	4,36	5.130.000	0,00 %	0,00 %
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [t/a]	31,56	112,08	35,44	6.200.000	0,00 %	0,00 %

³⁶ Werden alle THG-Emissionen, die bei der Verbrennung oder Verwendung im Fahrzeug anfallen, inklusiver jener, die für die Herstellung, Lagerung und den Transport des Kraftstoffs anfallen, hinzugezählt, liegen die CO₂-Emissionen insgesamt bei rund 230 Mio. Tonnen Kohlendioxidäquivalent (entspricht etwa 2 % der THG-Emissionen aus dem Personenverkehr).

³⁷ Budget aus heutiger Sicht. Die Grenzwerte werden für 2050 übernommen. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass die Grenzwerte sich verändern können, bspw. durch eine hohe Akkumulation der Grenzwertüberschreitungen in den vorangegangenen Jahren.

Planetare Grenze	Kontrollvariable	Umweltwirkung			Grenzwert/ Budget ³⁷	Künftiger Anteil an PG	
	Stickstoff [Mio. t/a]	0,48	1,70	0,75	62	2,7 %	1,20 %
Süßwasser	Süßwasser [Mrd. m ³ /a]	1,70	6,03	1,20	4.000	0,15 %	0,03 %

Quelle: eigene Berechnungen von ifeu und ecoinvent sowie Darstellung auf der Basis von Steffen et al. (2015) und Dittrich et al. (2020a, 2021a).

Der globale Schienenverkehr setzt heute innerhalb eines Jahres rund 0,29 Gt CO₂ frei. Werden keine technischen Änderungen unterlegt, so steigen die Umweltwirkungen (SSP5) im Jahr 2050 um 255 % gegenüber heute an. Bei Unterlegung der technischen Änderungen des GreenSupreme-Szenarios sinken im Jahr 2050 (SSP2) im Vergleich zu heute die CO₂-Emissionen um 98 % und der Waldverlust um 82 %. Die Phosphor- und Stickstoffflüsse steigen allerdings um je 12 % und 55 %. Die Inanspruchnahme des Süßwasserbudgets sinkt im Vergleich zu heute um 30 %.

Heute werden durch den Schienenverkehr innerhalb eines Jahres rund 25 % des jährlichen CO₂-Budgets nach GreenSupreme verbraucht. Im Jahr 2050 könnte sich auf Grund der sinkenden Umweltwirkungen der Anteil der Inanspruchnahme des jährlichen CO₂-Budgets auf 0,4 % reduzieren (SSP2, einschl. technischer Änderungen) bzw. auf rund 80 % des Budgets erhöhen (SSP5, ohne technische Änderungen).

Bei Betrachtung der global noch zur Verfügung stehenden Waldfläche, nimmt der Schienenverkehr heute 0,002 % des verbleibenden Waldbudgets pro Jahr in Anspruch. Im Jahr 2050 könnte die Inanspruchnahme einen Anteil von 0,26 % (SSP5, ohne technische Änderungen) bzw. rund 0,001 % (SSP2, einschl. technischer Änderungen) des Gesamtbudgets betragen.

Bei den Grenzwerten der biogeochemischen Flüsse nimmt der Schienenverkehr derzeit weniger als 0,001 % des jährlichen Phosphorbudgets und 0,8 % des jährlichen Stickstoffbudgets in Anspruch. Werden keine technischen Änderungen (und SSP5) unterstellt, steigen die Anteile am Phosphorbudget im Jahr 2050 auf 0,001 % und am Stickstoffbudget auf 6,1 %. Werden technische Änderungen (und SSP2) berücksichtigt, so steigen die Anteile im Jahr 2050 ebenfalls an und liegen bei 0,002 % des Phosphorbudgets bzw. 2,75 % des Stickstoffbudgets.

Hinsichtlich des Süßwasserbudgets fallen durch den Schienenverkehr im Jahr 2050 zwischen 0,15 % (SSP5; keine technischen Änderungen) und 0,03 % (SSP2, technische Änderungen im Green Supreme Szenario) des jährlichen Süßwasserbudgets an, im Vergleich zur heutigen jährlichen Inanspruchnahme von 0,04 %.

4.4.3.7 Zwischenfazit

Der ÖPV spielt weltweit eine wichtige Rolle in der täglichen Mobilität, die Modi, die dafür genutzt werden, sind indessen von Region zu Region sehr unterschiedlich. Als Beispiel diene in diesem Kapitel die Bahn. Global betrachtet stieg die Verkehrsleistung des weltweiten Schienenverkehrs an, auch wenn regional unterschiedliche Trends beobachtet werden können.

Auf Basis des zukünftigen Einkommenswachstums und der SSP-Szenarien wurde die Verkehrsleistung der Bahn im Jahr 2050 berechnet; sie liegt zwischen 5,7 Billionen Pkm und 12,9 Billionen Pkm. Zum Vergleich: Die IEA schätzt die weltweite Verkehrsleistung des Schienenverkehrs auf 9,4 bis 15 Billionen Pkm im Jahr 2050. Je nachdem welche

technologischen Fortschritte die zukünftigen Entwicklungen begleiten werden, wieviel in den Ausbau der ÖPV-Infrastruktur (bspw. Hochgeschwindigkeitsnetz) investiert wird und wie stark sich die Nachfrage nach ÖPV als Alternative zum Pkw in den kommenden Jahren und Jahrzehnten entwickeln wird, könnte die Verkehrsleistung durchaus ein hohes Niveau erreichen.

Die zukünftigen potenziellen Umweltwirkungen der Bahn werden in Bezug zu den Treibhausgasen, zum verbleibenden Waldbudget und zum Süßwasserbudget einen geringeren Anteil in Anspruch nehmen, als dies heute der Fall ist, sofern ambitionierte technologische Änderungen umgesetzt werden. Hinsichtlich der jährlichen Budgets für die biogeochemischen Flüsse Phosphor und Stickstoff könnte die Inanspruchnahme im Jahr 2050 jedoch höher sein als heute.

4.4.4 Repräsentatives Gut 4: Flug

„The problem of flight with a machine which weighs more than air can not [sic!] be solved and it is only a dream“ (Académie des Sciences in Paris on February 16, 1903, zitiert nach Petrescu und Petrescu (2012)).

1914 startete der weltweit erste planmäßige Passagierflug von St. Petersburg (Florida, USA) aus und landete in Tampa (Florida, USA), rund 27 Kilometer entfernt. Die Flugzeugflotte, bestehend aus zwei „Luftbooten“ der „St. Petersburg–Tampa Airboat Line“, beförderte über drei Monate hinweg Touristen über die Tampa Bay. Das Luftboot, ein Design von Thomas W. Benoist, wog 567 kg und konnte auf dem Wasser landen. (IATA 2012; Swopes 2018)

Die ersten Flugversuche gehen allerdings bereits auf die Antike zurück. Im 18. Jahrhundert wurden die ersten bemannten Wasserstoffballonflüge durchgeführt. Schließlich gelang es dem Franzosen Victor Tati 1874 das erste unbemannte Flugzeug zu bauen, das sich aus eigener Kraft hochheben konnte (Petrescu und Petrescu 2012).

Seither hat sich in der Luftfahrtindustrie einiges verändert. Die steigende Nachfrage hat dazu geführt, dass der Luftverkehr immer weiter zunahm. Die Entwicklung zeigt, dass sich die Luftverkehrsleistung (Personenkilometer) alle 15 Jahre verdoppelt hat und ein größeres Wachstum als viele andere Branchen verzeichnete (IHLG 2017). Fliegen ist nicht nur attraktiver, sondern auch erschwinglicher geworden. Mehr Flughäfen und Verbindungen sowie angepasste Angebote der Hotel- und Freizeitinfrastrukturen und günstige Tickets, verstärkt durch sogenannte Billigfluglinien, haben das Reisen mit dem Flugzeug zu einem fast alltäglich erscheinenden Konsumgut werden lassen (Bopst et al. 2019b). Doch durch den Anstieg des Flugverkehrs sind auch die Belastungen enorm gestiegen. Umwelt- und Gesundheitsprobleme, die vor allem durch Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen sowie durch Lärm verursacht werden, nehmen zu und werden auch in Zukunft ansteigen (Bopst et al. 2019a). Vor allem in den letzten beiden Dekaden sind die Emissionen aus der Luftfahrt rapide gestiegen. Im Transportsektor war die Luftfahrt für etwa 8–9 % der Treibhausgase in den letzten Jahren verantwortlich (IEA 2022b). Global war der Luftverkehr 2018 für 1.034 Mio. t CO₂ pro Jahr verantwortlich. Der Anteil des globalen Luftverkehrs 2018 betrug rund 3,5 % der anthropogenen Klimaerwärmung (Lee et al. 2021) und rund 2,5 % der globalen CO₂-Emissionen (Ritchie 2020). Allerdings spielt nicht nur das CO₂ eine große Rolle. Die gesamte Klimawirkung des Flugverkehrs geht zu einem Großteil – rund zwei Drittel des Strahlungsantriebes – auf die Nicht-CO₂-Effekte durch den Ausstoß von Wasserdampf, Stickoxiden (NO_x), Ruß- und Sulfat-Aerosolen und auf Trübungen durch Kondensstreifenbildung zurück (Lee et al. 2021).

Eine nachhaltigere Luftfahrt mit einer deutlichen Reduktion der Klimawirkungen ist nur durch den Umstieg auf klimafreundlichere Energiequellen möglich. Alternative Antriebslösungen, etwa Brennstoffzellen in Verbindung mit grünem Wasserstoff (hergestellt aus regenerativen Quellen wie zum Beispiel durch Elektrolyse oder Biomasse), haben aus Sicht des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) das Potenzial, auf lange Frist einen emissionsarmen bzw. weitgehend emissionsfreien Flugverkehr zu ermöglichen. Allerdings sind vielfältige Investitionen, große technische Entwicklungen und nachhaltigere Herstellungsprozesse vonnöten. Eine Elektrifizierung der Antriebe ist derzeit in der Breite nicht absehbar, da die Anforderungen an Leistungsgewicht und die Energiedichte der Batterien um ein Vielfaches höher sind als beispielsweise beim Pkw. (DLR 2020)

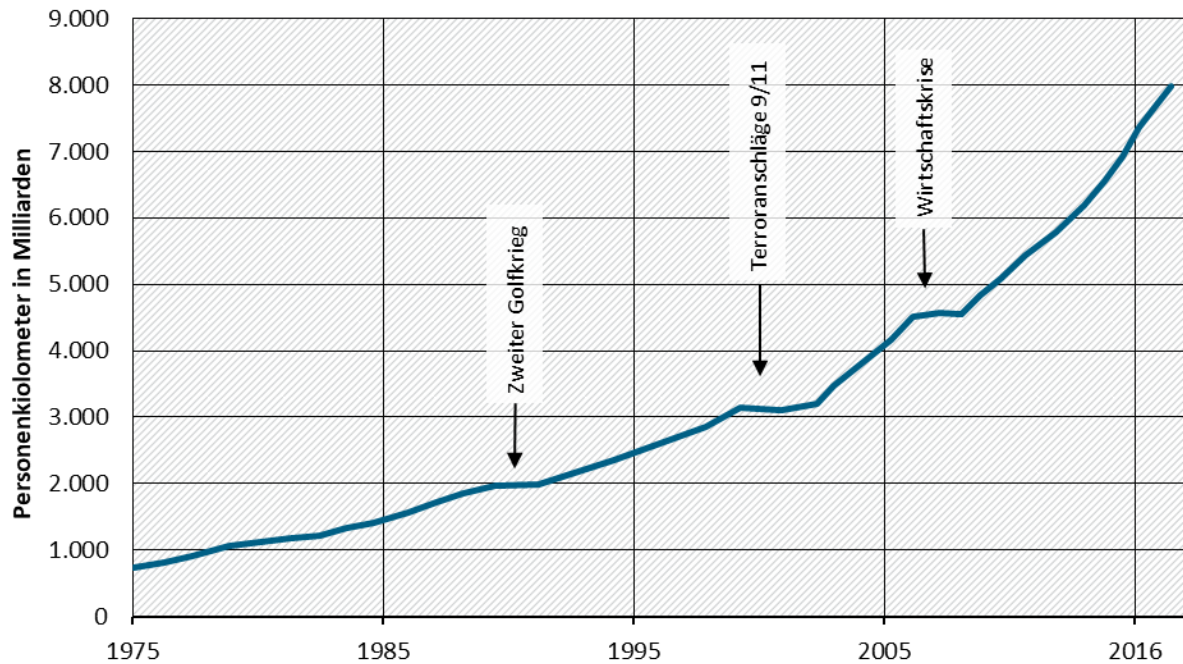
4.4.4.1 Entwicklungen der Nachfrage nach und Nutzung des Passagierflugzeuges

In den 1990er Jahren lag die Zahl der beförderten Fluggäste pro Jahr bei rund 1 Mrd., außerdem wurden rund 20 Mio. Tonnen Güter pro Jahr per Flugzeug transportiert. Die internationale Luftfahrtindustrie zählte damals etwa 300 Fluggesellschaften, 14.000 Flughäfen und 15.000 Flugzeuge (OECD 1993). Bis zum Beginn der Covid-19-Pandemie hat die Verkehrsleistung seitdem global kontinuierlich zugenommen, mit Ausnahme leichter Rückgänge, etwa zwischen 2009 und 2010 infolge der Finanzkrise (Abbildung 77). Auch die Zahl der Fluggäste verzeichnet ein ähnlich dynamisches Wachstum. Ausgehend von rund einer Mrd. Passagiere im Jahr 1990 stieg die Anzahl der beförderten Passagiere bis zum Jahr 2019 auf rund 4,5 Mrd. Passagiere an (Abbildung 78). Die Zahl der Fluggesellschaften liegt heute bei über 5.000, die Zahl der Flughäfen ist global auf 41.820 gewachsen und der Flugzeugbestand liegt weltweit bei über 31.000 Flugzeugen. (CIA 2022; ICAO 2019a; Jay 2021)

In den letzten Jahren wurden durch die Corona-Pandemie Reisebeschränkungen notwendig, die einen enormen Rückgang des Flugverkehrs nach sich zogen. Die Anzahl der Flüge fiel um 53 % und nur rund 1,8 Mrd. Passagiere wurden 2020 weltweit befördert, ein Rückgang um 60 % im Vergleich zum Vorjahr (IATA 2021a). Allerdings lässt sich, bis auf den Einbruch in der Corona-Periode, eine stetige Zunahme der Passagiere und des Luftverkehrs ausmachen. Das starke Wachstum des Luftverkehrs hat viele Gründe, wobei die sinkenden Kosten für Flugreisen eine erhebliche Rolle spielen. Fluggesellschaften profitierten von fallenden Kerosinpreisen und sinkenden Produktionsfaktoren. Darüber hinaus sanken Lohnkosten, Beschaffungs- und Instandhaltungskosten der Flugzeuge. (Bopst et al. 2019a)

Neben den Kostensenkungen und der damit steigenden Nachfrage kam es in den 90er Jahren in Europa, Asien und den USA zu Problemen auf Grund einer wachsenden Überlastung: Die vorhandenen Kapazitäten vieler Flughäfen waren ausgeschöpft und die Einrichtungen unzulänglich. Da dies als Einschränkung für ein weiteres Verkehrswachstum gesehen wurde und von einer wachsenden Nachfrage auszugehen war, wurde ein Ausbau der Luftverkehrsinfrastruktur und eine Steigerung der Konnektivitäten in die Wege geleitet (Bopst et al. 2019a; OECD 1993). Die Angebotsseite lockte indes mit vielen sogenannten „Low-Cost Carrier“, die 2019 rund 1,4 Mrd. Passagiere beförderten – rund 31 % aller beförderten Linienpassagiere (ICAO 2019b).

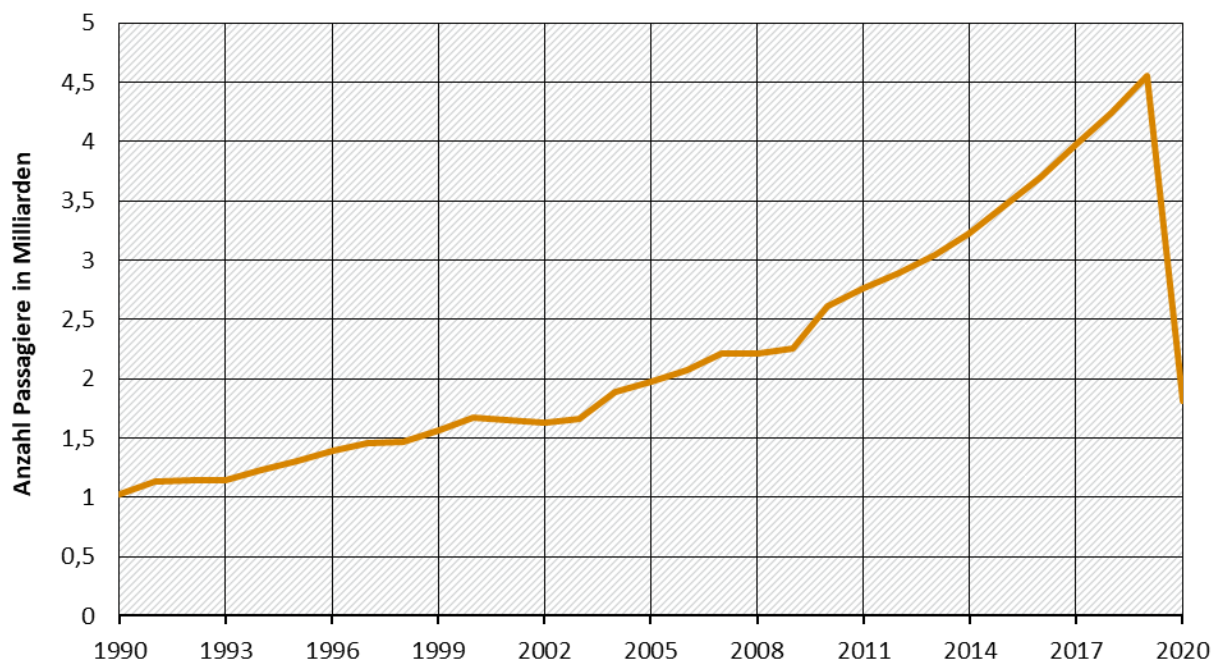
Abbildung 77: Weltweites Luftverkehrswachstum



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis des Aviation Benefits Berichts der IHLG (Industry High-level Group der globalen Luftfahrt) (2019).

Im Jahr 2021 wurde ein Rückgang der Verkehrsleistung von rund 94,4 % (April 2021 im Vergleich zu April 2019) verzeichnet (aviationbenefits 2021). Im Dezember 2021 lag die Verkehrsleistung noch immer 45,1 % unter jener im Jahr 2019 (IATA 2021b).

Abbildung 78: Anzahl der beförderten Passagiere im Luftverkehr, 1990 – 2020



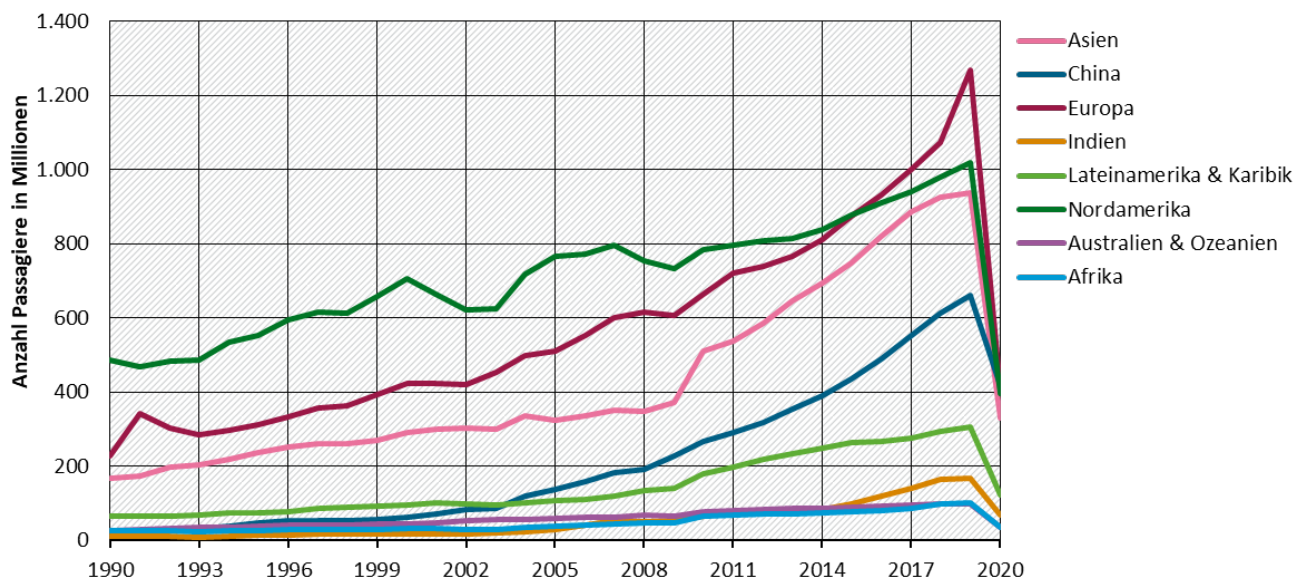
Quelle: eigene Darstellung auf der Basis von World Bank (2022d)

Im Durchschnitt wurden im Jahr 2019 täglich 12,5 Mio. Passagiere befördert und insgesamt 128.000 Flüge durchgeführt (aviationbenefits 2020a). Auf Grund der Einschränkungen während der Corona-Pandemie sank die Anzahl der beförderten Passagiere auf das Niveau zu Beginn der 2000er (siehe Abbildung 78). Die Folgen der Reisebeschränkungen weltweit führten ab April 2020 zum Verschwinden der Mehrheit der planmäßigen Interkontinentalflüge. Da auch rund die Hälfte der Luftfracht in den Laderäumen von Passagierflugzeugen befördert wird, verursachte die nahezu vollständige Einstellung der Passagierflüge ein ernsthaftes Problem für die globalen Lieferketten. (IATA 2020).

4.4.4.2 Regionale Trends nach Kontinenten

Abbildung 79 zeigt, wie sich die Anzahl der Passagiere, die per Linienflug befördert wurden, seit 1990 entwickelt hat. 2016 überholte die Region Europa mit über 930 Mio. Passagieren Nordamerika, das seit den frühen 90er Jahren die höchste Zahl an Passagieren beförderte. 2019 wurden weltweit insgesamt 4,6 Mrd. Passagiere befördert, 27,8 % davon von Ländern in Europa aus, 22,4 % von Ländern in Nordamerika aus und 20,6 % von Ländern in Asien aus (exkl. China und Indien). Während in den 90er Jahren von China aus weniger Passagiere befördert wurden als von Ländern Ozeaniens aus, stieg die Zahl der Passagiere jährlich um durchschnittlich 13,5 %. Damit hat China die höchste jährliche durchschnittliche Wachstumsrate. Im Vergleich zu den anderen Regionen liegt das Passagiervolumen Indiens mit 167 Mio. Fluggästen und einem Anteil am weltweiten Passagieraufkommen von rund 3,7 % (2019) relativ niedrig, allerdings verzeichnete Indien das zweitgrößte jährliche Wachstum von 9,9 %. Die Trendverläufe und Hintergründe für das Wachstum der Regionen wird in den nachfolgenden Kapiteln im Einzelnen näher beschrieben.

Abbildung 79: Anzahl beförderter Passagiere im Luftverkehr, 1990 – 2020 nach Regionen



Quelle: eigene Darstellung, ifeu/adelphi, auf der Basis von World Bank (2022d)

4.4.4.2.1 Afrika

Viele Luftverkehrsmärkte Afrikas waren lange Zeit weitgehend geschlossen und das Wachstum der Luftverkehrsindustrie war vorrangig durch bilaterale Abkommen geregelt. Ende der 90er Jahre wurde mit der „Yamoussoukro Decision“ die Liberalisierung der innerafrikanischen

Luftfahrt beschlossen. 44 Länder unterzeichneten das multilaterale Abkommen, das eine schrittweise Öffnung des Luftverkehrs in Afrika ermöglichte. Nach und nach deregulierten afrikanische Länder den heimischen Markt, privatisierten Fluggesellschaften und Abfertigungsunternehmen. Internationale, bilaterale Verträge wurden angepasst oder neu aufgenommen und sogenannte „Open Skies“-Abkommen unterzeichnet. Letztere schaffen sehr liberale Märkte zwischen zwei Unterzeichnerstaaten, erlauben eine unbegrenzte Anzahl von Fluggesellschaften beider Nationen, das Recht zwischen jedem Städtepaar zu fliegen, ohne Kapazitäts-, Frequenz- oder Preisbeschränkungen. Beispielsweise unterzeichneten Südafrika und Kenia Anfang der 2000er ein liberales, bilaterales Luftverkehrsabkommen, wodurch das Passagieraufkommen deutlich anstieg. Auch zwischen Südafrika und Sambia wurden Richtlinienbeschränkungen auf den innerafrikanischen Strecken aufgehoben und die südafrikanische Billigfluglinie „Kululu“ nahm ihren Betrieb auf. Nur wenige Monate später sanken die Tarife und das Passagieraufkommen auf der Hauptstrecke zwischen Johannesburg und Lusaka nahm um fast 40 % zu. 2013 erreichte die „Ethiopian Airlines“ den Status als größte Fluglinie (hinsichtlich Umsatz und Gewinn) in Afrika, was auf die weitreichenden liberalen Vereinbarungen Äthiopiens mit Ländern innerhalb und außerhalb Afrikas zurückzuführen ist. (InterVISTAS 2014)

Heute hat Afrika rund 730 Flughäfen und über 400 Fluggesellschaften. Die Flugverkehrsindustrie ermöglicht knapp 7 Mio. Jobs und könnte in den kommenden Jahren zu einer der am schnellsten wachsenden Luftfahrtregionen der Welt werden (El-Houry 2019). Bis 2019 stieg die Zahl der Fluggäste im Durchschnitt um etwa 5 % jährlich an. 2019 wurden 101 Mio. Passagiere befördert, 2020 war die Zahl der Fluggäste allerdings auf etwa 36 Mio. gesunken, eine Reduktion von 64 % im Vergleich zum Vorjahr (siehe Abbildung 79). Die Zahl der Flüge pro Jahr (2018) beläuft sich auf rund 1,3 Mio. (aviationbenefits 2020b). Der Kontinent hielt 2019 mit 2,1 % des weltweiten Flugverkehrs den niedrigsten Anteil an der globalen Flugverkehrsleistung (ICAO 2019b).

4.4.4.2.2 Asien

Die Diversität des asiatischen Kontinents lässt nur in Ansätzen einen übergreifenden Trend ausmachen. In Anlehnung an die Deregulierung des europäischen Luftverkehrssektors starteten einige asiatische Länder ähnliche Versuche eines Luftfahrtmultilateralismus (Zuan et al. 2021). Historisch betrachtet wurde der Luftverkehr in Südostasien vor allem durch bilaterale Abkommen geregelt. Ende der 90er Jahre fassten die Mitglieder der Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) den Entschluss, die Liberalisierung des Luftverkehrs voranzutreiben. 2004 wurde schließlich der Aktionsplan zur Integration und Liberalisierung des ASEAN-Luftverkehrs 2005 – 2015 verabschiedet, dessen Ziel die Schaffung eines Luftverkehrsbinnenmarktes bis 2015 war (Laplace und Latgé-Roucolle 2016). Allerdings ist die Umsetzung eines ASEAN-Luftverkehrsbinnenmarktes im Rückstand, unvollständig und inkonsistent. Mitgliedsländer wie Brunei, Singapur und Thailand trafen Vereinbarungen untereinander, um Marktbeschränkungen schneller zu lockern, während Indonesien und Laos ihre multilateralen Abkommen erst 2016, ein Jahr nach Ablauf der offiziellen Frist, unterschrieben. (Zuan et al. 2021)

Zwischen 2010 und 2017 hatte sich die Zahl der beförderten Passagiere in den ASEAN Staaten schließlich verdoppelt (ASEAN Sekretariat 2019). Vietnam verzeichnete die bemerkenswerteste Wachstumsrate in diesem Zeitraum von jährlich rund 17 % und ist einer der am schnellsten wachsenden Luftverkehrsmärkte der Welt (Vu 2021).

Die NEA-Staaten (Northeast Asia) China, Japan und Korea strebten ebenso früh einen freien Handel mit Flugdiensten untereinander an. Allerdings wurde dies nur langsam umgesetzt und der Luftraum war über mehrere Jahrzehnte weitgehend reguliert. Während in den 1990er Jahren China und Korea noch annähernd ähnliche Passagiervolumen aufwiesen, beförderte Japan damals mehr als zweimal so viele Passagiere wie die beiden anderen Länder zusammen (siehe Abbildung 79). In den 2000er Jahren führten nach und nach Vereinbarungen, etwa die „Open-Skies“-Abkommen 2007 zwischen Japan und Korea und 2012 zwischen China und Japan, zu einem starken Wachstum des Luftverkehrs in der Region. Zwischen 2010 bis 2017 nahm das Passagiervolumen um knapp 84 % zu. Alleine in Südkorea verdoppelte sich die Zahl der Passagiere im selben Zeitraum. (Zhang und Zhang 2021)

Internationale Flugdienste in zentralasiatischen Ländern sind in den letzten zehn Jahren erheblich gewachsen, wobei restriktive Vorschriften in vielen Märkten bestehen bleiben. Starke wirtschaftliche, kulturelle und politische Verbindungen zu Russland und anderen ehemaligen Sowjetstaaten haben zu einem anhaltenden Wachstum des Luftverkehrsmarktes beigetragen, und gleichzeitig eine Liberalisierung des Flugverkehrsmarktes gebremst. Nur wenige Luftanbindungen und hohe Preise für die Strecken zwischen Zentralasien und China stellen Herausforderungen für ein weiteres Wachstum dar. (Wang et al. 2020)

Zentralasien könnte jedoch aus mehreren Gründen in Zukunft zu einem Luftverkehrsdrehkreuz werden: Eine vorteilhafte geografische Lage, der Mangel an schnellen Eisenbahn- oder Wasserstraßen und eine regionale Konkurrenz um den gleichen Luftraum könnten das zukünftige Wachstum der Region beschleunigen (Cummins 2020).

Zwischen 1990 und 2019 stieg die Zahl der Passagiere um 456 %. Die Zahlen weisen auf sehr ähnliche Trends wie in Europa hin (siehe Kapitel 4.4.4.2.5). Die Gesamtzahl der Fluggäste lag mit 938 Mio. jedoch noch deutlich unter jener Europas, die 2019 bei 1,27 Mrd. lag. Während der Corona-Pandemie sank, wie auch in anderen Regionen der Welt, das Passagieraufkommen in Asien um fast 65 %. Die drei Länder mit dem größten Passagiervolumen in Asien sind in absteigender Reihenfolge Japan, Indonesien und Vietnam. (World Bank 2022d)

Im Vergleich zu den anderen Kontinenten betrug der Anteil der planmäßig zurückgelegten Personenkilometer Asiens (exkl. Indien und China) 2019 rund 25 % der weltweiten Flugverkehrsleistung und lag mit 2,1 Billionen Pkm an zweiter Stelle, nach Europa (ICAO 2020).

4.4.4.2.3 China

Die Luftfahrt stellt heute ein wichtiges Standbein der chinesischen Ökonomie dar. Es wird davon ausgegangen, dass China die Vereinigten Staaten als weltgrößten Luftverkehrsmarkt bald verdrängen könnte. 2019 lag die Verkehrsleistung der Vereinigten Staaten bei 1,7 Billionen Pkm, während China allerdings nur etwa 70 % der Verkehrsleistung der Vereinigten Staaten verzeichnete (ICAO 2020).

Ende der 80er Jahre startete der Prozess der Deregulierung der chinesischen Luftfahrtindustrie durch die Civil Aviation Administration of China. Der Marktanteil Chinas am globalen Luftverkehr war jedoch zunächst nur gering. Beschränkungen der Anzahl der Fluggesellschaften, Strecken, Kapazitäten und Frequenzen bremsten die Verkehrsrechte zwischen China und dem Rest der Welt. Erst in den 2000er Jahren erfolgte Chinas aktive Teilnahme am globalen Markt. Die Zahl der internationalen Flugrouten in China stieg von 1990 bis 2000 um das 3-fache, und auch die Zahl der Städte mit internationalen Flughäfen nahm zu. Die Netzwerke des internationalen Flugverkehrs Chinas wurde nicht nur auf neue Gebiete ausgeweitet, sondern auch auf dem bestehenden internationalen Markt konsolidiert. 2001 stärkte die Mitgliedschaft Chinas in der Welthandelsorganisation (WTO) die Nachfrage nach internationalen Reisen und

die verbliebenen Barrieren für internationalen Handel und internationale Reisen zwischen China und anderen Ländern wurden weitgehend aufgelöst. (Wang et al. 2019)

Seit 2007 ist China der zweitgrößte Luftverkehrsmarkt der Welt in Bezug auf das Passagier- und Luftfrachtvolumen. Die Anzahl der Fluggäste erreichte vor der Corona-Pandemie 2019 einen Höchststand von fast 660 Mio. und sank 2020 auf 417 Mio. (siehe Abbildung 79). Seit den 1990er Jahren stieg die Anzahl der Fluggäste von damals noch rund 17 Mio. auf das beinahe 40-fache an, bevor die Fluggastzahl im Jahr 2020 um rund 37 % sank. Seit 1990 stieg das Passagieraufkommen um jährlich 13,5 %. Damit hat China, wie bereits erwähnt, die höchste durchschnittliche Wachstumsrate der in diesem Bericht analysierten Regionen (World Bank 2022d). Prognosen der IATA zufolge könnte China ab Mitte der 2020er Jahre die USA als größten Fluggastmarkt überholen (Zhang und Zhang 2021).

Die Zahl der Flüge lag im Jahr vor der Corona-Pandemie bei knapp unter 5 Mio. (CAAC 2019). Allerdings hat sich die Länge der durchschnittlich zurückgelegten internationalen Strecken verringert. Während diese in den 1990er Jahren noch bei rund 7.000 km lag, hatte sie sich bis 2013 auf rund 5.000 km reduziert (Wang et al. 2019). 2019 lag die durchschnittliche Reisedistanz von nationalen und internationalen Flügen bei 1.774 km. Die gesamte Verkehrsleistung lag 2019 bei rund 1,17 Billionen Pkm (exkl. Hong Kong und Macao SAR). Das entspricht einem Anstieg um mehr als das 50-fache seit 1990. Im Vergleich zu den anderen Kontinenten lag der Anteil der 2019 planmäßig zurückgelegten Personenkilometern Chinas bei rund 14 % des weltweiten Flugverkehrs. (CAAC 2019; ICAO 2020; NBSC 2020)

4.4.4.2.4 Indien

Anfang der 90er Jahre begann Indien mit der Deregulierung seines Inlandsflugmarktes und ermöglichte neuen Marktteilnehmern den Eintritt in den Markt, der zuvor ausschließlich von Indiens staatlicher Fluggesellschaft bedient wurde. Zudem lockerte Indien Regulierungen des internationalen Luftfahrtendienstes und ermöglichte es privaten Fluggesellschaften internationale Dienste anzubieten. Bis in die 2000er hinein waren die meisten Luftverkehrsabkommen Indiens mit anderen Staaten allerdings sehr restriktiv. Viele Abkommen hatten Kapazitätsbeschränkungen, festgelegte Flughäfen und Fluggesellschaften sowie eingeschränkte Preisgestaltungen. (InterVISTAS 2009a)

Zwischen 1990 bis 2019 stieg die Zahl um das 15-fache (siehe Abbildung 79). 2019 wurden insgesamt 167 Mio. Passagiere nach, aus bzw. innerhalb Indiens befördert, während die Zahl durch die Corona-Pandemie auf 60 Mio. sank (World Bank 2022d). Im selben Jahr starteten rund 1,3 Mio. Flüge von Indiens Flughäfen aus. Inzwischen hat Indien etwa 12 eigene Fluggesellschaften und knapp 100 Flughäfen (aviationbenefits 2020b). Der Großteil des Flugverkehrs findet im Inland statt (62 %), über die Jahre hat dieser Anteil am gesamten Flugverkehr immer weiter zugenommen (IATA 2018a). Im Vergleich zu den anderen Regionen lag der Anteil der Verkehrsleistung 2019 bei rund 2,6 % des weltweiten Flugverkehrs, insgesamt 220 Mrd. Pkm (ICAO 2020).

4.4.4.2.5 Europa

Wie bereits erläutert, entwickelte sich der Luftverkehr historisch betrachtet in vielen Regionen der Welt unter der Schirmherrschaft und Kontrolle nationaler Behörden. In Europa bedeutete dies weitgehend monopolistische nationale Fluggesellschaften und Flughäfen in öffentlichem Besitz bzw. unter öffentlicher Verwaltung. Der internationale Luftverkehr basierte ausschließlich auf zwischenstaatlichen, bilateralen Abkommen. Die starke Regulierung der nationalen Luftverkehrsmärkte wurde nach und nach durch Liberalisierungsmaßnahmen der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft ab Ende der 80er Jahre aufgehoben. Dadurch konnten

die nationalen Luftverkehrsmärkte in einen wettbewerbsorientierten europäischen Binnenmarkt verwandelt werden. (Debyser und Kurzhym 2022)

In den 90er Jahren wurde der Luftverkehr in Europa durch eine Kombination aus externen und internen Kräften vorangetrieben. Beispiele für externe Treiber waren die steigenden Geschäftstätigkeiten und die Höhe des verfügbaren Einkommens pro Person, das für Urlaubs- oder Kulturreisen verwendet wurde. Unternehmen expandierten in internationale Märkte und entsandten ihr Personal, was eine höhere Nachfrage nach Flugreisen bedeutete. Verbesserte Technologien, die sicherere und effizientere Flugzeuge gewährleisteten, überlastungsfreie Lufträume und Flughäfen sowie kundenfreundliche Vertriebssysteme – all diese Vorteile können als interne Wachstumstreiber gesehen werden. Obwohl Überlastungen großen Herausforderungen sind, waren es mitunter diese, die zum Ausbau der Infrastrukturen und zu einer Verbesserung der Prozessabläufe führten, um damit schnelles und bequemes Reisen mit dem Flugzeug attraktiver zu machen. (OECD 1993)

Die Liberalisierung des Luftverkehrsmarktes führte dazu, dass Fluggesellschaften ihre Frequenzen erhöhten, neue Strecken eröffneten und neue Betreiber auf den Markt traten. Die Konkurrenz am Markt führte auch zu niedrigeren Flugpreisen, die wiederum die Nachfrage stimulierten und ein weiteres Wachstum anregten. Zwischen 1990 und 2013 stieg die Anzahl der Flüge innerhalb der EU um 80 % und die Zahl der Strecken um 138 %. Insbesondere ab den 2000ern hatten Verbraucher und Verbraucherinnen eine größere Auswahl an Fluggesellschaften, da sich viele „Low-Cost-Carrier“, wie Ryanair und easyJet, auf dem Markt etablierten und Flugreisen zu niedrigen Tarifen anboten. (Burghouwt et al. 2015)

Die Anzahl der Passagiere ist über den Betrachtungszeitraum hinweg schnell angestiegen. Abbildung 79 zeigt, dass zwischen 1990 bis zum Jahr vor der Pandemie die Anzahl der Fluggäste um das 5,6-fache auf rund 1,27 Mrd. Passagiere gestiegen ist. In Europa vollzog sich damit eine sehr ähnliche Entwicklung des Passagieraufkommens, wie in den asiatischen Ländern (exkl. China und Indien). (World Bank 2022d)

Diese Entwicklung geht teilweise darauf zurück, dass die Flugzeuge größer wurden und der (Sitz-)Ladefaktor, das ist der Anteil der besetzten Sitze, von knapp über 70 % zu Beginn der 2000er auf über 80 % im Jahr 2017 stieg. Die zunehmende Nutzung von leichteren und schmalen Sitzen hat zu einer Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs pro geflogenem Personenkilometer beigetragen. (EASA et al. 2019)

Flugreisen mit längeren Strecken wurden üblicher und im Durchschnitt stieg die Flugstrecke seit 2005 um 16 %. Im Vergleich zu den anderen Kontinenten betrug der Anteil der planmäßig zurückgelegten Flugverkehrsleistungen Europas rund 27 % des weltweiten Flugverkehrs und lag bei 2,3 Billionen Pkm. (EASA et al. 2019; ICAO 2019a)

4.4.4.2.6 Lateinamerika und Karibik

Die kommerzielle Luftfahrt in Lateinamerika befindet sich noch in einem frühen Stadium. Nichtsdestotrotz spielte und spielt die Luftfahrt in der Region eine wichtige wirtschaftliche, politische und symbolische Rolle. Die Region ist geprägt von großen Gebieten und mangelhaften Landverbindungen, die durch die kommerzielle Luftfahrt nicht nur besser erschlossen werden konnten, die Luftfahrtindustrie förderte auch die wirtschaftliche Entwicklung, die territoriale Integration und die Bekräftigung der nationalen Souveränität. (Olivares und Piglia 2019)

Lateinamerika durchlief ab den 1990er Jahren sowohl Phasen der Deregulierung als auch der Privatisierung. Um die staatliche Einflussosphäre an Luftfahrtunternehmen zu verringern, wurden zunächst Fluggesellschaften privatisiert und schließlich Infrastrukturen und Lufträume

einzelner Länder liberalisiert. Fluggesellschaften konnten ihre Flugziele, Reiserouten und Frequenzen mit weniger Einschränkungen festlegen. Allerdings wurde die Deregulierung nicht von allen Ländern der Region in gleichem Maße umgesetzt. (Olivares 2015)

So blieben in Brasilien, welches die meisten Passagiere der Region befördert, weiterhin erhebliche staatliche Beschränkungen für den Betrieb und das Eigentum von Fluggesellschaften bestehen (InterVISTAS 2009b). Erst seit 2021 ermöglichte ein neuer Rechtsrahmen (im Zuge der „Voo Simples“ Initiative) eine Erleichterung der Anforderungen für internationale Linienflüge ausländischer Fluggesellschaften (Ministério da Infraestrutura 2021).

In Panama ist, trotz Beschränkungen und teilweise restriktiver Luftverkehrsabkommen, ein insgesamt sehr dynamisches Wachstum des Passagieraufkommens zu beobachten. Von allen Ländern der Lateinamerika-Karibik-Region, für die bei der Weltbank Daten zur Verfügung stehen, verzeichnete Panama das größte Wachstum seit den 1990er Jahren. Alleine zwischen 1990 und 2010 stiegen die Fluggastzahlen um mehr als das 20-fache an. (InterVISTAS 2009c; World Bank 2022d)

In der gesamten Region stieg die Anzahl der beförderten Passagiere von 1990 bis 2019 im Durchschnitt um jährlich 5,5 % und lag im Jahr vor der Corona-Pandemie bei etwa 300 bis 356 Mio. Passagiere. Damit stieg das Passagieraufkommen in der Region im Betrachtungszeitraum um knapp das 5-fache, erfuhr jedoch 2020 einen Rückgang um rund 60 %. Für 2019 fallen rund 3 Mio. Flüge auf die Region Lateinamerika und Karibik, das entspricht in etwa einem Drittel der Flüge Europas. (aviationbenefits 2020b)

2019 betrug die Flugverkehrsleistung der Region 436 Mrd. Pkm. Im Schnitt lag die durchschnittlich geflogene Distanz eines Passagiers der Region bei 1.431 km, was nach Indien eine der kürzesten Durchschnittsdistanzen im Vergleich zu den anderen betrachteten Regionen ist (Berechnung basierend auf ICAO (2019b) und World Bank (2022b)). Insgesamt entfallen nur rund 5,1 % des weltweiten Flugverkehrs auf Lateinamerika und die Karibik. Die Nachfrage nach Lufttransport ist eng mit dem Wirtschaftswachstum verbunden und wird daher in Lateinamerika und der Karibik voraussichtlich zunehmen. (CEPAL 2015; ICAO 2019a)

4.4.4.2.7 Nordamerika

Die Deregulierung der Luftfahrtindustrie in den USA wurde bereits in den 1970er vorangetrieben, also beinahe 20 Jahre bevor auch in Europa Maßnahmen zur Liberalisierung der Luftfahrt ergriffen wurden. 1978 wurde der „US Airline Deregulation Act“ vom US-Kongress verabschiedet und hatte zur Folge, dass die Regierung nicht mehr an der wirtschaftlichen Regulierung der Luftfahrtindustrie beteiligt war. (Goetz und Vowles 2009)

Die bis zuvor bilateralen Flugverkehrsabkommen wurden schließlich neu ausverhandelt und das bald darauffolgende Aufkommen von „Low-Cost-Airlines“ in Nordamerika führte zu einer steigenden Reisenachfrage. Durch die zunehmende Konkurrenz am Markt zwischen den etablierteren Netzwerk-Carriern, also jenen, die ein dichtes Streckennetz anboten, und den „Low-Cost-Carriern“ wurde die Wettbewerbsinteraktion angeregt. Niedrigere Preise führen zu einer höheren Nachfrage nach Personenbeförderung, da sie auch Menschen mit geringerer Kaufkraft das Fliegen zugänglich machen. (ITF 2017)

Die Luftfahrtindustrie erlebte ein signifikantes Nachfragewachstum, das sich in der Anzahl der Passagiere und der Verkehrsleistung widerspiegelt. Die Zahl der Passagiere³⁸ nahm, ausgehend

³⁸ Nur USA und Kanada, für Grönland und Bermuda sind keine Daten vorhanden.

von der bereits hohen Zahl von 485 Mio. Passagieren 1990, um mehr als 110 % bis 2019 zu (siehe Abbildung 79). (World Bank 2022d)

Insbesondere zwei Ereignisse – die Terroranschläge vom 11. September 2001 und die Wirtschaftskrise 2008/9 – hatten einen signifikanten Einfluss auf die Zahl der Fluggäste (Huschelrath und Muller 2012). Steigende Treibstoffkosten für Fluggesellschaften und die Nachfragerückgänge auf Grund der Ereignisse führten zu Insolvenzen und Fusionen. Jedoch stellen die Angebote der Billigfluglinien sicher, dass Verbraucher und Verbraucherinnen in den meisten US-Märkten immer noch zwischen zwei oder mehr Fluggesellschaften wählen können, was den Druck auf andere Fluggesellschaften aufrechterhält, die Flugpreise niedrig zu halten. Weil Fliegen immer günstiger geworden ist, fliegen heute viel mehr Menschen in größeren Flugzeugen mit mehr Sitzplätzen an Bord. Flugreisen haben sich so vom Privileg einiger weniger zu einer Dienstleistung für viele entwickelt. (Garcia 2017; Kasper und Lee 2017)

Nach Europa steht Nordamerika an zweiter Stelle in Bezug auf das Passagieraufkommen. Das jährliche durchschnittliche Wachstum der Passagiere lag im Betrachtungszeitraum 1990 – 2019 bei knapp 2,5 %, das entspricht dem niedrigsten Wachstum im Vergleich zu den anderen Regionen. Heute verzeichnet Nordamerika rund 180 Fluglinien und 850 Flughäfen. 2019 wurden knapp 10,6 Mio. Flüge durchgeführt, das sind etwa 1,5 Mio. Flüge mehr als in Europa. (aviationbenefits 2020b)

Im Durchschnitt legte ein Passagier in der USA oder in Kanada 2019 eine Strecke von 1.893 km zurück (Berechnung basierend auf ICAO (2019b) und World Bank (2022b)). 1990 lag diese noch bei 2.800 km (OECD 1993). Im Vergleich zu den anderen Kontinenten hält Nordamerika einen Anteil von rund 23 % des weltweiten Flugverkehrs (ICAO 2019a).

4.4.4.2.8 Australien und Ozeanien

Die Deregulierung der inländischen Luftfahrt in Australien wurde um 1990 abgeschlossen, jedoch blieb die internationale Luftfahrtindustrie in großem Maße reguliert, da sie Kapazitätskontrollen bilateraler Luftverkehrsabkommen unterlag (Kain und Webb 2003). Die wichtigsten Flughäfen in Australien und Neuseeland wurden etwa Mitte der 90er Jahre privatisiert (Forsyth 2006). Die Privatisierung der Flughäfen versprach viele Vorteile: ein effizienteres Management von Vermögen, Investitionen und einen Abwärtsdruck auf Flugpreise. Letztendlich führte sie in Australien allerdings zu höheren Kosten für die Fluggesellschaften und die Fluggäste. (A4ANZ 2018)

Nichtsdestotrotz stieg die Zahl der Passagiere in der Region Ozeaniens stetig an. Von 1990 an verzeichnete die Zahl der Passagiere jährlich im Schnitt ein Wachstum von etwa 5 %. Zwischen 1990 und 2019 nahm die Zahl der Fluggäste um fast das 4-fache zu. Im Jahr 2019 erreichte die Zahl der beförderten Passagiere rund 99 Mio., was dennoch dem niedrigsten Passagievolumen der betrachteten Regionen entspricht. Hervorzuheben ist das Wachstum in Vanuatu auf Grund einer boomenden Tourismusbranche. Die Passagierzahl hat 2019 das 25-fache vom Ausgangswert der 1990er Jahre erzielt, während beispielsweise Australien nur eine Steigerung um das 4-fache an Passagieraufkommen verzeichnete. (CAPA 2019; World Bank 2022d)

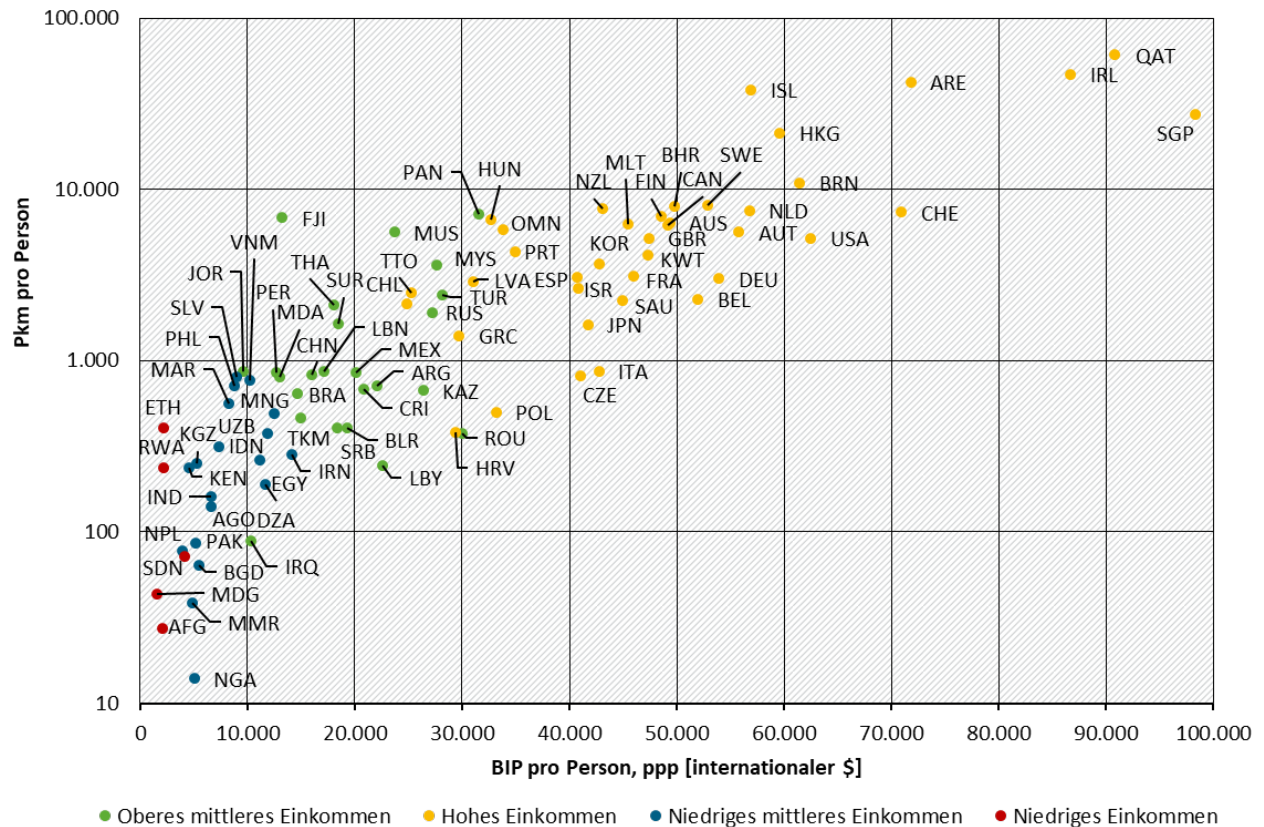
Bedingt durch die Corona-Pandemie ging die Zahl der Passagiere in der Region Ozeaniens im Jahr 2020 um 65 % im Vergleich zum Vorjahr zurück (siehe Abbildung 79). Im Durchschnitt reiste ein Passagier der Region Ozeanien 2.095 km (Berechnungen basierend auf ICAO (2019b) und World Bank (2022b)). Insgesamt lag die Flugverkehrsleistung bei 208 Mrd. Pkm, was einem weltweiten Anteil von rund 2,4 % entspricht. (ICAO 2019b)

4.4.4.3 Trends nach Einkommensgruppen

Die Zunahme des Flugverkehrs weltweit ist deutlich erkennbar an der Zunahme der Passagiere und der Flugverkehrsleistung. Allerdings ist die Entwicklung nicht nur regional unterschiedlich, auch nach Einkommensgruppen lassen sich deutliche Tendenzen erkennen. Gössling und Humpe (2020) gehen in ihren Berechnungen von einem sogenannten „theoretischen Maximum“ aus. Dieses gibt den maximalen Anteil der Bevölkerung wieder, der das Flugzeug nutzen könnte, unter der Annahme, dass eine Person – rein rechnerisch – genau eine Reise (z. B. Abreise ohne Rückreise) pro Jahr unternimmt³⁹. Verglichen mit den Bevölkerungszahlen sind in Ländern mit niedrigem Einkommen demnach nur rund 1,6 % der Bevölkerung, in Ländern mit niedrigen mittleren Einkommen rund 7,5 %, in Ländern mit oberen mittleren Einkommen 24,7 % und in Ländern mit hohem Einkommen 100 % der Bevölkerung maximal einmal im Jahr mit dem Flugzeug unterwegs. Allerdings gibt es in jedem Land einen beträchtlichen Anteil der Bevölkerung, der nicht fliegt, während einige Flugreisende an einer, zwei oder mehreren Reisen teilnehmen. Internationale Erhebungen zeigen, dass in Ländern mit hohem Einkommen zwischen 53 % und 65 % der Bevölkerung in einem bestimmten Jahr nicht fliegt. Der Anteil der Nichtflieger ist in Ländern mit niedrigen, niedrigen mittleren und oberen mittleren Einkommen wahrscheinlich größer. Weltweit liegt nach Schätzungen von Gösslinger und Humper (2020), der Anteil der am Flugverkehr teilnehmenden Bevölkerung bei rund 11 % (Daten für 2018). Am internationalen Flugverkehr nehmen allerdings nur etwa 2-4 % der Bevölkerung teil. (Gössling und Humpe 2020)

³⁹ Die Zahl der Passagiere ist nicht gleichbedeutend mit der Anzahl der Reisen oder der einzelnen Reisenden. Die meisten Flugreisen beinhalten sowohl einen Abflug als auch einen Rückflug, ein Anteil der Flugreisen beinhaltet außerdem asymmetrische Reisen (Dreiecksflüge, Flugreisen Etappen/Teilstrecken).

Abbildung 80: Flugverkehrsaufkommen nach Einkommensgruppen für das Jahr 2019



Quelle: eigene Darstellung, ifeu/adelphi, nach ICAO (2019a) und World Bank (2022a). Anmerkung: Die Daten der ICAO zur Verkehrsleistung gibt Auskunft über den Flugverkehr eines Mitgliedsstaates der ICAO-Organisation – hierbei werden alle beförderten Passagiere gezählt. Dementsprechend lassen die Daten keine Rückschlüsse auf das Flugverhalten der Bevölkerung eines Staates zu.

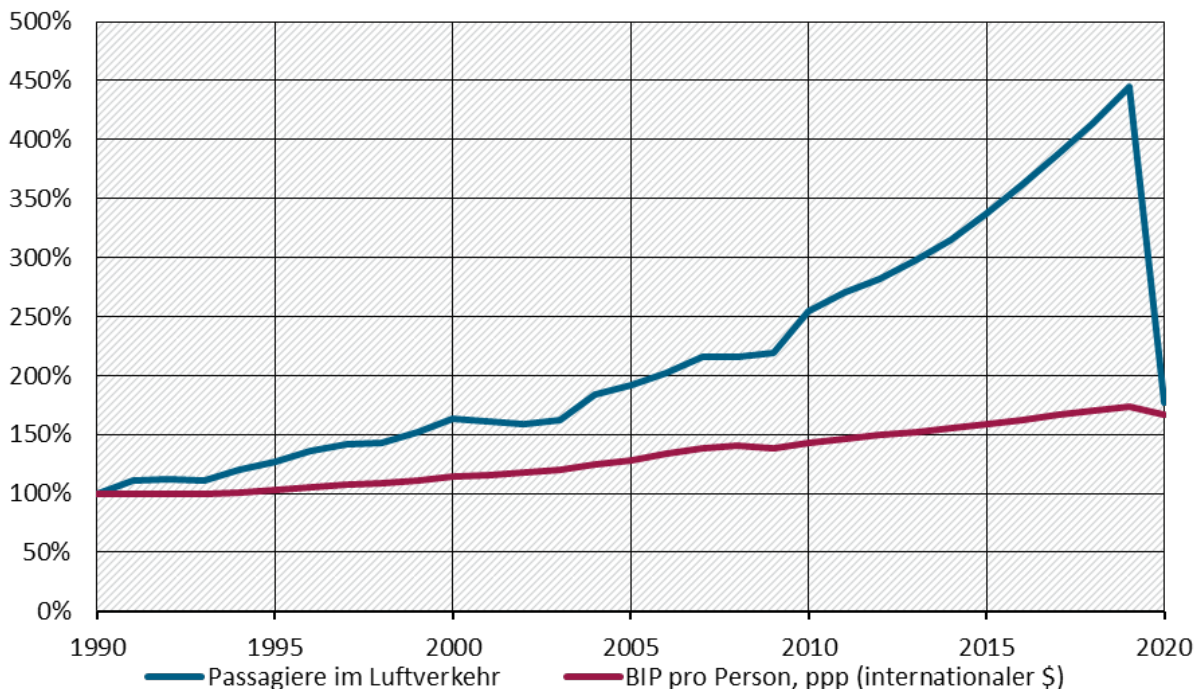
Abbildung 80 zeigt den Zusammenhang zwischen der Verkehrsleistung eines Landes pro Person gegenüber dem Einkommen pro Person. Der Zusammenhang ist statistisch signifikant ($p < 0.05$), allerdings gilt es zu beachten, dass hiermit kein realer Rückschluss auf die Reisetätigkeiten der jeweiligen Bevölkerung eines Landes möglich ist. Das Ergebnis in Abbildung oben zeigt den Zusammenhang zwischen der Verkehrsleistung (der ansässigen Flugverkehrsunternehmen) und dem Einkommen pro Kopf im jeweiligen Land. Katar, Irland und die Vereinigten Arabischen Emirate weisen die höchste Verkehrsleistung mit rund 61.000, 47.000 und 42.000 Pkm pro Einwohner*in auf. Die hohe Verkehrsleistung in Katar beispielsweise ist auf das Bestreben Katars zurückzuführen, ein zentrales Luftfahrtkreuz für den Transfer zu werden (Steinberg 2022). Ähnlich auch in den Vereinigten Arabischen Emiraten, in denen Dubai als Drehkreuz dient und als Zentrum der Luftfahrtindustrie im Mittleren Osten gilt.

Innerhalb der Einkommensgruppe mit oberem mittlerem Einkommen weisen Panama (7.214 Pkm) und Fidschi (6.835 Pkm) die höchste Flugverkehrsleistung auf. Beispiele der Länder mit niedrigem Einkommen sind Äthiopien mit einer Verkehrsleistung von 404 Pkm pro Einwohner*in und Madagaskar mit einer Verkehrsleistung von 44 Pkm pro Einwohner*in. Insgesamt geht klar hervor, dass das Fliegen ein Privileg der Reichen ist und diese auch bei Weitem die meisten Strecken im Luftverkehr zurücklegen.

4.4.4.4 Trends nach Einkommensdynamik

Betrachtet man die Einkommensdynamik über den Zeitraum von 1990 bis heute hinweg, wird der Zusammenhang zwischen Einkommen und Passagiervolumen verdeutlicht (siehe Abbildung 81).

Abbildung 81: Entwicklung des weltweiten Passagieraufkommens und BIP pro Person 1990 – 2020 (Indexiert, 1990=100)



Quelle: eigene Darstellung, ifeu/adelphi, auf der Basis von World Bank (2022a) und World Bank (2022d)

Ausgehend von den 1990er Jahren nahm das BIP pro Person bis 2019 um 74 % zu (mit einem jährlichen durchschnittlichen Wachstum von 2 %). Das Passagieraufkommen verzeichnete ein starkes Wachstum und weist bis etwa 2009/2010 sehr ähnliche Entwicklungen wie das BIP auf. Ab diesem Zeitpunkt steigt die weltweite Fluggastzahl deutlich stärker an. Insgesamt stieg die Zahl der beförderten Passagiere weltweit zwischen 1990 und 2019 um rund 345 % (mit einem jährlichen durchschnittlichen Wachstum von rund 5 %). 2020 kam es schließlich zum Einbruch der Passagierzahlen auf Grund der Einschränkungen durch die Corona-Pandemie.

4.4.4.5 Zukünftige Entwicklung des globalen Flugverkehrs

Die Beziehung zwischen dem BIP-Wachstum und der steigenden Nachfrage, die sich im Passagieraufkommen widerspiegelt, impliziert, dass sich der weltweite Flugverkehr in Relation zum Einkommensniveau verhält. Das zukünftige Einkommenswachstum der Shared Socioeconomic Pathways (Dellink et al. 2017; Riahi et al. 2017) bildet nachfolgend die Grundlage für die Berechnung der Flugverkehrsleistung bis 2050, die einen Ausblick in eine mögliche zukünftige Entwicklung des Flugverkehrs bietet.

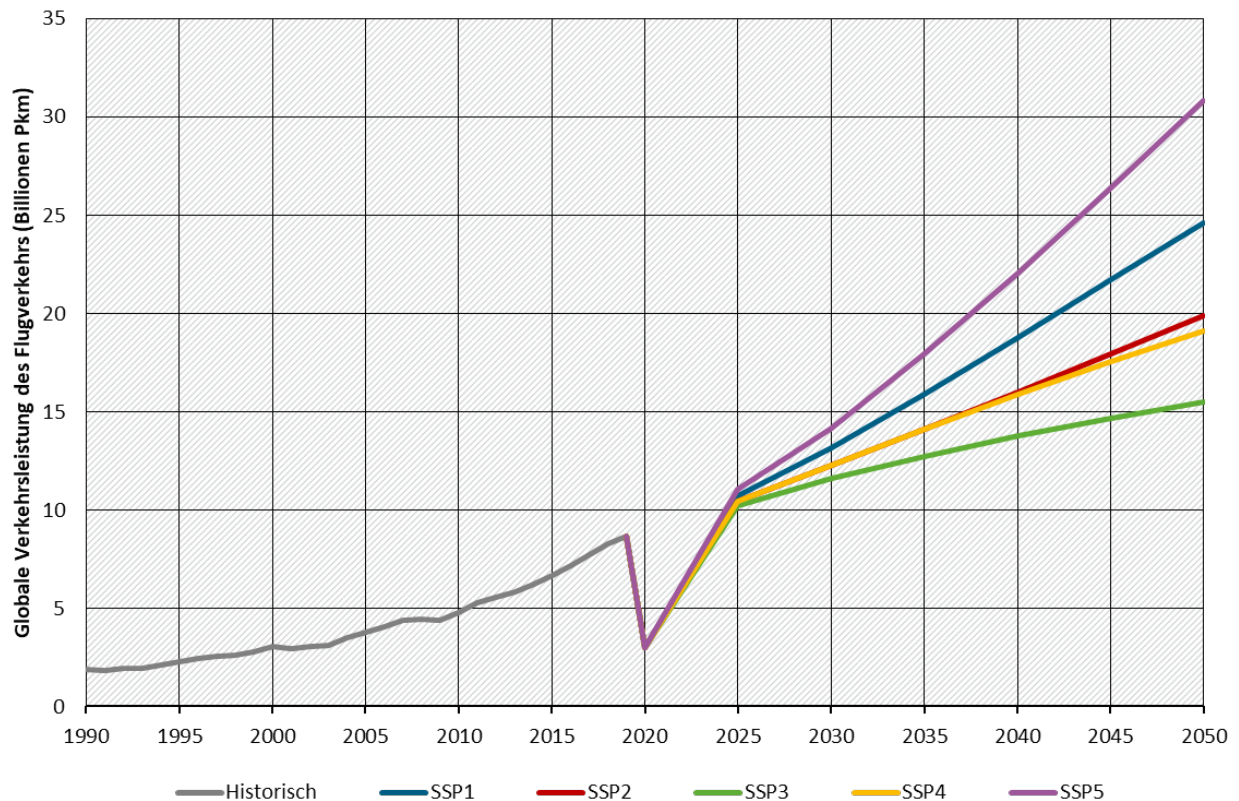
Auf Grund der Einschränkungen während der Corona-Pandemie verblieb der Flugverkehr für einige Zeit auf einem niedrigen Niveau. Noch zwischen Januar 2021 und Juli 2021 waren die Personenkilometer um 64,5 % niedriger als im gleichen Zeitraum 2019. Die

Reisebeschränkungen verlangsamen die internationale Erholung der Flugverkehrszahlen während sich der Inlandsverkehr schneller zu erholen scheint. (IATA 2021a)

In der Vergangenheit schien sich der Fluggastverkehr immer wieder relativ schnell von kurzfristigen Umbrüchen zu erholen (siehe Abbildung 77). Weltweit wird die Nachfrage nach Flugreisen voraussichtlich erst im Jahr 2024 vollständig auf das Niveau von vor der Corona-Pandemie zurückkehren, aber der rasche Fortschritt war bereits Ende 2022 deutlich zu erkennen: Der Anteil der Passagierkilometer verglichen mit der Verkehrsleistung des Jahres 2019 stieg branchenweit deutlich von 41,7 % im Jahr 2021 auf 68,5 % im Jahr 2022 (IATA 2023).

Für die Erstellung der Szenarien wurden Daten zur Flugverkehrsleistung der ICAO aus dem Jahr 2019 herangezogen, der Einbruch durch die Corona-Pandemie wurde dabei zusätzlich abgebildet (siehe Abbildung 82).

Abbildung 82: Zukünftige Szenarien des Flugverkehrs bis 2050 (Ausgangsjahr 2019)



Quelle: eigene Berechnung auf der Basis von ICAO (2020) und den Einkommensprojektionen der OECD auf Basis des ENV-Wachstumsmodells (Dellink et al. 2017; Riahi et al. 2017).

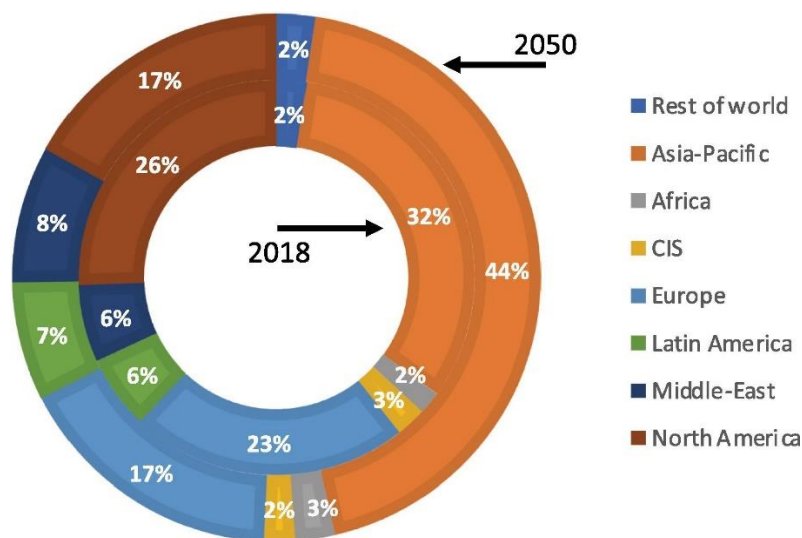
Im SSP5 Szenario wird die höchste Verkehrsleistung weltweit erreicht, sie liegt 2050 bei rund 30,8 Billionen Pkm. Das Szenario mit der niedrigsten Verkehrsleistung ist SSP3 mit rund 15,5 Billionen Pkm im Jahr 2050. Das SSP2 Szenario, das das Mittel aller Szenarien angibt, liegt 2050 bei 19,9 Billionen Pkm.

Das Öko-Institut stellte diverse Prognosen der ICAO, Airbus und Boeing zur zukünftigen Verkehrsleistung zusammen. Das von der ICAO als „am wahrscheinlichsten“ betrachtete Szenario unterstellt einen Zuwachs von jährlich 4,4 %. Damit würde sich die Verkehrsleistung alle 16 Jahre verdoppeln und bis 2050 rund 34 Billionen Pkm erreichen (Bopst et al. 2019b).

Abhängig vom Jahr, in dem die Verkehrsleistung das Niveau von 2019 wieder erreichen wird, könnte die Verkehrsleistung nach den neueren „Erholungsszenarien“ der ICAO, bis 2050 rund 27,5 Billionen Pkm betragen (Gössling et al. 2021).

Zu erwarten ist, dass das Wachstum des Flugverkehrs sich sehr unterschiedlich auf die Weltregionen verteilen wird. In den Post-Covid-Prognosen der ICAO (2018 – 2050) entfallen die höchsten Wachstumsraten der Flugverkehrsleistung auf den südwestasiatischen Raum (5,8 %) sowie für die Routen zwischen dem südwestasiatischen Raum und dem mittleren Osten (7,3 %) und für die Flugrouten zwischen den Routengruppen Afrika und Mittlerer Osten (4,6 %) (ICAO 2022). Gössling und Humpe (2020) berechnen, basierend auf Daten von Airbus, dass der asiatisch-pazifische Raum bis 2050 mit 44 % den größten Anteil der Verkehrsleistung ausmachen wird. Der Anteil Europas und Nordamerikas wird hingegen von 23 % und 26 % (2018) auf jeweils 17 % zurückgehen (Abbildung 83).

Abbildung 83: Verteilung der Flugverkehrsleistung auf die Regionen weltweit 2018 und 2050



Quelle: Gössling und Humpe (2020), © 2020 The Author(s). Published by Elsevier Ltd.

4.4.4.6 Umweltwirkungen

Die Luftfahrt ist ein Sektor, dessen Dekarbonisierung vor großen Herausforderungen steht. Für dieses Projekt wurden die technischen Änderungen nach dem GreenSupreme-Szenario für die Berechnung der zukünftigen Umweltwirkungen mittels prospektiver LCA hinterlegt (siehe Kapitel 3.1.3 (Dittrich et al. 2020a; UBA 2019)). Im GreenSupreme-Szenario wird im Jahr 2050 der internationale Verkehr ausschließlich mit synthetischen Kraftstoffen versorgt und ist deshalb bilanziell neutral⁴⁰. Das Szenario sieht vor, dass bis zum Jahr 2050 die Kraftstoffe vollständig auf erneuerbaren Energien (Power-to-Gas (PtG)/Power-to-Liquid (PtL)-Anlagen im Ausland) basieren. Bei vollständiger Umstellung der internationalen Luftverkehre auf PtL-Kraftstoffe wird es daher entsprechend der Szenariencharakteristik keine direkten THG-Emissionen mehr geben. Nicht-CO₂-Klimaeffekte des Luftverkehrs bleiben jedoch bestehen, solange die Antriebe auf Verbrennung basieren. Klimaneutrales Fliegen mit heutiger Antriebstechnik – selbst bei Verwendung von PtL – ist daher nicht möglich⁴¹.

⁴⁰ Bei der Verbrennung der synthetischen Kraftstoffe wird nur so viel CO₂ ausgestoßen, wie für die Produktion benötigt wurde.

⁴¹ Eine Quantifizierung der nicht-CO₂-bedingten Klimawirkungen war im Rahmen von RESCUE (Dittrich et al. 2020a; UBA 2019) nicht möglich und wurde in diesem Projekt zusätzlich berücksichtigt.

Tabelle 43: Umweltwirkungen des Fliegens heute und 2050 weltweit

Planetare Grenze	Kontrollvariable	Umweltwirkung			Grenzwert/ Budget ⁴²	Künftiger Anteil an PG	
		Heute (2019)	Ohne tech. Änd. 2050 (SSP5)	Mit tech. Änd. nach Green-Supreme 2050 (SSP2)		2050 (SSP5)	Green Supreme (SSP2)
Klimawandel	CO ₂ [Gt/a]	0,92	3,3	0,01	1,2 – 1,5	253,7%	0,48%
	CO ₂ -Äq. [Gt/a] inkl. Nicht-CO ₂ -Effekte	1,8	9,8	4,2	1,2 – 1,5	761,1%	305,8%
Landnutzung	Waldverlust [km ²]	294,1	1.045	9,5	5.130.000	0,02%	0,00%
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [t/a]	12,7	45,0	83,6	6.200.000	0,00%	0,00%
	Stickstoff [Mio. t/a]	0,00	0,01	4,0	62	0,01%	6,5%
Süßwasser	Süßwasser [Mrd. m ³ /a]	1,9	6,7	3,9	4.000	0,17%	0,10%

Quelle: eigene Berechnungen von ifeu und ecoinvent sowie Darstellung auf der Basis von Steffen et al. (2015) und Dittrich et al. (2020a, 2021a).

Die Umweltwirkungen, die bezogen auf das Konzept der Planetaren Grenzen relevant sind, sind in Tabelle 43 zu sehen. Im Vergleich zu heute könnten die CO₂-Emissionen um das 3,6-fache zunehmen, wenn keine technischen Änderungen nach GreenSupreme bis zum Jahr 2050 erfolgen.

Technische Änderungen nach GreenSupreme (und SSP2) ermöglichen unterdessen für einige planetare Grenzen eine Minderung der Umweltwirkungen im Jahr 2050. Im Vergleich zu heute könnten die CO₂-Emissionen im Jahr 2050 um 99 % und der Waldverlust um 97 % sinken. Werden zuzüglich zu den CO₂-Emissionen auch andere Effekte⁴³ betrachtet, steigen die Umweltwirkungen im Jahr 2050 auf ein hohes Niveau und liegen bei 4,20 Gt CO₂, rund 129 % mehr im Vergleich zu heute. Auch die Umweltwirkungen bezogen auf die biogeochemischen Flüsse steigen, Phosphor um 560 % und Stickstoff sogar um 206.794 % im Vergleich zu heute. Interessanterweise könnten somit die Umweltwirkungen im Jahr 2050, ohne technische Änderungen (und unter SSP5) für die biogeochemischen Flüsse niedriger liegen als die

⁴² Budget aus heutiger Sicht. Die Grenzwerte werden für 2050 übernommen. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass die Grenzwerte sich verändern können, bspw. durch eine hohe Akkumulation der Grenzwertüberschreitungen in den vorangegangenen Jahren.

⁴³ Klimawirksamkeit aufgrund der Flughöhen durch Wasserdampf, Stickoxide, Sulfat-Aerosole, Ruß und nicht verbrannte Kohlenwasserstoffe.

Umweltwirkungen biogeochemischer Flüsse in einer defossilisierten Welt (und unter SSP2). Auch die Süßwassernutzung könnte um 105 % zunehmen, im Vergleich zu heute.

Mit einem planetaren Grenzwert von 1,2–1,5 Gt steht ein sehr begrenztes jährliches Budget zur Verfügung. Bereits heute verbraucht der Flugverkehr innerhalb eines Jahres rund 80 % des CO₂-Budgets. Im Jahr 2050 könnte der weltweite Flugverkehr, bei Unterlegung technischer Änderungen (und SSP2), einen Anteil am jährlichen globalen CO₂-Budget von 0,5 % in Anspruch nehmen, bzw. einen Anteil von 306 %, wenn Nicht-CO₂-Effekte zusätzlich betrachtet werden. Werden keine technischen Änderungen (und SSP5) unterstellt, läge die Inanspruchnahme des Budgets im Jahr 2050 bei 254 % (nur CO₂) bzw. bei 761 % (inkl. Nicht-CO₂-Effekte).

Bei Betrachtung der global noch zur Verfügung stehenden Waldfläche, nimmt der Flugverkehr heute 0,01 % des verbleibenden Waldbudgets pro Jahr in Anspruch. Im Jahr 2050 könnte die Inanspruchnahme einen Anteil von 0,02 % (SSP5, ohne technische Änderungen) bzw. rund 0,0002 % (SSP2, einschl. technischer Änderungen) des Gesamtbudgets betragen.

Bei den Grenzwerten der biogeochemischen Flüsse nimmt der Flugverkehr derzeit 0,0002 % des jährlichen Phosphorbudgets und 0,003 % des jährlichen Stickstoffbudgets in Anspruch. Werden keine technischen Änderungen (und SSP5) unterstellt, steigen die Anteile am Phosphorbudget im Jahr 2050 auf 0,0007 % und am Stickstoffbudget auf 0,01 %. Werden technische Änderungen (und SSP2) berücksichtigt, so steigen die Anteile im Jahr 2050 ebenfalls an und liegen bei 0,0013 % des Phosphorbudgets bzw. 6,5 % des Stickstoffbudgets.

Beim Süßwasser liegt der Grenzwert nach Steffen et al. (2015) bei 4.000 km³ pro Jahr. Durch den Flugverkehr 2050 würden im Jahr 2050 zwischen 0,17 % (SSP5; keine technischen Änderungen) und 0,10 % (SSP2, technische Änderungen im Green Supreme Szenario) des jährlichen Süßwasserbudgets aufgebraucht werden.

4.4.4.7 Zwischenfazit

Ausgehend von den 1990er Jahren stieg die Anzahl der beförderten Passagiere weltweit bis zum Jahr 2019 um das Vierfache, während die Verkehrsleistung um das 4,5-fache im selben Zeitraum anstieg. Nur ein Bruchteil der Weltbevölkerung nimmt allerdings am internationalen Flugverkehr teil: Weltweit liegt nach Schätzungen von Gösslinger und Humper (2020), der Anteil der am Flugverkehr teilnehmenden Bevölkerung bei rund 11 % (2018). Am internationalen Flugverkehr nehmen allerdings nur etwa 2 – 4 % der Weltbevölkerung teil (Gössling und Humpe 2020). Insgesamt ist die Luftfahrt ein enorm schnell wachsender Sektor, insbesondere im Vergleich zu den Fortschreibungen der anderen repräsentativen Güter in diesem Projekt.

Der Einfluss des Einkommensniveaus auf die Mobilität mit dem Flugzeug zeigt sich mehrfach. Der Zusammenhang der Verkehrsleistung von Flugzeugen und dem Einkommen pro Person ist signifikant und wurde für eine Berechnung der zukünftigen Verkehrsleistung des Luftverkehrs bis zum Jahr 2050 genutzt. Die errechnete Verkehrsleistung weist eine Spannweite von rund 15,5 Billionen Pkm bis 30,8 Billionen Pkm auf. Studien prognostizieren eine zukünftige Verkehrsleistung, die teilweise sogar noch höher liegt. Die höchsten Wachstumsraten sind dabei im asiatisch-pazifischen Raum zu erwarten.

Mit Blick auf die potenziellen zukünftigen Umweltwirkungen geht hervor, dass technische Änderungen, wie sie im GreenSupreme-Szenario beschrieben werden, eine Reduktion der Inanspruchnahme des THG-Budgets und des verbleibenden Waldbudgets im Vergleich zu heute erzielen können. Werden zuzüglich andere Nicht-CO₂-Effekte mitberücksichtigt, steigen die Emissionen im SSP5 um etwa das 3,6-fache gegenüber heute an. In Bezug auf das globale THG-

Budget würde das Fliegen im Jahr 2050, unter Berücksichtigung der Nicht-CO₂-Effekte, einen Anteil von 1,6 % des (derzeitigen) Gesamtbudgets einnehmen.

4.4.5 Repräsentatives Gut 5: Haustiere

Haustiere sind fester und mitunter bereichernder Bestandteil heutiger Gesellschaften geworden und die Liste der Haustierarten wird ständig länger. Allerdings dominieren nach wie vor zwei Arten: Hunde und Katzen.

Im Gegensatz zu Nutztieren, die vorrangig in der Landwirtschaft „genutzt“ werden⁴⁴, umfassen Haus- bzw. Heimtiere⁴⁵ Tierarten wie Katzen, Hunde und kleine Heimtiere. Sie werden üblicherweise im Haus zu Hobbyzwecken gehalten, grundsätzlich können auch Pferde hinzugezählt werden⁴⁶. Die reine Funktion von Haustieren, wie dem Hund als Beschützer und Begleiter auf der Jagd, hat sich um die Komponenten des Weggefährten, Freund oder Familienmitglieds erweitert. Neben Hunden sind auch Katzen zu häufigen tierischen Mitbewohnern geworden. Sie werden zur Schädlingsbekämpfung eingesetzt und fungieren als Begleittiere mit symbolischem Wert.

Über die Domestizierung der Katze war lange Zeit wenig bekannt. Die Vorfahren der heutigen Hauskatzen gelangten vor rund 6.400 Jahren von Südwestasien und vor rund 3.500 Jahren aus dem ägyptischen Raum nach Europa. (Ottoni et al. 2017)

Die Domestizierung von Hunden hat ihren Ursprung in Eurasien (vor rund 12.000 bis 14.000 Jahren) (WHO und WSPA 1990). Neuere Studien gehen davon aus, dass Hunde bereits vor über 23.000 Jahren in Sibirien domestiziert wurden. Raue klimatische Bedingungen haben wahrscheinlich dazu geführt, dass Menschen und Wolfspopulationen sich in ähnliche Gebiete zurückzogen und von denselben Beutearten angezogen wurden. Die zunehmende Interaktion führte zur Domestikation des Grauwolfes, dem Vorfahren des Hundes (Perri et al. 2021). Während in Teilen Eurasiens und Nordamerikas (insbesondere im zirkumpolaren Raum) Hunde häufig als Träger von Gütern und zum Ziehen von Schlitten oder Karren verwendet wurden, spielen Hunde bis heute unter anderem eine wichtige Rolle als Viehhüter in vielen Teilen der Welt. (WHO und WSPA 1990)

Zeitgenössische Haustiere haben sich ihrer Rolle als Arbeits- und Nutztiere entledigt und erfüllen mehrere Funktionen gleichzeitig: Das Haustier ist ein „Gefährte“, „[...] etwas, um das man sich kümmern muss, etwas zum Anfassen, etwas zum Beschäftigen, ein Mittelpunkt der Aufmerksamkeit, ein Grund für Bewegung, etwas, das einem das Gefühl gibt, sich sicherer zu fühlen“ (WHO und WSPA 1990). Viele verbinden den Haustierbesitz mit der Möglichkeit Stress abzubauen und betrachten ihre Haustiere als vollwertige Familienmitglieder.

Beziehungsvorteile wie Liebe, Zuneigung und Kameradschaft sind häufige Gründe für die Anschaffung eines Haustiers. Nicht selten werden Gefühle des Glücks, psychische Gesundheit und Wohlbefinden mit Haustierbesitz in Verbindung gebracht. (AMA 2019; CANZ 2020; Rakuten Insight 2021)

Da Haustiere eine steigende Beliebtheit erfahren, ist deren Umweltbilanz heute und in Zukunft von Interesse. Relevante Umweltwirkungen entfallen bei Haustieren nebst Behausung,

⁴⁴ Die Tierschutznutzverordnung definiert Nutztiere folgendermaßen: „landwirtschaftliche Nutztiere sowie andere warmblütige Wirbeltiere, die zur Erzeugung von Nahrungsmitteln, Wolle, Häuten oder Fellen oder zu anderen landwirtschaftlichen Zwecken gehalten werden oder deren Nachzucht zu diesen Zwecken gehalten werden soll“ (§ 2 TierSchNutztV).

⁴⁵ Die Begriffe „Haustier“ und „Heimtier“ werden im vorliegenden Bericht synonym verwendet.

⁴⁶ Die grobe Abgrenzung von Haus- bzw. Heimtieren erfolgt auf Basis der TierSchNutztV und des Entwurfs einer Heimtierschutzverordnung des Deutschen Tierschutzbundes (2016).

Abfalltüten und Fäkalien, Fahrten mit dem Pkw, Wärmeverluste durch Katzenklappen etc. vor allem auf die Fütterung. Mit zunehmender Größe des Haustiers und dem damit einhergehenden Futterbedarf steigen die Umweltbelastungen. Die Haltung eines Pferdes weist daher auch die größten umweltrelevanten Auswirkungen auf. Eine Ökobilanzstudie stellt beispielhaft fest, dass die Umweltlasten durchschnittlicher Konsument*innen der Schweiz durch die Haltung eines Pferdes um über ein Drittel zunehmen. (Annaheim et al. 2019)

4.4.5.1 Entwicklungen der globalen Heimtierhaltung

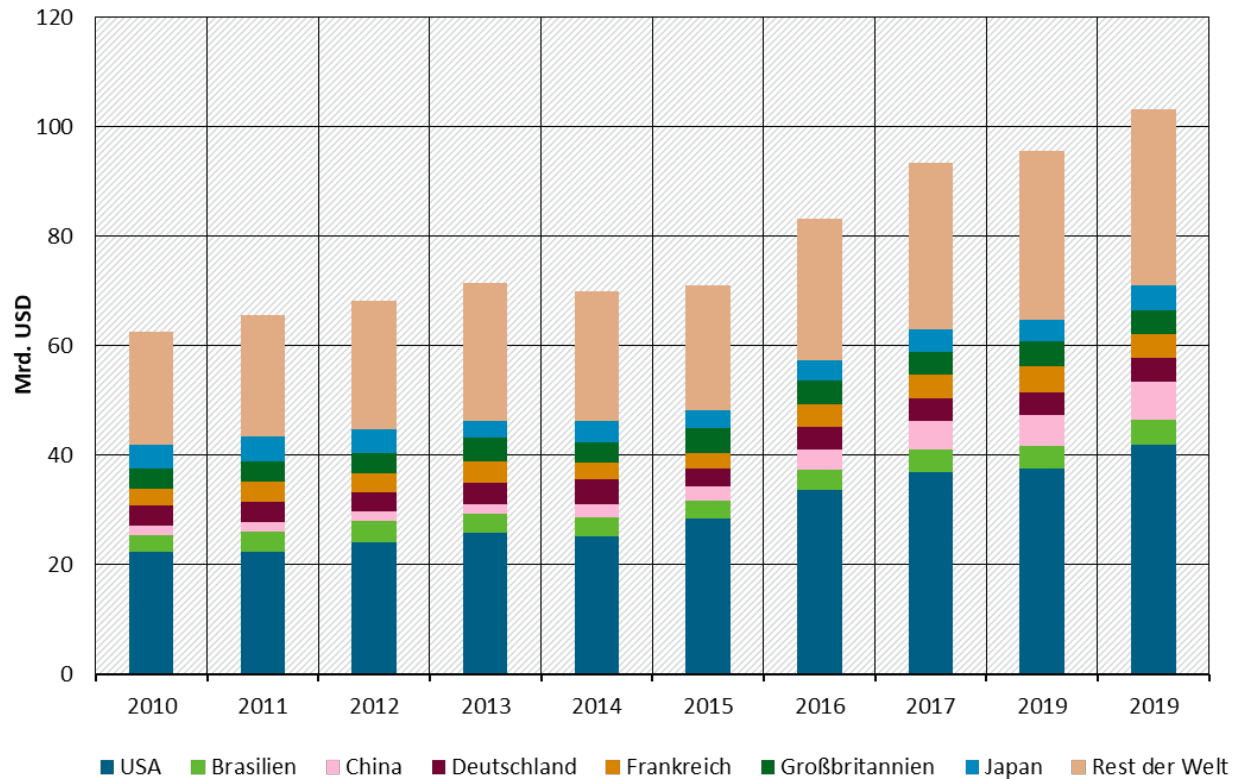
Wie viele Haustiere gibt es eigentlich? Diese Frage zu beantworten ist kein leichtes Unterfangen, nicht zuletzt, weil Haustiere manchmal nur schwer von „Nutztieren“ abzugrenzen sind (etwa Assistenz- oder Blindenführerhunde), unterschiedliche Auffassungen von einem „Haustier“ existieren und es selten verlässliche Statistiken über die Anzahl der Heimtiere gibt. Laut Schätzungen der WHO lag in Ländern Amerikas und Europas in den 1990er Jahren das Verhältnis von Hunden zu Einwohner*innen zwischen 1:10 und 1:6 (WHO und WSPA 1990). Heute wird die Zahl an Hunden weltweit auf zwischen 470 Mio. und bis zu 1 Mrd. geschätzt (Belsare und Vanak 2020; Smith et al. 2019; Statista 2019a). Die Zahl der Hauskatzen liegt deutlich darunter und bewegt sich wahrscheinlich zwischen 370 Mio. und 600 Mio. (Driscoll et al. 2009; Statista 2019a). Für einige Regionen, wie etwa Europa, USA, einzelne asiatische und ozeanische Länder, liegen Daten zu Hunden- und Katzenpopulationen vor, aus denen sich eine zunehmende Beliebtheit von Haustieren ableiten lässt.

Informationen zur Demographie der Hundepopulation sind trotz der Relevanz im Bereich der öffentlichen Gesundheit unzureichend. In vielen europäischen Ländern ist die Hundekennzeichnung und -registrierung zwar obligatorisch geworden, allerdings gibt es keine zentrale (zugängliche) Datenbank bzw. ist diese in einigen Ländern nicht erforderlich. Folglich stehen nur wenige Daten zur Verfügung und die tatsächlichen Populationen werden wahrscheinlich unterschätzt. (Carvelli et al. 2020)

Bislang werden viele Informationen aus Haushaltsumfragen oder Studien bezogen, die kleinräumige Regionen abbilden. Das Beratungsunternehmen GfK führte 2015 in insgesamt 22 Ländern eine Studie zur Heimtierhaltung durch. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass über die Hälfte der Befragten mindestens ein Haustier besaß. Hunde waren dabei die populärsten Haustiere (bei 33 % der Befragten), gefolgt von Katzen (bei 23 % der Befragten). Frauen waren im Vergleich zu Männern öfter Besitzerinnen von Hunden oder Katzen, während Männer tendenziell mehr Fische als Haustiere besaßen als Frauen. (GfK 2016)

Während in Europa ein Leben in ländlichen Gebieten und Haushalte mit Kindern mit der Hundehaltung korrelieren (Carvelli et al. 2020), werden in Lateinamerika Haustiere vor allem von Einzelpersonen und Familien, die in städtischen Gebieten leben, gehalten (Euromonitor 2017). Neben diversesten Besitzerprofilen zeichnet sich ein gemeinsamer, globaler Trend ab: die Haustiernachfrage steigt und die Ausgaben für die Tiere nehmen global zu (siehe Abbildung 84). Dieser Anstieg wird von mehreren Faktoren beschleunigt: eine junge Generation (die Millennials), die die Familiengründung hinauszögert und stattdessen zum „Haustiereltherndasein“ übergeht, eine alternde Bevölkerung, die sich im Alter einen Gefährten sucht, sowie Schwellenländer, in denen wachsende Mittelschicht und steigender Wohlstand die Haustierhaltung beflügelt haben. (Allianz 2021)

Abbildung 84: Weltweite Ausgaben für den Haustierbedarf 2010 – 2019 [in Mrd. USD]



Quelle: eigene Darstellung auf Basis der Daten von Euromonitor International (Allianz (2021))

Während der Corona-Pandemie hat sich der Trend zur Haustieranschaffung noch einmal verstärkt. Insbesondere während der frühen Phase der Pandemie ist das Interesse an Haustieren (Hunden und Katzen) gestiegen. Gründe dafür finden sich wahrscheinlich in den Maßnahmen zur sozialen Distanzierung, wie der Homeoffice-Politik, die die Anzahl der Stunden, die zu Hause verbracht wurden, erheblich erhöhten. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass das öffentliche Interesse nicht so stark anhält und die Nachfrage nach Haustieren wieder abflachen bzw. sich auf dem Niveau vor der Pandemie einpendeln wird. (Ho et al. 2021)

Viele Anbieter von Haustierbedarf haben von diesem Wachstum während der Pandemie profitiert. Hochwertige Lebensmittel und der Onlinehandel haben den Umsatz vieler Unternehmen in der Haustierbranche gesteigert. Global wächst der Haustiermarkt jährlich um durchschnittlich 5,8 %. (Allianz 2021)

4.4.5.2 Regionale Trends nach Kontinenten

4.4.5.2.1 Afrika

Daten zu Haustieren in den afrikanischen Ländern sind äußerst rar. Für Südafrika liegen vereinzelt Zahlen vor. In den 1990er Jahren ergab eine Studie eine Hundepopulation von 3,93 Mio. und eine Katzenpopulation von 0,97 Mio. (Odendaal 1994). Schätzungen gehen davon aus, dass 2018 rund 9 Mio. Hunde als Haustiere in Südafrika gehalten wurden (World Atlas 2018). Damit ist der Hund das Haustier Nummer eins in Südafrika (Ferdman und Ingraham 2014). Die Zahl der Katzen ist unbekannt und die Datenlage gibt keinen Aufschluss darüber, welche Rolle Katzen in afrikanischen Haushalten innehaben.

Wie in den meisten afrikanischen Ländern südlich der Sahara werden Hunde häufig zum Hüten von Vieh und zum Schutz vor wilden Tieren und Dieben eingesetzt (Sikana et al. 2021). In den letzten Jahren vollzog sich allerdings ein Wandel. Euromonitor, ein Anbieter strategischer Marktforschung, stellte fest, dass vor allem in Südafrika Hunde nicht mehr primär für die Schutzfunktion gehalten werden, sondern dass das Haustier zu einem „Herzenshund“ wurde. Hunde großer Rassen dominierten lange die Hundepopulation in Südafrika, derzeit gewinnen jedoch kleine (bis zu 9 kg) und mittelgroße (9 bis 23 kg) Rassen an Beliebtheit. (Du Plessis 2021)

Hunde sind laut WHO für bis zu 99 % aller Tollwutübertragungen auf den Menschen verantwortlich und damit auch primärer Grund für tödliche Folgen der Krankheit. Die WHO ist daher bemüht, die Datenlage über domestizierte und streunende Hunde zu verbessern (WHO 2021). Die aktuellsten Schätzungen zur Hundepopulation für den Kontinent liegen bei 100 Mio. Tieren, wovon ein Großteil als freilaufende oder streunende, herrenlose Hunde klassifiziert wird (Tennyson 2018).

Da die Bevölkerung und die Kaufkraft der afrikanischen Mittelschicht wachsen, ist zu erwarten, dass auch die Nachfrage nach Haustieren steigen wird (Iwuoha 2016). Gerade während der Corona-Pandemie stieg der Haustierbesitz in Südafrika. Dies hat zu einem Anstieg des Umsatzes im Haustiermarkt geführt (Du Plessis 2021).

Für den afrikanischen Kontinent liegen außerdem für zehn Länder Daten der FAO zur Pferdepopulation vor. Rund 13 % aller Pferde weltweit werden in afrikanischen Ländern als „Haustiere“ gehalten. Seit den 90er Jahren steigt die Pferdepopulation und hat um 277 % zugenommen, eine Steigerung um das 3,8-fache. Im Jahr 2020 entfielen auf 1.000 Personen rund 5,5 Pferde⁴⁷. (Berechnungen basierend auf FAO (2022b) und World Bank (2022b))

4.4.5.2.2 Asien

In vielen asiatischen Ländern werden bevorzugt Hunde gehalten. Beispiele sind die Philippinen (67 % der Bevölkerung besitzt einen Hund), Vietnam (53 %), Thailand (47 %), Taiwan (25 %), Südkorea (22 %) und Singapur (17 %). In Indonesien und Malaysia sind mehrheitlich Katzen die tierischen Mitbewohner. (Rakuten Insight 2021)

Für Japan ergaben Umfragen unterschiedliche Ergebnisse, der Hund scheint jedoch beliebter zu sein als andere Haustiere (GfK 2016). Wie viele Katzen und Hunde in den einzelnen Ländern bzw. im gesamten asiatischen Raum gehalten werden, ist jedoch unklar, oftmals sind nur Schätzungen für urbane Räume vorhanden. Für Bangladesch lagen Schätzungen der WHO (2015) bei rund 1,2 Mio. Hunden, einem Verhältnis der Hunde zu Menschen von 1:130. In den Philippinen lag die geschätzte Hundepopulation 2018 bei rund 8,9 Mio., das entspricht einem Verhältnis der Hunde zu Menschen von 1:12 (eigene Berechnungen basierend auf WHO (2015), NRPCP (2019) und World Bank (2022b)).

In vielen asiatischen Ländern dient die Anschaffung eines Haustieres zum einen dem Abbau von Stress und zur Milderung von Niedergeschlagenheit, und zum anderen werden Haustiere als Gefährten und zur eigenen Sicherheit gehalten – so die Ergebnisse einer Umfrage (Rakuten Insight 2021).

Auf die asiatischen Länder (ohne China und Indien) entfallen rund 17,6 % der Pferde weltweit. Die asiatischen Länder besitzen damit rund 6 Pferde pro 1.000 Personen (eigene Berechnung basierend auf FAO (2022b) und World Bank (2022b)). Wie die Daten der FAO (2022b) zeigen,

⁴⁷ Die Datenlage der FAO ist lückenhaft, weshalb es wahrscheinlich zu einer Unterschätzung der Pferdebestände kommt.

steht die Mongolei weltweit an vierter Stelle mit über 4 Mio. Pferden (2020). Für die in der Steppe lebenden nomadischen Mongolen waren Pferde immer ein fester Bestandteil ihrer Kultur (Taylor et al. 2017). Auch heute lebt rund ein Viertel der Haushalte in der Mongolei als Nomaden (Hiraga et al. 2020). Pferde sind dabei nicht nur das zentrale Transportmittel. Pferdemist dient als Brennstoff, Rosshaar wird zum Weben genutzt, Pferdehaut kann zu Stiefeln verarbeitet und Pferdeknochen können in Geigenstangen verwandelt werden. Pferdefleisch kann schließlich als Nahrung dienen (Yulin und Xiaoyan 2013).

Zusammen mit der Mongolei bilden Kasachstan und Kirgisistan innerhalb der regionalen Gruppe Asiens die drei Länder mit den höchsten Pferdepopulationen (FAO 2022b). Pferde nehmen traditionell auch eine wichtige Funktion und Bedeutung im Leben der nomadischen Bevölkerungsteile Kasachstans und Kirgisistans ein. Das Pferd ist nicht nur Transportmittel, Arbeitstier und Nahrungsmittel, sondern auch ein Symbol der Kultur und des Prestiges (Kuandyk 2021; Sarbassova 2015).

4.4.5.2.3 China

Katzen waren und sind nach wie vor in China am häufigsten vertreten. Während Ende der 1990er Jahre der Anteil der chinesischen Bevölkerung, die einen Hund oder eine Katze besaß, bei 5 % und 14 % lag, waren die Anteile zu Beginn der 2000er auf 7 % und 15 % angestiegen (Zuang 2005). Zwischen 2013 und 2017 nahm die Gesamtzahl der Haustiere in China stark zu. Innerhalb von vier Jahren verzeichnete China ein jährliches durchschnittliches Wachstum von 7 %, wobei die Hundepopulation auf rund 85 Mio. und die Population der Hauskatzen auf 69 Mio. anstiegen. Schätzungen aus früheren Jahren für das Jahr 2022 liegen bei etwa 755 Mio. Haustieren, wobei ein Anteil von 18 % auf Hunde und 23 % auf Katzen entfällt (insgesamt also rund 300 Mio. Hunde und Katzen). (chinapetmarket 2018)

Aus einem Bericht der chinesischen Heimtierbranche 2021 geht hervor, dass Katzen insbesondere aus zwei Gründen zum häufigsten Haustier in China geworden sind: Zum einen ist die Entwicklung auf die Begrenztheit des Wohnraumes in urbanen Räumen zurückzuführen und zum anderen auf das Lebenstempo und die Lebensgewohnheiten insbesondere junger Menschen (iMedia 2022). Zum Großteil treibt die junge Bevölkerungsschicht (geboren in den 1980ern und 90ern) das Wachstum der Haustierpopulationen in chinesischen Haushalten an – rund drei Viertel der Katzen- und Hundebesitzer*innen gehören zu dieser Altersgruppe (Chen 2019). Die Größe des städtischen Hunde- und Katzenmarktes erreichte 2021 rund 249 Mrd. Yuan (rund 35 Mrd. Euro, 2021), eine Steigerung von 20,6 % gegenüber dem Vorjahr. Das Wachstum des Heimtiermarktes liegt etwa 8 Prozentpunkte über dem Wachstum der gesamten Einzelhandelsumsätze von Konsumgütern im Jahr 2021 (iMedia 2022). Um die gewachsene Nachfrage zu befriedigen, ist Chinas Heimtierindustrie auf eine Lieferkette von Züchtern und Großhändlern angewiesen. Im Tierhandel gibt es jedoch viele gefälschte Impfpertifikate, auch der Tierschutz ist unzureichend. (Chen 2019)

Pferde spielten lange Zeit eine große Rolle in der chinesischen Gesellschaft. China besaß bis in die frühen 2000er die meisten Pferde weltweit. Während die Pferdepopulation in den 90er Jahren noch über 10 Mio. zählte, sind es heute nur noch 3,7 Mio., etwa 2,6 Pferde pro 1.000 Personen (Berechnung basierend auf FAO (2022b) und World Bank (2022b)). Neben der landwirtschaftlichen Mechanisierung haben eine Verbesserung des ländlichen Transports (Traktoren, Lastwagen, Autos und Motorräder), die Urbanisierung und die verringerte Landverfügbarkeit für Pferde sowie der Mangel an wirtschaftlichen Erträgen durch die Pferdehaltung zum Rückgang der Pferdepopulation in China maßgeblich beigetragen (Wang und Zou 2020).

4.4.5.2.4 Indien

Der Haustierbesitz ist ein relativ junges Phänomen in Indien. Im Zusammenhang mit dem ansteigenden Interesse an Haustieren steht unter anderem die Ausweitung der urbanen Klasse. Mit ihren geschäftigen Jobs sind die Menschen auf der Suche nach Möglichkeiten zum Stressabbau, „Glücklichmachen“ und einer Quelle des Trostes. (Rastogi 2021)

2014 besaßen rund 12 Mio. Haushalte einen Hund, diese Zahl stieg 2018 auf 17 Mio., bei Katzen nahm die Zahl von über 1 Mio. auf rund 1,3 Mio. zu (Statista 2019b). In einzelnen Nachrichtenmeldungen gehen Schätzung von derzeit insgesamt rund 28 – 29 Mio. Haustieren (Tandon 2021) bzw. 28 Mio. Hunden sowie 3 Mio. Katzen aus (Singh und Maloo 2021). Die Internationale Heimtiermesse in Indien beziffert den jährlichen Haustierzuwachs mit rund 600.000 Haustieren, wobei die Zahl von Jahr zu Jahr steigt (IIPTF 2018). Einem Bericht des Unternehmens „Mars Petcare“ über den Status der Haustier-Obdachlosigkeit zufolge beträgt die gesamte Hunde- und Katzenpopulation in Indien rund 94 Mio., wovon allerdings nur 13 Mio. Hunde und 1,3 Mio. Katzen als tatsächliche Heimtiere „in Besitz“ zu werten sind (Mars Petcare 2020a; b). Im Vergleich zu den anderen Regionen liegt der Anteil der gehaltenen Pferde bei nur 0,6 %, zudem geht aus den Daten der FAO (2022b) ein Trend zum Rückgang der Pferdepopulationen hervor. Für 2020 ergeben die Daten der FAO ein Verhältnis von 0,2 Pferden pro 1.000 Personen (Berechnung basierend auf FAO (2022b) und World Bank (2022b)).

4.4.5.2.5 Europa

Haustiere sind in Europa ein wichtiges „Konsumgut“, denn die Beliebtheit von Heimtieren hat in der letzten Dekade stetig zugenommen. 2010 besaßen rund 70 Mio. Haushalte ein Haustier. Der Anteil der Haushalte, die mindestens eine Katze oder einen Hund besaßen, lag bei 25 % bzw. 26 % (Fediaf 2010). 2020 lag die Zahl der Haushalte mit mindestens einem Haustier bei 88 Mio. (rund 38 % aller Haushalte). Die Anteile der Haushalte mit mindestens einer Katze oder einem Hund haben sich indes auf 26 % und 24 % verschoben. Nach Katzen und Hunden zählen, in absteigender Reihenfolge Vögel, kleine Säugetiere, Fische und Reptilien zu den häufigsten Haustieren. (Fediaf 2020)

Pferde, auch wenn sie keine „klassischen“ Haustiere darstellen, nehmen neben Hunden und Katzen einen hohen Stellenwert bei den Europäern und Europäerinnen ein. Die derzeitige Datenlage der FAO zu den Pferdebeständen in Europa ist allerdings unvollständig, da von vielen Ländern keine Angaben gemacht wurden. 2015 ergab eine Studie der World Horse Welfare und Eurogroup 4 Animals eine Gesamtpopulation von Pferden in der EU von 6,99 Mio. (WHW und E4A 2015). Im Jahr 2017 lag, für 40 der insgesamt 49 Länder Europas, die Zahl der Pferde bei 5,4 Mio., damit entfallen rund 6,5 Pferde auf je 1.000 Personen. Die Zahlen der letzten Jahrzehnte deuten jedoch auf einen abnehmenden Trend hin. (Berechnung basierend auf FAO (2022b) und World Bank (2022b))

Die Zahl der klassischen tierischen Mitbewohner in europäischen Haushalten lag 2020 bei 89,8 Mio. Hunden und 110,1 Mio. Katzen. Katzen waren und sind in Europa am beliebtesten. Auf Russland entfällt der größte Anteil an Katzen in Europa (20 %) gefolgt von Deutschland (14 %) und Frankreich (13,7 %). Der größte Anteil der Hunde entfällt ebenfalls auf Russland (19 %), gefolgt von Deutschland (11,9 %) und dem Vereinigten Königreich (9,5 %). (Fediaf 2020)

Anfang der 1990er Jahre lag das Verhältnis zwischen Hunden und Einwohner*innen in den Ländern Europas zwischen 1:10 und 1:6 (WHO und WSPA 1990). Die aktuellsten Daten zu Heimtieren in Europa stammen von FEDIAF, einer Handelsorganisation der europäischen Tiernahrungsindustrie. Laut FEDIAF wurden 2020 z. B. rund 8,5 Mio. Hunde im Vereinigten Königreich als Haustiere gehalten (Fediaf 2020). Da die Datenlage zur Heimtierpopulation

Europas in den 90er Jahren und frühen 2000er Jahren unzureichend ist, lassen sich allerdings nur schwer Trends über den gesamten Zeitraum erkennen. In der letzten Dekade haben die Heimtierpopulationen der Katzen und Hunde in Europa aber deutlich zugenommen, um rund 30 % (Katzen) und 22 % (Hunde). Dabei lag das durchschnittliche jährliche Wachstum beider Haustierarten bei etwa 2 bis 2,7 %. Pro 1.000 Personen stieg die Zahl der Hunde von 91 auf 108 und die Zahl der Katzen von rund 105 auf 132 (Berechnung basierend auf Fediaf (2010, 2020) und World Bank (2022b)). Untersuchungen von Hundebesitzerprofilen ergaben, dass insbesondere das Leben in ländlichen Gebieten und Haushalte mit Kindern einen starken Bezug zur Hundehaltung aufwiesen (Carvelli et al. 2020).

4.4.5.2.6 Lateinamerika und Karibik

Anders als in Europa werden in Lateinamerika Hunde als Haustiere bevorzugt. Die Studie der GfK ergab, dass über alle Befragten hinweg Hunde in Argentinien, Brasilien und Mexiko am populärsten sind (GfK 2016). Schätzungen der Tiernahrungsindustrie setzen die Haustierpopulation der Hunde in der Region bei 120 Mio. und die der Katzen bei 45 Mio. an. Von den jährlich etwa 7 Mio. Tonnen Futtermengen werden knapp 79 % von Hunden gefressen (Franco 2021). Alleine in Brasilien werden schätzungsweise zwischen 52,2 Mio. und 54,2 Mio. Hunde gehalten (Baquero und Queiroz 2019; Instituto Pet Brasil 2019). Erhebungen des brasilianischen Institutes für Geographie und Statistik (IBGE) ergaben eine Katzenpopulation von rund 23,9 Mio., was in etwa der Hälfte der Katzenpopulation in gesamt Lateinamerika entsprechen würde (Instituto Pet Brasil 2019). Das IBGE schätzte die Populationen der Katzen 2013 auf Basis einer Umfrage auf 22,1 Mio. und die Population der Hunde auf 52,2 Mio. (IBGE 2013). Der Anteil der Haushalte, die einen oder mehrere Hunde besitzen, liegt bei rund 46 %, jener Anteil der Haushalte, die eine Katze besitzen, liegt bei 19,3 % (Rios 2020).

Für die anderen Länder der Region sind keine verlässlichen Zahlen vorhanden, allerdings stellt Brasilien auch den bei weitem größten Heimtiermarkt der Region dar. Etwas mehr als zwei Drittel der in Lateinamerika verkauften Heimtiernahrungsmittel werden in Brasilien verkauft. Überdies ist Brasilien, nach den USA und China, der drittgrößte Heimtiernahrungsmarkt der Welt. (Euromonitor 2017)

Die Wachstumsdynamik der Hunde- und Katzenpopulation in Lateinamerika spiegelt nach Angaben der Tiernahrungsindustrie das Wachstum der menschlichen Population wider und übertrifft sie sogar (Franco 2021). Haustiere werden in Lateinamerika vor allem von Einzelpersonen und Familien, die in städtischen Gebieten leben, gehalten (Euromonitor 2017).

Die Pferdebestände liegen in den Ländern Mexiko (6,4 Mio.), Brasilien (6 Mio.), Argentinien (2,6 Mio.) und Kolumbien (1,6 Mio.) am höchsten. Insgesamt zehn Länder der Region werden von der FAO ausgewiesen, sie zählen gemeinsam rund 20 Mio. Pferde, ein Anteil von 39 % im Vergleich zu den anderen Regionen der Welt. In der gesamten Region Lateinamerika und Karibik entfallen auf 1.000 Personen rund 34 Pferde. Über den gesamten Betrachtungszeitraum von 1990 bis 2019 blieb die Pferdepopulation relativ stabil und lag stets zwischen rund 19 Mio. und 21 Mio. Pferden. (Berechnung basierend auf FAO (2022b) und World Bank (2022b))

4.4.5.2.7 Nordamerika

Die Umfragen der Amerikanischen Veterinärmedizinischen Vereinigung (AVMA) von 1991 zeigten, dass alleine in den USA 52,5 Mio. Hunde und 57 Mio. Katzen gehalten wurden (Clancy und Rowan 2003). 2001 waren die Populationen um 17 % (Hunde) und 21 % (Katzen) angestiegen (ebd.). Zwischen 1991 und 2012 hat die Population der Hunde sogar um 33 % und die der Katzen um 30 % zugenommen (AVMA 2012). Die aktuellsten Zahlen für die Hundepopulation liegen zwischen 78,2 Mio. (Mars Petcare 2020b) und 83,7 Mio. (AVMA 2021).

Die Katzenpopulation nimmt auch nach wie vor zu, allerdings hat der Hund in den letzten Jahren die Katze als beliebtestes Haustier abgelöst. Im Gegensatz dazu ist die Katze noch immer das beliebtere Haustier in Kanada (GfK 2016). Derzeit liegen die Schätzung der Heimtierpopulationen in den USA bei rund 60 Mio. Katzen. Zu den insgesamt etwa 140 Mio. Hunden und Katzen kommen allein in den USA etwa 47,7 Mio. streunende, herrenlose Hunde und Katzen hinzu. (AVMA 2021; Mars Petcare 2020b)

Die Heimtierpopulation der USA pro 1.000 Personen belief sich 1991 auf 208 Hunde und 225 Katzen. Die Zahl der Hunde pro 1.000 Personen stieg im Jahr 2020 auf 254 und die der Katzen sank auf 182 (AVMA 2021; Clancy und Rowan 2003). Insgesamt besitzen heute mehr Haushalte ein Haustier, allerdings sank die Zahl der Haustiere pro Haushalt (AVMA 2021). Betrachtet man die Haushalte, die in Besitz eines Haustiers sind, so waren dies in den 90er Jahren etwa die Hälfte aller US-Haushalte (Olson und Moulton 1993), während heute bereits 70 % der Haushalte (90,5 Mio. Familien) ein Haustier besitzen (Insurance Information Institute 2022).

Zu den Schlüsselwachstumsfaktoren werden Haushalte mit mehreren Haustieren, eine alternde Bevölkerung, Verbraucher und Verbraucherinnen mit multikulturellem Hintergrund und Millennials, die die Haustieranschaffung als sogenannte „Testphase für eine spätere Familiengründung“ betrachten, gezählt (PRNewswire 2017).

Hinsichtlich der Pferdehaltung stehen die USA mit über 10,5 Mio. Pferden an erster Stelle aller Länder weltweit; auf 1.000 Einwohner*innen entfallen etwa 30 Pferde (eigene Berechnung basierend auf FAO (2022b), Weltbank 2021). Das in den USA anhaltende Wachstum der Pferdepopulation seit Mitte der 1960er Jahre geht zu großen Teilen auf den Pferdebesitz einzelner Haushalte mit verfügbarem Land zurück. Die Zunahme ist dabei hauptsächlich auf Erholungszwecke und weniger auf Einkommenszwecke zurückzuführen (Wang und Zou 2020).

4.4.5.2.8 Australien und Ozeanien

Auf Australien entfielen 2019 rund 29 Mio. Haustiere, darunter 5 Mio. Hunde und 3,8 Mio. Katzen. Mehr als 60 % aller Haushalte besaßen mindestens ein Haustier, wobei Hunde nicht nur die größte Anzahl ausmachten, sondern auch in über 40 % der Haushalte vertreten waren. Katzen befanden sich in 27 % aller Haushalte. (AMA 2019)

Ein Blick in die Vergangenheit Australiens zeigt, dass in den 90er Jahren nur rund 40 % aller Haushalte mindestens einen Hund besaß, während sich der Anteil der Haushalte mit Katzen ebenfalls bei 27 % befand. Außerdem waren, wie auch heute, Haustiere vorrangig im Besitz von Frauen. Insgesamt besaßen in den 90ern 58 % aller Haushalte ein Heimtier. (Headey 1999)

1994 lag die Zahl der Hunde bei 3 Mio. und die der Katzen bei 2,5 Mio. (ABS 1995). Damit sind die Populationen seit den 90er Jahren bis 2019 um knapp 60 % und 53 % gestiegen.

Auf Neuseeland fanden sich 2020 insgesamt 4,3 Mio. Haustiere, dabei ist die Katze nach wie vor am beliebtesten. Sie war in rund 41 % der Haushalte vertreten, wobei der Anteil innerhalb der letzten Dekade stetig abgenommen hat. Der Anteil der hundebesitzenden Haushalte hat indes im gleichen Zeitraum zugenommen und liegt heute bei rund 34 %. Insgesamt zählen die Populationen heute 1,2 Mio. Katzen und rund 850.000 Hunde (CANZ 2020).

Haustiere sind in Australien überwiegend in Familien mit Kindern und bei der jüngeren Bevölkerung (im Alter zwischen 18 – 24) anzutreffen. Ein Großteil der Heimtierbesitzer lebt im ländlichen Raum und in großen Häusern. In Neuseeland sind Katzen vor allem bei der jüngeren Bevölkerungsschicht beliebt, Hundebesitzer*innen sind meist 45 – 54 Jahre alt.

Beziehungsvorteile wie Liebe, Zuneigung und Kameradschaft sind bei weitem die häufigsten Gründe für die Anschaffung eines Haustiers sowohl in Australien als auch in Neuseeland.

Haustierbesitzer*innen sind überzeugt, dass der Vorteil im Besitz eines Haustieres in der Verbesserung ihres Lebens liegt, sie sich dadurch glücklicher fühlen und die psychische Gesundheit und das Wohlbefinden sich gesteigert haben. Sowohl Hunden als auch Katzen wird in über 60 % der Haushalte die Rolle als „Familienmitglied“ zugeschrieben. (AMA 2019; CANZ 2020)

Pferde werden in vielen Ländern dieser regionalen Gruppe gehalten. Die Datenbank der FAO enthält Angaben zu insgesamt zehn Ländern der Region Australiens und Ozeaniens über den gesamten Betrachtungszeitraum von 1990 bis 2019. Die Pferdepopulation 1990 betrug 474.000 und nahm bis 2019 um 22 % ab. Australien besaß zum Ausgangszeitpunkt rund 66 % aller Pferde in der Region, auch heute liegt der Anteil auf dem gleichen Niveau. Auf Neuseeland entfallen heute rund 20 %. (FAO 2022b)

Allerdings gehen Schätzungen davon aus, dass die domestizierte Pferdepopulation in Australien in den 90er Jahren bei etwa einer Million lag (Smyth und Dagley 2015), daher kann davon ausgegangen werden, dass die Gesamtpopulation heute auch um einiges höher ist, als die Daten der FAO ausweisen. Pferde werden, anders als die „klassischen“ Haustiere, oft auch zu anderen Zwecken gehalten, wie etwa für sportliche Aktivitäten (Rennen) oder als Arbeitstiere (WHW und E4A 2015). In Australien zeigten Studien, dass nur rund 5 % der Pferde für Rennen und 23 % für keinen bestimmten Zweck gehalten bzw. nicht für Aktivitäten in der Pferdeindustrie verwendet wurden. Pferde dienen stattdessen häufig dem Zweck der Erholung, als Begleittier und für die Freizeit. (Smyth und Dagley 2015)

4.4.5.3 Trends nach Einkommensgruppen

Haustiere gewinnen weltweit an Beliebtheit, regional sind Differenzierungen möglich, auf der Ebene der Einkommensgruppen ist eine Quantifizierung des möglichen Zusammenhangs zwischen Einkommen und Haustieraufkommen allerdings schwierig. Auf Grund der mangelnden Daten zu Haustieren, selbst für einkommensstarke Länder, ist es nicht möglich einen eindeutigen Trend für Einkommensgruppen abzubilden oder den Regionen eine Dynamik zu unterstellen. Folgendes haben wir anhand der verfügbaren Daten getestet:

- ▶ Neben Hunden und Katzen sind Pferde ein häufiges, wenn auch nicht klassisches Haustier. Pflege und Versorgung von Pferden ist mit großem Aufwand und Kosten verbunden. Außerdem haben sie einen größeren Bewegungsradius und nehmen damit große Flächen in Anspruch (Smyth und Dagley 2015; WHW und E4A 2015). Diese Faktoren setzen voraus, dass Pferdebesitzer*innen monetäre wie auch zeitliche Investitionen aufbringen müssen. Die Annahme, dass die Pferdehaltung mit dem Einkommen korreliert, wurde daher getestet. Allerdings muss hinzugefügt werden, dass die Daten der FAO mangelhaft sind. Es wurde, auf Grund der lückenhaften Daten für die aktuellsten Jahre 2018 und 2019, auf das Jahr 2017 zurückgegriffen. Das Ergebnis zeigte jedoch, dass kein signifikanter Zusammenhang besteht.
- ▶ Da sich aus der Datenlage der Regionen ein Zusammenhang zwischen dem Wachstum der Bevölkerung und dem Heimtierbesitz abzeichnete, wurde dieser Zusammenhang ebenfalls erprobt und als Proxy für die Heimtiere, die Pferdepopulationsdaten der FAO verwendet. Allerdings wurde auch hier kein signifikanter Zusammenhang festgestellt.

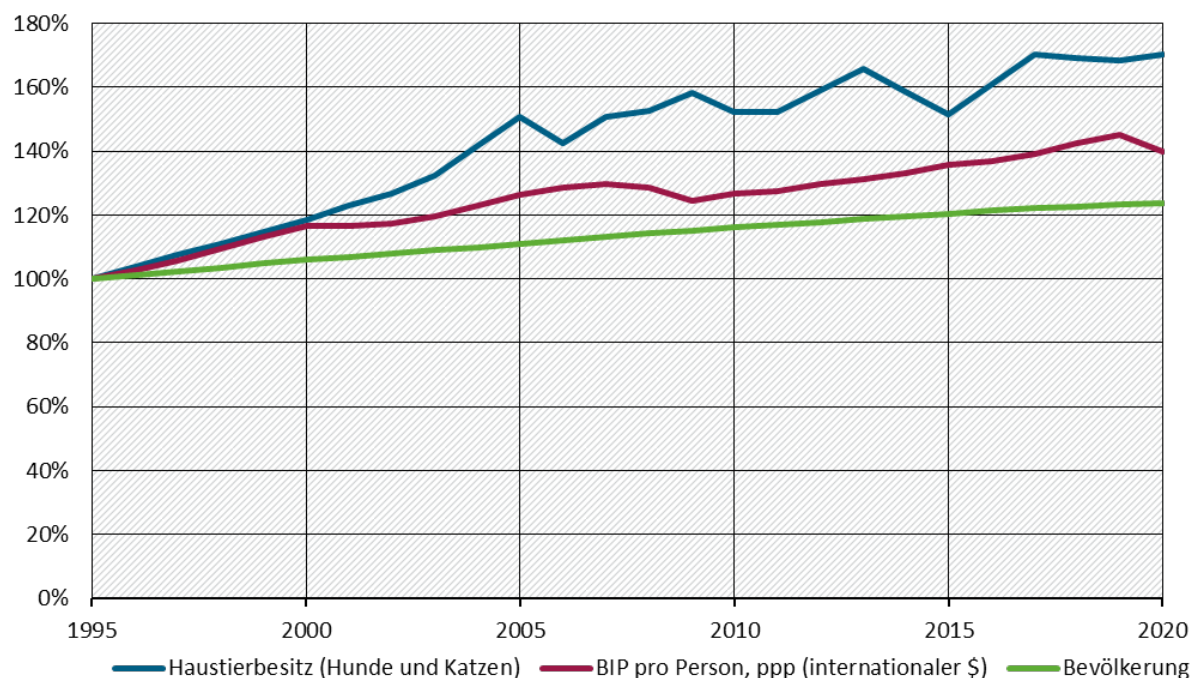
Wie die regionalen Beispiele zeigen, sind es oft variable Faktoren, wie (Wohn-)Fläche, Familienstatus, Alter, Wohlbefinden und soziale und gesellschaftliche Werte, die ausschlaggebend für die Anschaffung von Haustieren und auch Pferden sein können und sich

nicht ohne tieferegehende Analyse quantifizieren lassen. Studien gehen aber davon aus, dass Haushalte in höheren Einkommensklassen signifikant häufiger Hunde oder Katzen besitzen, als Haushalte in niedrigeren Einkommensklassen, dass aber beispielsweise das Alter einen größeren Zusammenhang mit dem Besitz eines Haustieres aufweist (Martins et al. 2013; Saunders et al. 2017).

4.4.5.4 Trends nach Einkommensdynamik bzw. Bevölkerungsentwicklung

Da auf Basis der Daten kein eindeutiger Zusammenhang des Einkommens der Länder mit dem Haustier- bzw. Pferdebesitz gezeigt werden konnte, ist es umso schwieriger, eine mögliche Korrelation der Einkommensdynamik mit dem Besitz von Haustieren darzulegen. Die längste Zeitreihe für Hunde und Katzen liegt für die USA vor.

Abbildung 85: Entwicklung des Einkommens, der Bevölkerung und des Haustierbesitzes in den USA seit 1995 (Indexiert, 1995=100)



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis von IBISWorld (2022) und World Bank (2022b; a)

Abbildung 85 verdeutlicht, dass sich bis zum Beginn der 2000er zunächst eine sehr ähnliche Wachstumsdynamik der Haustiere wie jene des BIP pro Person abzeichnete. Wie bereits erwähnt, kann das (steigende) verfügbare Einkommen der Konsument*innen in Zusammenhang mit dem Besitz von Katzen und Hunden gebracht werden (PRNewswire 2022; Scott 2022), dies ist allerdings nicht immer eindeutig und das Einkommen ist nur einer unter vielen Faktoren, die die Anschaffung eines Haustieres beeinflussen. Die Bevölkerung verzeichnete zwischen 1995 und 2020 ein jährliches durchschnittliches Wachstum von 0,9 % in den USA, das BIP rund 1,3 %. Die Haustierpopulationen sind jährlich im Durchschnitt mit 2,2 % gewachsen, der Gesamtzuwachs 2020 lag bei 70 % gegenüber dem Jahr 1995.

4.4.5.5 Zukünftige Entwicklung der Haustierpopulationen

Mittelfristig ist eine Zunahme der Haustierpopulation sehr wahrscheinlich. In Europa stieg die Haustierpopulation um rund 26 % in der letzten Dekade (Fediaf 2010, 2020), in Nordamerika

um rund 12 % (IBISWorld 2022). Alleine für Deutschland wird eine Zunahme der Hunde und Katzen um 2 % bis 2025 erwartet (ZZF 2016).

Die Heimtierhaltung ist in Deutschland, wie aus einer Studie des Marktforschungsinstituts GIM (Gesellschaft für innovative Marktforschung) hervorgeht, stark von demographischen Einflüssen wie etwa der Wohnsituation, dem Vorhandensein eines Gartens, der Haushaltsgröße und der Lebensphase geprägt. Zudem spielen auch sich verändernde gesellschaftliche Einstellungen und Werte eine Rolle bei der Entscheidung zur Heimtierhaltung. Faktoren wie dem Einkommen werden allerdings keine signifikanten Einflüsse eingeräumt. (ZZF 2016)

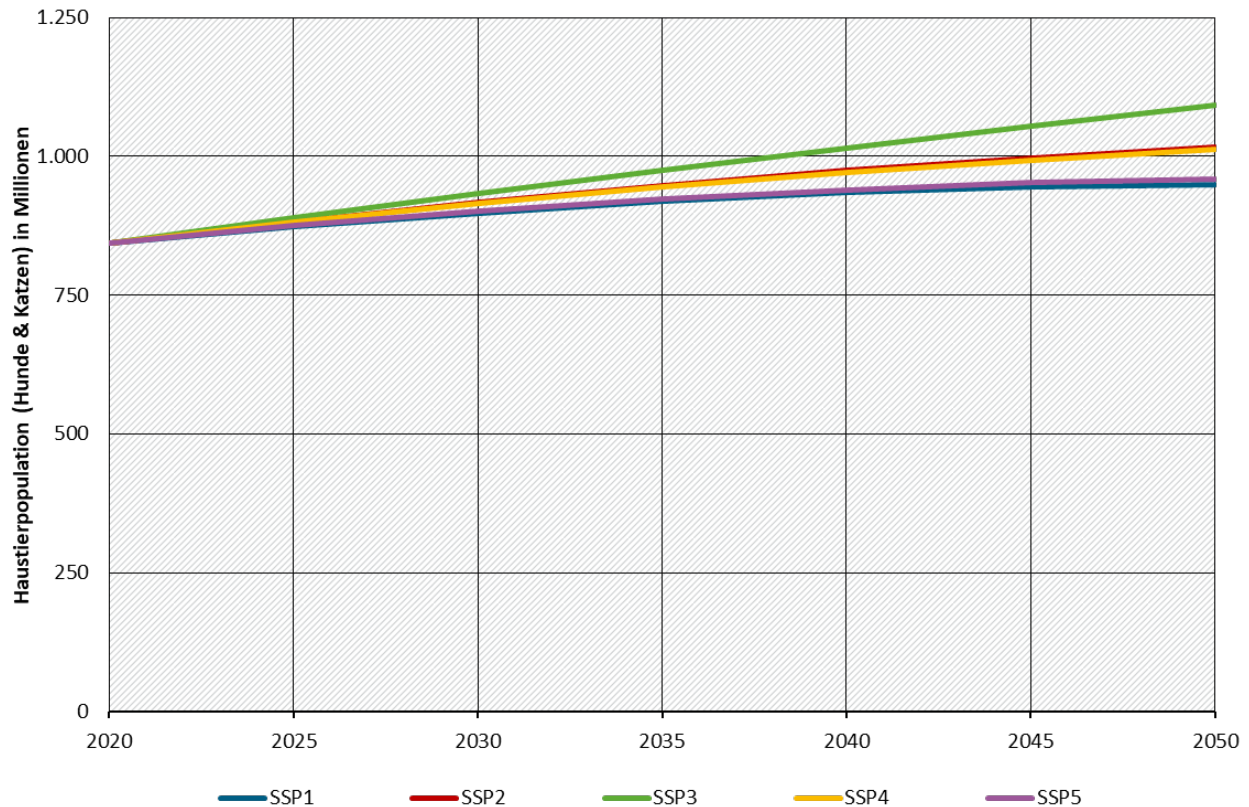
Es zeigt sich aber, dass weltweit die Ausgaben für Haustiere steigen, wie eingangs dargestellt (siehe Abbildung 84). Dadurch, dass Haustiere immer mehr wie Familienmitglieder behandelt werden, steigt auch die Nachfrage nach qualitativ hochwertiger Tiernahrung (PRNewswire 2022).

Möglichkeiten der zukünftigen Abschätzung der Haustierpopulationen sind auf Grund der mangelnden Daten allerdings eingeschränkt. Wie die diversen regionalen Beispiele zeigen, wird die Haustierpopulation weltweit stark vom demographischen Wandel als einem der Hauptfaktoren beeinflusst. Es liegt deshalb nahe, eine Schätzung für 2050 an die SSP-Szenarien zum zukünftigen Wachstum der weltweiten Bevölkerung anzulehnen.

Die Daten zu den derzeitigen Haustierpopulationen weisen große Spannweiten auf. So beziffern einige Quellen die gesamte Hundepopulation weltweit auf 700.000 bis zu 1 Mrd. Davon sind jedoch mehr als 70 % als „streunend“ einzustufen. (Belsare und Vanak 2020; Smith et al. 2019; World Animal Protection o.J.)

Beispielhaft wurde daher die Gesamtpopulation von Hunden und Katzen weltweit mit 373 Mio. Katzen und 471 Mio. Hunden (Statista 2019a) angenommen und mit den IIASA-WiC Bevölkerungs-Projektionen (KC und Lutz 2017; Riahi et al. 2017) unterlegt. Das Ergebnis zeigt, dass die Werte für 2050 zwischen rund 950 Mio. Haustieren (SSP1) und 1,09 Mrd. Haustieren (SSP3) weltweit erreichen. Das mittlere Szenario (SSP4) erreicht einen Wert von 1,01 Mrd. Haustieren (siehe Abbildung 86).

Abbildung 86: Zukünftige Szenarien der Haustierpopulation (Katzen und Hunde) bis 2050



Quelle: eigene Berechnung auf der Basis von Statista (2019a) und den IIASA-WiC Bevölkerungs-Projektionen (KC und Lutz 2017; Riahi et al. 2017); Anmerkung: Es liegen keine ausreichenden Daten über die historische Haustierpopulation weltweit von 1990 bis 2020 vor um den historischen Zeitraum abzubilden, weshalb an dieser Stelle auf diese Betrachtung verzichtet wurde. Daten von Statista für das Jahr 2018 wurden für 2020 übernommen.

Eine weitere Überlegung bezüglich der zukünftigen Haustierpopulationen basiert auf der Übertragung des Verhältnisses zwischen Haustieren und der Bevölkerung Deutschlands auf die prognostizierte zukünftige Bevölkerung weltweit. Derzeit (2020) entfallen auf Deutschland rund 26 Mio. Hunde und Katzen (IVH 2021a). Bei einer zukünftigen Weltbevölkerung von zwischen 8,5 Mrd. und 9,9 Mrd. (KC und Lutz 2017; Riahi et al. 2017) und dem gleichen Anteil an Hunden und Katzen wie heute, könnte die Heimtierpopulation 2050 zwischen 2,7 Mrd. und 3,2 Mrd. erreichen, das entspräche rund 1,6 Mrd. bis 1,9 Mrd. Katzen und 1,1 Mrd. bis 1,3 Mrd. Hunden. Diese Zahlen liegen weit über den durch die SSP-Szenarien errechneten Hunde- und Katzenpopulationen im Jahr 2050. Daher wurden für die Berechnung der Umweltwirkungen die eigene Berechnung auf der Basis von Statista (2019a) genutzt.

4.4.5.6 Umweltwirkungen

Im Arbeitspaket 2 wurde der durchschnittliche Hund, ein Labrador von 29 kg, festgelegt, der etwa 2,5 % seines Gewichtes täglich, pro Jahr also rund 265 kg (Nassfutter) frisst. Eine Katze von durchschnittlich 4,2 kg frisst rund 6 % des eigenen Gewichts, was pro Jahr rund 92 kg entspricht. (Annaheim et al. 2019)

Zur Berechnung der Umweltwirkungen in 2050 wurde der Anteil der Katzen und Hunde an der gesamten Haustierpopulation von Statista (2019a) übernommen. Demnach entspricht der Anteil der Katzen heute 44 %; selbiger Anteil wird für 2050 angenommen.

Tabelle 44: Umweltwirkungen von Haustieren (bzw. Haustierfutter) heute und 2050 weltweit

Planetare Grenze	Kontrollvariable	Umweltwirkung			Grenzwert/ Budget ⁴⁸	Künftiger Anteil an PG	
		Heute (2019)	Ohne tech. Änd. 2050 (SSP5)	Mit tech. Änd. nach Green-Supreme 2050 (SSP2)		2050 (SSP5)	Green Supreme (SSP2)
Klimawandel	CO ₂ [Gt/a]	0,35	0,40	0,01	1,2 – 1,5	31,2 %	0,47 %
Landnutzung	Waldverlust [km ²]	94,9	107,9	81,3	5.130.000	0,00 %	0,00 %
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [t/a]	90,9	103,3	85,4	6.200.000	0,00 %	0,00 %
	Stickstoff [Mio. t/a]	0,60	0,69	0,46	62	1,1 %	0,73 %
Süßwasser	Süßwasser [Mrd. m ³ /a]	9,7	11,0	10,1	4.000	0,27 %	0,25 %

Quelle: eigene Berechnungen von ifeu und ecoinvent sowie Darstellung auf der Basis von Steffen et al. (2015) und Dittrich et al. (2020a, 2021a).

Die Umweltwirkungen, die bezogen auf das Konzept der Planetaren Grenzen relevant sind, sind in Tabelle 44 zu sehen. Durch die Umweltwirkungen, die bei der Herstellung des Futters von Haustieren anfallen, werden heute innerhalb eines Jahres rund 0,35 Gt CO₂ freigesetzt.

Werden keine technischen Änderungen aus dem Green Supreme Szenario (Dittrich et al. 2020a) unterlegt, so steigen die Umweltwirkungen (SSP5) im Jahr 2050 um rund 14 % gegenüber heute an. Bei Unterlegung der technischen Änderungen des GreenSupreme-Szenarios sinken im Jahr 2050 (SSP2) im Vergleich zu heute die CO₂-Emissionen um 98 %, der Waldverlust um 14 %, die Phosphor- und Stickstoffflüsse um 6 % und 25 %. Allerdings steigt die Inanspruchnahme des Süßwasserbudgets um 4 % im Vergleich zu heute.

Heute werden durch die Umweltwirkungen, die vom Haustierfutter ausgehen, rund 30 % des CO₂-Budgets 2050 verbraucht. Im Jahr 2050 könnte sich auf Grund der sinkenden Umweltwirkungen der Anteil der Inanspruchnahme des jährlichen Budgets auf rund 0,5 % reduzieren (SSP2, einschl. technischer Änderungen) bzw. auf 31 % des Budgets erhöhen (SSP5, ohne technische Änderungen).

Bei Betrachtung der global noch zur Verfügung stehenden Waldfläche nimmt das Futter für die Haustiere heute 0,0019 % des verbleibenden Waldbudgets pro Jahr in Anspruch. Im Jahr 2050 könnte die Inanspruchnahme einen Anteil von 0,0021 % (SSP5, ohne technische Änderungen) bzw. 0,0016 % (SSP2, einschl. technischer Änderungen) des Gesamtbudgets betragen.

⁴⁸ Budget aus heutiger Sicht. Die Grenzwerte werden für 2050 übernommen. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass die Grenzwerte sich verändern können, bspw. durch eine hohe Akkumulation der Grenzwertüberschreitungen in den vorangegangenen Jahren.

Bei den Grenzwerten der biogeochemischen Flüsse nimmt die Haustierfütterung derzeit 0,0015 % des jährlichen Phosphorbudgets und 0,98 % des jährlichen Stickstoffbudgets in Anspruch. Werden keine technischen Änderungen (und SSP5) unterstellt, steigen die Anteile am Phosphorbudget im Jahr 2050 auf 0,0017 % und am Stickstoffbudget auf 1,1 %. Werden technische Änderungen (und SSP2) berücksichtigt, so fallen die Anteile im Jahr 2050 auf 0,0014 % des Phosphorbudgets bzw. 0,7 % des Stickstoffbudgets.

Beim Süßwasser liegt der Grenzwert bei 4.000 km³ pro Jahr (Steffen et al. 2015). Durch die Haustierhaltung 2050 würden zwischen 0,27 % (SSP5, keine technischen Änderungen) und 0,25 % (SSP2, technische Änderungen im Green Supreme Szenario) des jährlichen Süßwasserbudgets aufgebraucht werden.

4.4.5.7 Zwischenfazit

Haustiere sind fester Bestandteil in unseren heutigen Haushalten, insbesondere Hunde und Katzen erfreuen sich steigender Beliebtheit. Während der Corona-Pandemie steigerte sich das öffentliche Interesse und damit die Nachfrage nach Haustieren deutlich. Seit den 1990er haben die Haustierpopulationen (Katze und Hunde, teilweise auch Pferde) in den verschiedenen Weltregionen zugenommen. Die Zunahmen lassen sich allerdings nur schwer beziffern. Gleichzeitig ist nicht immer eine klare Abgrenzung zwischen „Nutztieren“ und Haus- bzw. Heimtieren möglich. Außerdem fällt oft ein Großteil der „Haustiere“ aus den statistischen Erhebungen, da es sich um streunende, herrenlose Hunde und Katzen handelt.

Gründe für die Anschaffung von Haustieren sind divers und umfassen etwa zu erwartende Beziehungsvorteile wie Liebe, Zuneigung und Kameradschaft. Während in Europa ein Leben in ländlichen Gebieten und Haushalte mit Kindern mit der Hundehaltung korrelieren, werden beispielsweise in Lateinamerika Haustiere vor allem von Einzelpersonen und Familien, die in urbanen Räumen leben, gehalten. Zu den Schlüsselwachstumsfaktoren der Haustierpopulationen zählen unter anderen eine junge Generation, die die Familiengründung hinauszögert, eine alternde Bevölkerung und Schwellenländer, in denen wachsende Mittelschicht und steigender Wohlstand die Haustierhaltung beflügelt haben.

Steigt die Anschaffung von Haustieren in Anlehnung an das Bevölkerungswachstum, so werden im Jahr 2050 weltweit bis zu 30 % mehr Haustiere in den Haushalten anzutreffen sein. Die Haustierpopulationen von Katzen und Hunden lägen im Jahr 2050 somit zwischen rund 950 Mio. und 1,09 Mrd. Tieren.

Mit zunehmender Größe des Haustiers und dem damit einhergehenden Futterbedarf steigen allerdings auch die Umweltbelastungen. Diese werden in Bezug zu den meisten Umweltwirkungen (außer der Inanspruchnahme von Süßwasser) niedriger ausfallen, wenn ambitionierte technische Änderungen unterstellt werden.

4.4.6 Repräsentatives Gut 6: Baumwolle

Die Baumwollpflanze (*Gossypium*) gehört zur Familie der Malvengewächse (*Malvaceae*) und ist eine strauchig oder baumförmig wachsende Pflanze mit Fruchtkapseln, aus welcher die faustgroßen Wollbauschen hervortreten (Spektrum o.J.). Die Wollbauschen setzen sich aus den weißen, teilweise auch gelblich-bräunlichen Samenhaaren, der eigentlichen Baumwolle, zusammen (welche zu 90% aus Cellulose besteht) (ebd.). Baumwollpflanzen wachsen in subtropischen bzw. ariden und semiariden Regionen, sowohl auf der nördlichen als auch der südlichen Hemisphäre (Jabran et al. 2019). Der Großteil der Baumwollproduktion findet heute allerdings nördlich des Äquators statt (OECD und FAO 2021). Die Kultivierung der Baumwolle nimmt eine Fläche von rund 30 Millionen Hektar ein, das entspricht mehr als 2 % der weltweiten Ackerfläche. In über 80 Ländern wird Baumwolle angebaut; jährlich werden etwa 25 Millionen Tonnen Baumwolle geerntet (CBI 2020).

Baumwolle ist eine alte Kulturpflanze, die von vier verschiedenen Zivilisationen unabhängig domestiziert wurde. Archäologische Funde deuten darauf hin, dass die früheste Baumwollart im Indus-Tal im Gebiet des heutigen Pakistans durch die Harappa-Zivilisation⁴⁹ kultiviert wurde. Als weiteres Ursprungszentrum gilt das Tehuacan-Tal (heutiges Mexiko). (Jabran et al. 2019)

Viele Teile der Baumwollpflanze sind nützlich: Die Samen sind wertvoll für die Gewinnung von Öl, Nebenprodukte wie etwa der Baumwollsaatkuchen können als Tierfutter und zur Herstellung von Biokraftstoffen verwendet werden, und die Baumwoll-Linters (kurze, nicht verspinnbare Baumwollfasern) werden vorrangig zur Herstellung von Zellulose für die Kunststoffindustrie verwendet und finden Anwendung in der Herstellung von Sprengstoffen. Die Fasern sind die wichtigste Rohstoffquelle für die Herstellung von Textilien, darunter Kleidungsstücke, Handtücher, Teppiche, Laken oder auch Kaffeefilter, Bucheinbände und Archivpapier. (Amanet et al. 2019; Jabran et al. 2019)

In den letzten zwei Jahrhunderten dominierte die Baumwollfaser auf dem globalen Textilmarkt. Bis in die 1960er Jahre bestanden mehr als zwei Drittel aller weltweit verwendeten Textilfasern aus Baumwolle (Krifa und Stevens 2016). Mit dem Aufkommen und der rasanten Entwicklung der petrochemischen Synthetikfasern wie Polyester schrumpfte der Marktanteil von Baumwolle deutlich (ebd.). Heute zählt Baumwolle nach wie vor zu den am häufigsten genutzten Naturfasern in der Textilindustrie. Weltweit stellen Baumwollfasern etwa 30 % aller im Textilsektor verwendeten Fasern dar (CBI 2020; CottonUP 2018). Innerhalb des Textilsektors wird die Baumwollnutzung vom Bekleidungssektor dominiert, der fast zwei Drittel der weltweit produzierten Fasern verbraucht, gefolgt von Heimtextilien und Industrietextilien mit weniger als 10 % (Krifa und Stevens 2016).

Der konventionelle Anbau der Baumwolle verursacht eine Reihe von ökologischen und sozialen Problemen. Die Umweltauswirkungen des Baumwollanbaus gehen unter anderem auf den hohen Verbrauch von Süßwasser und Flächen zurück. Zudem kommen beim Anbau der Baumwolle weltweit viele Chemikalien (Pestizide, Düngemittel, Wachstumsregulatoren etc.) zum Einsatz, die in Böden und Grundwasser eingetragen werden und so negative Auswirkungen auf Wasserversorgung, natürliche Ökosysteme und Biodiversität haben (Paulitsch et al. 2004; Textile Exchange 2022). Zugleich gefährden die Agrochemikalien im konventionellen Baumwollanbau die Gesundheit der Landwirt*innen (EJF 2007).

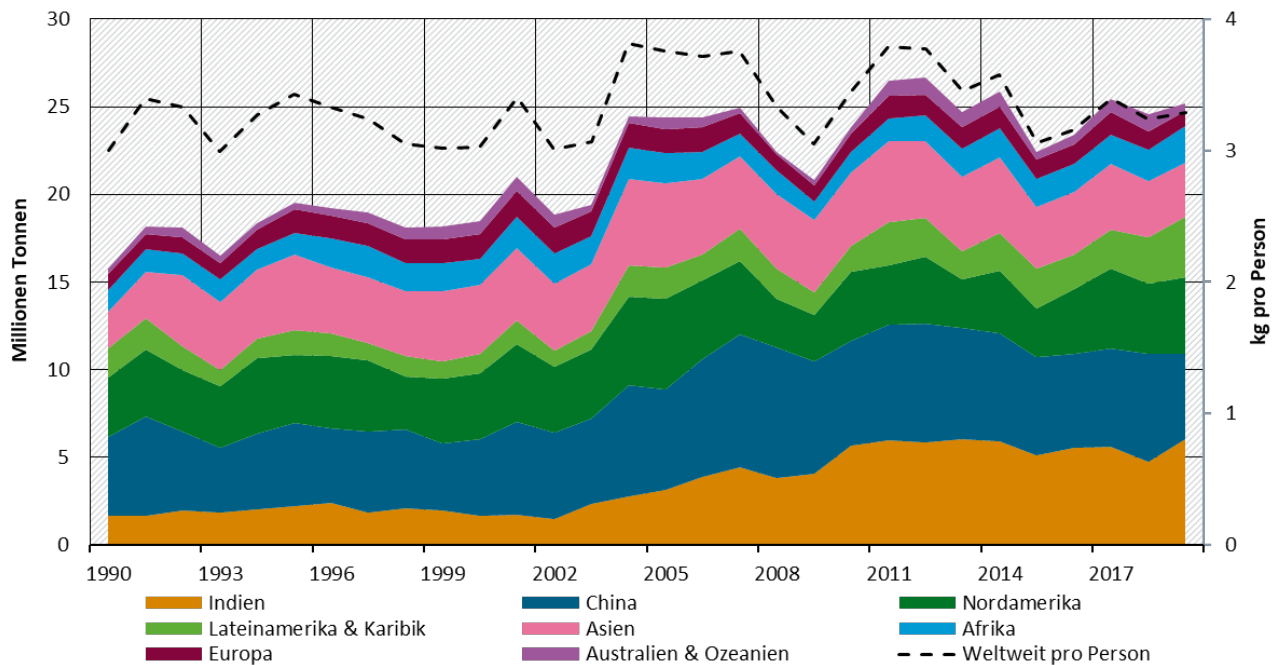
⁴⁹ Die Harappa- oder auch Indus-Zivilisation war eine der frühesten, städtischen Zivilisationen der Bronzezeit (harappa.com 2022).

4.4.6.1 Entwicklungen der Nachfrage nach, Produktion und Nutzung von Baumwolle

Weltweit wurden 2019 etwa 25 Mio. Tonnen Baumwollfasern produziert. Die wichtigsten Produktionsländer sind Indien, China, die USA, Brasilien und Pakistan. Allein diese Länder produzieren mehr als drei Viertel der weltweiten Baumwolle. (OECD und FAO 2021)

Seit 1990 stieg die Baumwollproduktion global um beinahe 60 %. Für 2019 liegt die weltweit produzierte Baumwollfasermenge bei über 3 kg pro Person (siehe Abbildung 87).

Abbildung 87: Weltweite Baumwollfaserproduktion nach Regionen und Produktionsmenge pro Person, 1990 – 2019

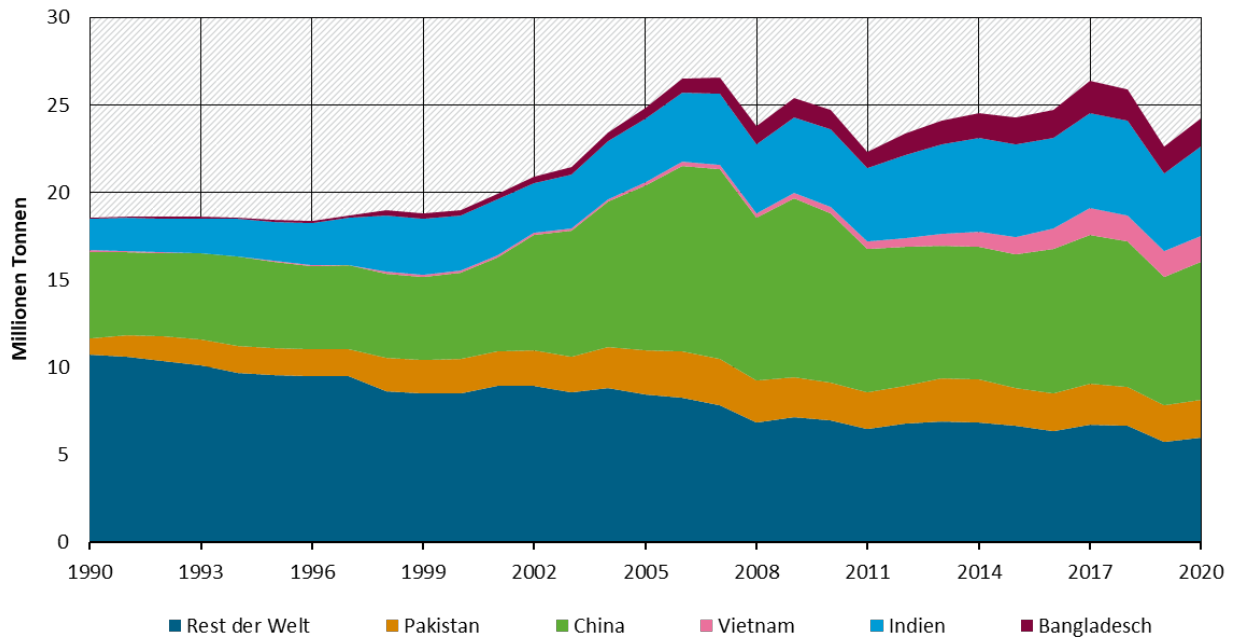


Quelle: eigene Darstellung auf der Basis von FAO (2022b); Anmerkung: Die Daten beziehen sich auf die rohen Fasern ohne dem Baumwollkern und (kurzen) Baumwollfasern.

Beim weltweiten „Konsum“⁵⁰ von Baumwollfasern sind China, Indien, Pakistan, Vietnam und Bangladesch die Spitzenreiter; zusammen verbrauchen ihre Spinnereien über 40 % der weltweiten Baumwollfasern (siehe Abbildung 88). Global erreichte der Baumwollkonsum 2007 einen Höchststand von 26,6 Mio. Tonnen und ist seither leicht gesunken. Insgesamt liegt der Verbrauch von Baumwollfasern 2020 bei rund 24 Mio. Tonnen. Der weltweite Pro-Kopf-Verbrauch von Baumwollfasern hat sich im Laufe der Zeit leicht vermindert. 2020 lag der Pro-Kopf-Verbrauch bei rund 2,99 kg pro Kopf. (OECD und FAO 2021)

⁵⁰ Die Daten der FAO/OECD spiegeln hier den Verbrauch der Baumwollspinnereien wider.

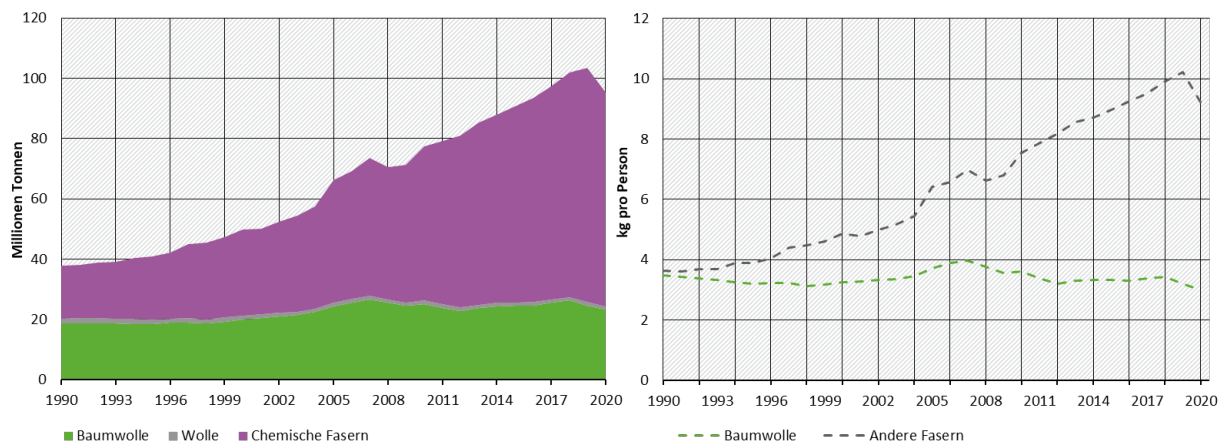
Abbildung 88: Globaler Baumwollfaserverbrauch der Spinnereien, 1990 – 2020



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis von OECD und FAO (2021)

Die Spinnereinsatzung hängt stark von der weltweiten Nachfrage nach Textilien und von der Konkurrenz durch Ersatzstoffe, wie zum Beispiel Polyester und andere synthetische Fasern, ab. Während in den vergangenen Jahrzehnten die weltweite Nachfrage nach Textilfasern insgesamt stark gewachsen ist, zeichnet sich, wie Abbildung 89 zeigt, die steigende Nachfrage in den Daten der Baumwollfasern kaum ab, denn der größte Teil der Nachfrage wurde in den letzten 30 Jahren zunehmend durch synthetische Fasern gedeckt. (OECD und FAO 2021)

Abbildung 89: Entwicklung der weltweiten Faser-Nachfrage, 1960 – 2020



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis von OECD und FAO (2021)

Die größten Baumwollexporteure weltweit waren im Jahr 2019⁵¹ die USA (3,5 Mio. Tonnen), Brasilien (1,6 Mio. Tonnen) und Indien (616.000 Tonnen). Beim Import steht China an der Spitze

⁵¹ nach Gewicht; Code: 5201 – Cotton; not carded or combed

(1,8 Mio. Tonnen), gefolgt von Vietnam (1,3 Mio. Tonne) und der Türkei (946.000 Tonnen) (UN Comtrade 2022).

Exkurs: Nachhaltige Baumwolle

Als nachhaltige Baumwolle wird Baumwolle bezeichnet, die mit dem bewussten Versuch angebaut wird, Umweltauswirkungen zu begrenzen und Lebensgrundlagen und Gemeinschaften der Produzent*innen zu unterstützen. Zu den Umweltvorteilen des nachhaltigen Baumwollanbaus zählen unter anderem die Verbesserung der Bodengesundheit, der Erhalt der Biodiversität und die Reduzierung des Einsatzes von Wasser, chemischen Düngemitteln und Pestiziden. Soziale und wirtschaftliche Aspekte umfassen beispielsweise die Förderung menschenwürdiger Arbeit für Landwirt*innen, Arbeitnehmer*innen und Gemeinden, die Unterstützung von Landwirt*innen bei der Steigerung ihrer Rentabilität und die Stärkung des Vertrauens der Verbraucher*innen. Bio-Baumwolle stellt eine Untergruppe nachhaltiger Baumwolle dar, für die strengere Anforderungen gelten als für nachhaltige Baumwolle. Bio-Baumwolle muss ohne den Einsatz von gentechnisch verändertem Saatgut, Insektiziden und Pestiziden angebaut werden. (CBI 2020; Willer et al. 2022)

Der Anteil nachhaltig produzierter Baumwolle ist weltweit seit 2010 stetig angestiegen und erreichte 2018 einen Anteil von 25 %. Unter den bestehenden Standards dominiert die *Better Cotton Initiative* weltweit (rund 45 % der nachhaltig produzierten Baumwolle), gefolgt von der *Responsible Brazilian Cotton Initiative* (mit 35 %). (OECD und FAO 2021)

Es ist schwierig, die inländische Endverwendung von Textilien (und deren Baumwollanteil) in jedem Land bzw. in den einzelnen Regionen abzuschätzen. Während die Baumwollernte in den meisten Ländern einmal im Jahr stattfindet, findet der Verbrauch das ganze Jahr über statt. In großen Verbraucherländern ist der Baumwollverbrauch auf viele Spinnereien verteilt, was die Datenerhebung zusätzlich erschwert. Ein Teil der Baumwolle wird außerdem außerhalb der Spinnereien verbraucht, zum Beispiel auf Farmen. Da Baumwolle ein Input für den industriellen Spinnprozess ist, wird ihr Verbrauch seltener gemessen als der Output. (ICAC 2011)

Die Wertschöpfungskette eines typischen Kleidungsstücks durchläuft nicht selten mehrere Länder und sogar Kontinente. Beispielsweise kann die Baumwolle für ein Hemd in Griechenland angebaut, in der Türkei zu Garn gesponnen, in Indien zu Stoff gewebt, in Bangladesch genäht und bei einem Einzelhändler in Deutschland gekauft worden sein (Köhler et al. 2021). Es ist daher schwierig, die Wertschöpfungskette vom Anbau der Baumwolle bis hin zum fertigen Produkt und dessen Verbleib umfassend und vollständig zu analysieren.

4.4.6.2 Regionale Trends nach Kontinenten

4.4.6.2.1 Afrika

Zwischen 1990 und 2019 stieg die Baumwollproduktion in Afrika um fast 72 % an (FAO 2022b). In Afrika werden mit rund 2 Mio. Tonnen rund 8 % (2019) der globalen Baumwollfasern produziert. Die größten Mengen werden in Benin, Mali, Burkina Faso und Côte d'Ivoire (Elfenbeinküste) erzielt. Die Länder Benin und Mali produzieren 15 bzw. 14 % der gesamten in Afrika produzierten Baumwolle. Auf Burkina Faso und Côte d'Ivoire entfällt ein Anteil von 12 und 10 %. (FAO 2022b)

Baumwolle wird im Allgemeinen von Kleinbauern angebaut und stellt eine wichtige Einnahmequelle dar. Insgesamt 37 der 54 afrikanischen Länder produzieren Baumwolle (Amanet et al. 2019). Subsahara-Afrika verzeichnete 2019/20 das größte Wachstum in der Produktion nachhaltiger Baumwolle vor allem auf Grund der Ausweitung von Projekten in

Tansania und Uganda. In der Region werden inzwischen sieben Prozent der globalen nachhaltig produzierten Baumwolle produziert. (Willer et al. 2022)

Gemessen am Handelsvolumen weist Ägypten die größten Importe von Baumwollfasern Afrikas aus. Wird nur der Handel mit Textilien⁵² betrachtet, importierten die Länder Tunesien, Marokko und Madagaskar allein 44 % der Textilien Afrikas. (UN Comtrade 2022)

Afrika ist nicht nur Produzent, sondern oftmals auch das letzte Glied der Wertschöpfungskette der Textilbranche: 45 % aller weltweit gespendeten Kleidungsstücke landen in den Händen von gewinnorientierten Händlern, davon 70 % in Afrika. Kenia beispielsweise importierte im Jahr 2017 getragene Kleidung im Wert von 133 Millionen US-Dollar aus Kanada, Europa und China und brachte damit praktisch die einheimische Textilindustrie zum Erliegen. (Yamama 2021)

4.4.6.2.2 Asien

In Asien wurden 2019 über 3 Mio. Tonnen Baumwollfasern produziert, etwa 12 % der globalen Baumwollproduktion. In den Ländern Pakistan, Usbekistan und Turkmenistan werden rund 80 % der in Asien produzierten Baumwolle angebaut. Pakistan ist der fünftgrößte Baumwollproduzent weltweit. (FAO 2022b)

In Pakistan bauen etwa 1,3 Millionen Bauern Baumwolle auf etwa 3 Millionen Hektar an, das entspricht einem Anteil von 15 % der gesamten Anbaufläche des Landes. In der jüngsten Vergangenheit verzeichnete die Baumwollproduktion in Pakistan allerdings einen Rückgang auf Grund des Klimawandels. Unregelmäßige Niederschläge und drastische Temperaturschwankungen während der Baumwollanbauzeit waren die Hauptgründe für den Rückgang in der Baumwollproduktion. (Ali et al. 2019)

In Usbekistan ist Baumwolle gemessen an der Anbaufläche die bevorzugte Kulturpflanze, sie wurde noch vor einem Jahrzehnt auf über 90 % der Anbaufläche kultiviert. Zu diesem Zeitpunkt wurden in Usbekistan noch etwa 1,1 Mio. Tonnen Baumwolle produziert und das Land stellte den zweitgrößten Exporteur der Welt dar (11 % des weltweiten Baumwollexports) (Kahriz et al. 2019). Seit Anfang der 90er Jahre ist die Produktionsmenge jedoch rückläufig und hat um fast 40 % abgenommen. Ähnliche Entwicklungen sind in den meisten baumwollproduzierenden Ländern Asiens zu beobachten. Allerdings finden sich auch gegenläufige Entwicklungen in Ländern wie Myanmar (+295 %), Jemen (+282 %) und Kasachstan (+ 50 %), in denen die Baumwollproduktion über den Beobachtungszeitraum zugenommen hat. Mit Blick auf die gesamte regionale Gruppe ist die Baumwollproduktion um 49 % gestiegen. (FAO 2022b)

Länder wie Bangladesch, Vietnam und Indonesien erlebten ein starkes Wachstum ihrer Textilindustrie, basierend auf einem Überfluss an Arbeitskräften, niedrigen Produktionskosten und staatlichen Unterstützungsmaßnahmen. Darüber hinaus führte der Handelsstreit zwischen den USA und China zu einer Ausweitung der Baumwollspinnereien in Bangladesch und Vietnam. Im Falle Vietnams wurde diese Entwicklung zusätzlich durch den Beitritt zur Welthandelsorganisation im Jahr 2007 und durch ausländische Direktinvestitionen chinesischer Unternehmer vorangetrieben. Das schnelle Wachstum der Baumwollproduktion und des -verbrauchs in diesen Ländern wird sich voraussichtlich fortsetzen. (OECD und FAO 2021)

Die Baumwollindustrie in den asiatischen Ländern zeigt große Schattenseiten. Anfang der 2000er Jahre wies die internationale Krisengruppe (International Crisis Group) in einem Bericht auf die zentralen Probleme hin. Demnach trägt die Baumwollindustrie zur politischen

⁵² Gewebe aus Baumwolle mit einem Baumwollanteil von 85 % oder mehr, comtrade code: 5208/5209

Repression, wirtschaftlichen Stagnation, weit verbreiteten Armut und zur Umweltzerstörung bei. (International Crisis Group 2005)

Dennoch steigt der Baumwollverbrauch in den asiatischen Staaten an. Einige Länder ergriffen in den letzten Jahren einstweilig Maßnahmen wie Exportverbote, um inländische Lieferungen für die aktive Veredelung und nachgelagerte Exporte (z. B. Baumwollgarn, Stoffe und Kleidungsstücke) zu sichern. (textile network 2020)

4.4.6.2.3 China

China steht mit einer jährlichen Baumwollproduktion von derzeit (2019) etwa 4,9 Mio. Tonnen weltweit an zweiter Stelle (nach Indien). In China werden 19 % der global produzierten Baumwolle angebaut. Seit 1990 hat die Baumwollproduktion einen Zuwachs von insgesamt 8,5 % zu verzeichnen, sie ist allerdings seit 2008 wieder gesunken (FAO 2022b).

2011 kam es zu einem Preisanstieg der Baumwolle, weshalb China eine „Politik des Aufkaufs“ eines Großteils seiner heimischen Produktion (zu Preisen weit über dem globalen Preis) und der Einlagerung der Baumwollballen in staatliche Reserven einführte: Ziel war es, stabile Preise zu garantieren und den Zugang zu „billiger“ Baumwolle zu sichern (Lauriat 2014). Die künstlich höheren Preise hatten auf der Nachfrageseite zu einer Verlagerung von Baumwolle zu synthetischen Fasern geführt. Der Rückgang der Baumwollnachfrage brachte auch strukturelle Veränderungen mit sich: höhere Arbeitskosten und strengere Arbeits- und Umweltvorschriften, die eine Verlagerung der Industrie in andere asiatische Länder, insbesondere Vietnam und Bangladesch, provozierten. In den letzten Jahren ist der Fabrikverbrauch wieder gestiegen, unter anderem weil die Baumwolle im Vergleich zu Polyester wieder wettbewerbsfähiger geworden ist. Für die nächste Dekade wird von einem leicht steigenden chinesischen Spinnereiverbrauch ausgegangen. (OECD und FAO 2021)

Weltweit ist China der größte Baumwollimporteur (UN Comtrade 2022) und war seit den 1960er Jahren der weltweit größte Verbraucher von Baumwolle (OECD und FAO 2021). China ist selbst ein bedeutender Konsument von Textilien, weshalb oft geschlussfolgert wird, dass Chinas Binnennachfrage nach Baumwolltextilien größer ist als seine Exporte (MacDonald 2007a). In den letzten Dekaden fanden jedoch große Verschiebungen statt, da die Garnproduktion nach und von China in andere asiatische Länder verlagert wurde. (OECD und FAO 2021)

4.4.6.2.4 Indien

In Indien lag die Baumwollproduktion 2019 mit über 6 Mio. Tonnen weltweit am höchsten; damit produziert Indien etwa 24 % der globalen Baumwolle. Seit 1990 hat die Baumwollproduktion im Vergleich zu den anderen betrachteten Regionen am stärksten zugenommen und zwar um rund 260 %. 2019 war Indien nach den USA und Brasilien das drittgrößte Exportland für Baumwolle. (FAO 2022b)

Der Baumwollanbau sichert den Lebensunterhalt von fast 60 Millionen Menschen in Indien durch die direkte oder indirekte Beschäftigung in der baumwollverarbeitenden Industrie und in Nebenindustrien. Die Kulturpflanze nimmt daher im Land eine große Bedeutung ein. Darüber hinaus ist Baumwolle ein wichtiges Kulturgut für Verbraucher*innen und daher ein bevorzugter Rohstoff der Textilindustrie, auch im Vergleich zu künstlichen, synthetischen Textilfasern. (Blaise und Kranthi 2019)

Da Baumwolle eine so wichtige Rolle in der indischen Wirtschaft spielt und die Textilindustrie einer der größten Arbeitgeber in Indien darstellt, wird erwartet, dass die Unterstützung des

Sektors in Indien zu einem kontinuierlichen Wachstum der Baumwollproduktion und -spinnereien führen wird. (OECD und FAO 2021)

4.4.6.2.5 Europa

Derzeit wird in drei EU Ländern Baumwolle produziert. Griechenland ist mit rund 80 % der europäischen Baumwollfläche der größte Baumwollproduzent, gefolgt von Spanien (hauptsächlich in der Region Andalusien) mit einem Anteil von rund 20 %. Bulgarien produziert Baumwolle auf weniger als 1.000 ha und damit auf gerade einmal 0,3 % der europäischen Anbaufläche (Europäische Kommission o.J.). Auch in der Türkei und in Albanien wird Baumwolle produziert. Werden die Daten der FAO zu Grunde gelegt, steht die Türkei mit über 70 % der gesamten Produktionsmenge Europas an erster Stelle. Griechenland produziert rund 24 % der europäischen Baumwollfasern und Spanien 5 %. (FAO 2022b)

Insgesamt wurden in Europa 2017 rund 1,3 Mio. Tonnen Baumwollfasern produziert (für die Jahre 2018 und 2019 fehlen die Daten für Griechenland und Bulgarien) (siehe Abbildung 87). Die europäische Baumwollproduktion hat sich seit den 1990er Jahren nicht stark verändert: Im Schnitt wurden im Zeitraum 1990 bis 2019 etwa 1,2 Mio. Tonnen Baumwollfasern produziert und die Produktion verzeichnete einen Zuwachs von 30 % zwischen 1990 und 2017. (FAO 2022b)

Bei den Baumwollimporten liegt die Türkei nach China, Vietnam und Bangladesch an vierter Stelle, gemessen am Handelsvolumen (Basal et al. 2019). Wird alleine der Handel mit Textilien betrachtet⁵³, importierten nach Vietnam und China die beiden europäischen Länder Italien und die Türkei die größten Mengen an Baumwolltextilien (2019 importierte Italien 71 Mio. kg und die Türkei knapp 70 Mio. kg) (UN Comtrade 2022).

Der Verbrauch der EU von Bekleidungs- und Haushaltstextilien aller Art betrug 2018 insgesamt 5,4 Mio. Tonnen. Davon entfielen rund 81 % auf Bekleidung und 19 % auf Heimtextilien. Private Haushalte verbrauchen den Großteil, ein kleinerer Teil wird von Behörden und Unternehmen beispielsweise für Arbeitskleidung, Bettwäsche für Krankenhäuser und Hotels oder Tisch- und Küchenwäsche für Restaurants benötigt. (Köhler et al. 2021)

Bei Bekleidungsprodukten gehen Schätzungen von einem EU-weiten Baumwollfaseranteil von 43 % aus (Beton et al. 2014; Gray 2017). Alleine in Deutschland kaufen Konsument*innen im Schnitt sechzig Kleidungsstücke pro Jahr (BMU 2021); insgesamt verbrauchen deutsche Bürger*innen etwa 7 kg Baumwolle (Bekleidung) pro Person und Jahr (siehe Kapitel 3.4.7) (Ahlert et al. 2015).

4.4.6.2.6 Lateinamerika und Karibik

In Lateinamerika und in der Karibik wurden 2019 rund 3,5 Mio. Tonnen Baumwolle produziert, rund 14 % der globalen Baumwollfaserproduktion. Die größten Baumwollmengen werden in Brasilien, Mexiko und Argentinien erzielt; zusammen produzieren sie 97 % der Baumwolle in Lateinamerika und der Karibik. Seit Beginn der 90er Jahre hat die Baumwollproduktion um 107 % zugenommen. Die Region verzeichnet nach Indien den höchsten Zuwachs seit 1990 sowie das zweithöchste jährliche Durchschnittswachstum aller Regionen (Lateinamerika und Karibik CAGR: 3 %; Indien CAGR: 5 %). Nach den USA ist Brasilien der zweitgrößte Exporteur von Baumwolle weltweit. (FAO 2022b; UN Comtrade 2022)

Bis in die erste Hälfte der 1990er Jahre waren mehr als die Hälfte der Ländereien für den Baumwollanbau kleiner als 100 ha und verteilten sich auf den Süden und Südosten von

⁵³ Gewebe aus Baumwolle mit einem Baumwollanteil von 85 % oder mehr; comtrade code: 5208/5209

Brasilien. Heute stammen über 90 % der Baumwollproduktion aus Zentralbrasilien (Cerrado), das von einem Produktionssystem mit intensiver Mechanisierung und Einsatz von Agrochemikalien zur Steigerung der Erträge geprägt ist. Über 50 % der heutigen Baumwollfarmen sind größer als 1.000 ha (Hoffmann et al. 2019). In Brasilien sind rund 80 % der Baumwollproduktion im Rahmen der Initiativen *Better Cotton Initiative* und *Responsible Brazilian Cotton* (siehe Kapitel 4.4.6.1) zertifiziert. Damit nimmt das Land eine führende Rolle in der globalen nachhaltigen Baumwollproduktion ein. (OECD und FAO 2021)

Eine Konsument*innenbefragung in Mexiko gibt zudem Aufschluss über das Konsumverhalten. Laut Cotton Incorporated gibt es in Mexiko eine kulturelle wie auch wirtschaftliche Affinität für Jeans sowie landesweite Baumwollstoffpräferenzen. Präferiert wird die Textilfaser vor allem bei Babykleidung, Unterwäsche, Haushaltstextilien, Hosen und T-Shirts – insgesamt 87 % der Befragten bevorzugen Baumwolle für ihre meistgetragenen Kleidungsstücke. Außerdem ist Mexiko einer der größten Hersteller von Denim. Dieser Stoff hat ein starkes kulturelles Erbe im Land. Im Schnitt besitzt jede Person in Mexiko 7,5 Denim-Jeans. (Cotton Incorporated und Cotton Council International 2018)

4.4.6.2.7 Nordamerika

Die USA produzieren mit rund 4,3 Mio. Tonnen Baumwolle (2019) etwa 17 % der weltweiten Baumwollfasern. Seit den 1990er Jahren ist die Produktion in den USA um etwa 28 % gestiegen, ähnlich wie in Europa. Weltweit ist die USA der größte Baumwollexporteur. (FAO 2022b; UN Comtrade 2022)

In den 1920er Jahren war die Anbaufläche für Baumwolle in den USA am größten (etwa 46 Millionen ha). Die höchste Produktion wurde jedoch 2004 und 2005 erreicht (über 5 Millionen Tonnen (FAO 2022b)) mit, zu diesem Zeitpunkt, weniger als einem Drittel der Anbaufläche der 20er Jahre. Das unterstreicht die enorme Produktivitätssteigerung, die allerdings auch auf Kosten der Umwelt geht. Um diese großen Ernteerträge pro Hektar zu erreichen, braucht es nicht nur effiziente Anlagen und Verfahren, sondern auch eine Erhöhung des Einsatzes von Düngemitteln, genetische Veränderungen und eine Zunahme der Verwendung wirksamer Herbizide und Insektizide. (Raper et al. 2019)

Ein Blick in Statistiken zum Konsumverhalten in den USA zeigt, dass eine einzelne Person im Jahr 2021 13,6 kg Baumwolle im Einzelhandel erwarb; rund 3,5 kg mehr als noch im Vorjahr und zugleich der höchste Baumwollkonsum seit 2010 (USDA 2022b).

4.4.6.2.8 Australien und Ozeanien

Für die Region Australien und Ozeaniens liegen nur Daten zu Australien vor. So wurden im Jahr 2019 nur rund 414.000 Tonnen Baumwolle produziert, global nimmt das Land damit einen Anteil von knapp 2 % an der gesamten Baumwollproduktion ein. Seit den 1990er Jahren hat sich die Baumwollproduktion bis 2018 um 211 % gesteigert, allerdings sank die Produktion im Jahr 2019 um mehr als die Hälfte des Vorjahres. Generell lassen sich im Zeitverlauf einige Schwankungen beobachten. (FAO 2022b).

Australische Baumwollfarmen sind oft in Familienbesitz und der Baumwollanbau findet auf rund 17 % der gesamten Agrargebiete statt. Die australische Baumwollindustrie erzeugt verschiedene Produkte, darunter Stoffe, Speiseöl, Papier und Futtermittel. In den letzten Jahrzehnten stand die Baumwollproduktion in Australien vor vielen Herausforderungen auf Grund von Wasserknappheit, verstärkt bzw. neu auftretenden Schädlingen, Krankheiten und Unkraut, durchnässte Böden und nicht zuletzt steigende Produktionskosten. (Kaur et al. 2019)

Laut einem neuen Bericht kaufen Australier und Australierinnen jedes Jahr 14,8 kg Kleidung oder 56 neue Artikel. Damit ist Australien weltweit einer der größten Textilverbraucher (pro Kopf). (AFC 2022)

4.4.6.3 Trends nach Einkommensgruppe

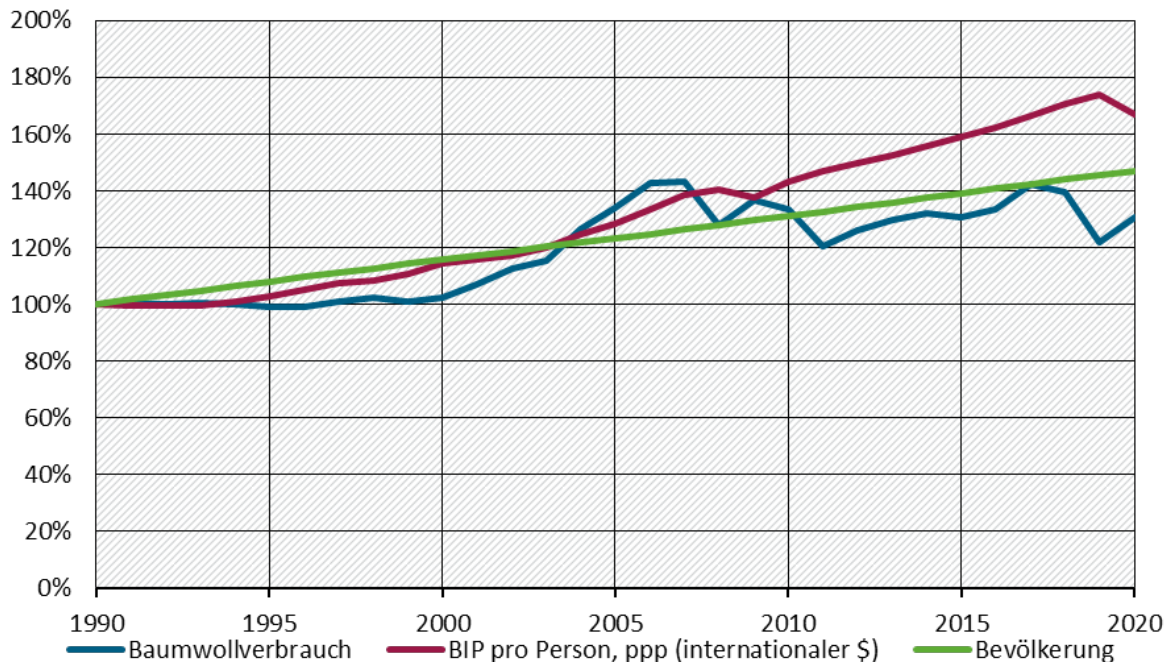
Der Zusammenhang zwischen Einkommen und Baumwollkonsum wird in der Literatur mehrfach genannt (z. B. MacDonald (2007b)). Innerhalb Europas zeigt sich ein überwiegend linearer Zusammenhang zwischen Haushaltseinkommen und Haushaltsausgaben für Kleidung und Heimtextilien. Zu beobachten ist auch, dass sich in jeder Einkommensklasse Länder befinden, in denen Haushalte viel Geld für Kleidung und Heimtextilien ausgeben (wie z. B. Österreich, Niederlande, Portugal, Italien, Estland) und Länder mit relativ niedrigen Ausgaben (wie z. B. Dänemark, Irland, Frankreich, Griechenland, Slowakei). (Köhler et al. 2021)

Auch laut OECD und FAO korreliert der Konsum von Textilien und Bekleidung mit dem Einkommen. Allerdings sind auch andere Faktoren für die Nachfrage mitverantwortlich. Das Recycling von Textilien schafft beispielsweise einen wettbewerbsorientierten Sekundärmarkt, der Rohstoffe für Hersteller von Textilien und nichttextilen Produkten geringerer Qualität bereitstellt. In Ländern mit hohem Einkommen scheint es jedoch eine zunehmende Verbraucherpräferenz für Naturfasern zu geben, wonach Baumwolle gegenüber Polyester bevorzugt wird. (OECD und FAO 2021)

4.4.6.4 Trends nach Einkommens- und Bevölkerungsdynamik

Abbildung 90 zeigt, dass das weltweite Pro-Kopf-Einkommen zwischen 1990 und 2020 um den Faktor 1,7 zugenommen hat. Die Bevölkerung hat im Schnitt jährlich um rund 1,3 % zugenommen und damit etwa das 1,5-fache vom Ausgangswert der 1990er erreicht. Der Baumwollverbrauch der Spinnereien unterlag im betrachteten Zeitraum von 1990 bis 2020 mehreren Schwankungen und hat um durchschnittlich jährlich 0,9 % zugenommen. Damit hat sich die globale Spinnereiindustrie etwas ähnlicher zum Bevölkerungswachstum entwickelt als zur Einkommensdynamik.

Abbildung 90: Entwicklung des globalen Baumwollverbrauchs der Spinnereien, der Bevölkerung und des Einkommens zwischen 1990 und 2020 (Indexiert, 1990=100)



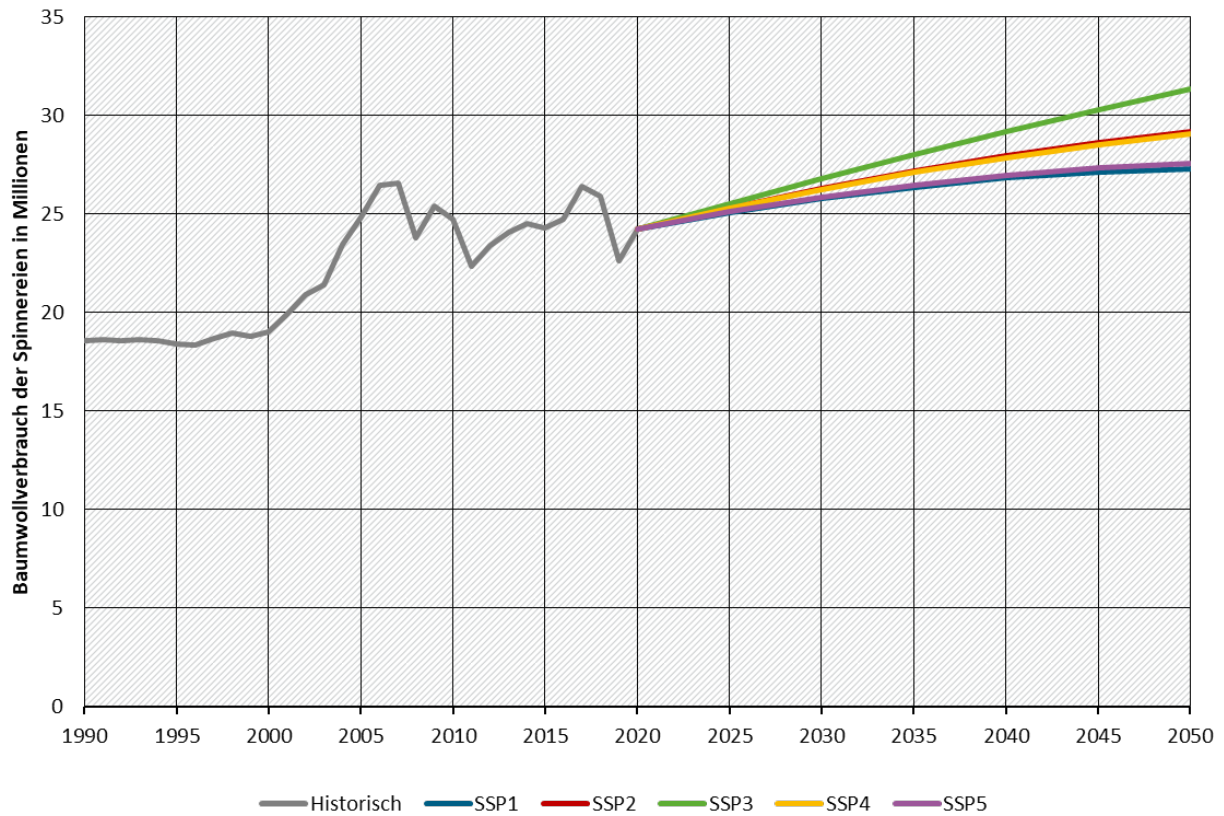
Quelle: eigene Darstellung auf der Basis von OECD und FAO (2021) und World Bank (2022b; a)

4.4.6.5 Zukünftige Entwicklung des globalen Baumwollkonsums

OECD und FAO schätzen, dass das zukünftige Einkommenswachstums in den kommenden Dekaden zu einer höheren Nachfrage nach Baumwollprodukten führen wird. Grundsätzlich ist zu erwarten, dass die Nachfrage aus Entwicklungsregionen mit niedrigeren absoluten Konsumniveaus diese zukünftige Entwicklung antreiben wird, da davon auszugehen ist, dass die Einkommen und die Bevölkerung dieser Länder zunehmen werden. Allerdings weisen OECD und FAO darauf hin, dass das starke Bevölkerungswachstum in Regionen mit unterdurchschnittlicher Pro-Kopf-Nachfrage nach Baumwollprodukten diesen Trend leicht abschwächen kann. Der landwirtschaftliche Ausblick der OECD und FAO schlussfolgert daher, dass der weltweite Verbrauch von Baumwolle im kommenden Jahrzehnt etwas schneller wachsen wird als die Weltbevölkerung. (OECD und FAO 2021)

Der potenzielle, zukünftige Baumwollverbrauch wurde ausgehend von den Daten der OECD und FAO (2021) zu den Baumwollspinnereien berechnet. Der Konsum, der den Verbrauch der Baumwollspinnereien weltweit abbildet, ist in Abbildung 88 dargestellt. Da zwar die Beziehung zwischen dem BIP-Wachstum und dem steigenden Konsum bzw. Verbrauch von Baumwolle mehrfach genannt wird, OECD und FAO jedoch schätzen, dass sich der Verbrauch am Wachstum der Bevölkerung orientieren wird, und dies die vergangenen Trends ebenfalls zeigten (siehe Abbildung 90), wurde für die Berechnung des potenziellen, zukünftigen Baumwollverbrauchs die Dynamik des Bevölkerungswachstums der SSPs (KC und Lutz 2017; Riahi et al. 2017) unterlegt. Abbildung 91 zeigt die möglichen zukünftigen Trends des Baumwollverbrauchs weltweit.

Abbildung 91: Zukünftige Szenarien des Baumwollverbrauchs bis 2050 (Basisjahr der Berechnung 2020)



Quellen: eigene Berechnung auf der Basis von OECD und FAO (2021) und den IIASA-WiC Bevölkerungs-Projektionen (KC und Lutz 2017; Riahi et al. 2017).

Das SSP3 Szenario erzielt mit rund 31 Mio. Tonnen Baumwolle die höchste zukünftige Verbrauchsmenge der Spinnereien. Das Minimum von rund 27 Mio. Tonnen wird nach dem SSP1 Szenario erreicht. Das mittlere SSP4 Szenario liegt für 2050 bei 29 Mio. Tonnen Baumwolle.

Prognosen der OECD und FAO gehen von einem Gesamtverbrauch der Spinnereien von 28 Mio. Tonnen Baumwolle bis 2030 aus. Damit würde der Baumwollkonsum zwischen 2020 und 2030 um rund 17 % zunehmen (etwa 1,5 % pro Jahr). (OECD und FAO 2021)

Auch das internationale Zentrum für landwirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit prognostiziert ein Wachstum des Baumwollverbrauchs der Spinnereien von jährlich durchschnittlich 1,5 % bis 2029 (Hudson et al. 2020). Bei einer Fortschreibung dieser jährlichen Wachstumsrate, ausgehend vom derzeitigen Wert (2020) von rund 24 Mio. Tonnen (OECD und FAO 2021), läge der Baumwollverbrauch im Jahr 2050 bei rund 38 Mio. Tonnen. Dieser zukünftige Konsum übersteigt die hier errechneten Mengen in allen Szenarien.

Das durchschnittliche jährliche Wachstum liegt in den verschiedenen SSP-Szenarien zwischen 0,4 und 0,9 %. Für die gesamten Textilfasern weltweit gehen Studien allerdings von einem weitaus höheren Wachstum aus. Nach Krifa und Stevens (2016) beispielsweise wird die Nachfrage nach Textilfasern voraussichtlich um durchschnittlich 3,9 % pro Jahr wachsen, wobei ein zunehmender Teil dieser Nachfrage durch synthetische Fasern gedeckt wird.

Um den tatsächlichen finalen Konsum der Baumwollfasern, der auf Bekleidungstextilien fällt, abzuschätzen, müssen die Anteile, die in industrielle Produkte und Anwendungen (Auto etc.)

und in Haus- und Heimtextilien (Teppiche, Bettwäsche etc.) fließen, abgezogen werden. Hierfür gibt es unterschiedliche Schätzwerte, die von etwa der Hälfte (De Silva und Byrne 2017) bis zu rund zwei Drittel (Fibre2Fashion 2008; Krifa und Stevens 2016; Voora et al. 2020) der global produzierten Baumwolle ausgehen.

4.4.6.6 Umweltwirkungen

Die (konventionelle) Baumwollproduktion geht mit enormen Wasser-, Pestizid- und Düngemittelaufwendungen einher. Angelehnt an die Berechnungen der zukünftigen Baumwollmengen, die von Spinnereien weltweit verbraucht werden, wurde für die Berechnung der Inanspruchnahme der Budgets bzw. planetaren Grenzen die Daten der OECD und FAO (2021) herangezogen. Tabelle 45 zeigt die Umweltwirkungen für heute und für eine defossilisierte Zukunft auf Basis des SSP2 Szenarios und dem unterlegten GreenSupreme-Szenario, das ambitionierte technologische Veränderungen und Veränderungen der Lebensstile beschreibt (Dittrich et al. 2020a). Weiterhin werden die Umweltwirkungen im Jahr 2050 ohne technologische Änderungen (und SSP5) dargelegt.

Tabelle 45: Umweltwirkungen des globalen Baumwollverbrauchs heute und 2050

Planetare Grenze	Kontrollvariable	Umweltwirkung			Grenzwert/ Budget ⁵⁴	Künftiger Anteil an PG	
		Heute (2019)	Ohne tech. Änd. 2050 (SSP5)	Mit tech. Änd. nach Green-Supreme 2050 (SSP2)		2050 (SSP5)	Green Supreme (SSP2)
Klimawandel	CO ₂ [Gt]	0,16	0,19	0,01	1,2 – 1,5	14,7 %	0,54 %
Landnutzung	Waldverlust [km ²]	23,9	29,1	4,9	5.130.000	0,00 %	0,00 %
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [t/a]	23,2	28,3	37,0	6.200.000	0,00 %	0,00 %
	Stickstoff [Mio. t/a]	0,85	1,0	0,93	62	1,7 %	1,5 %
Süßwasser	Süßwasser [Mrd. m ³ /a]	241,4	293,8	310,5	4.000	7,3 %	7,8 %

Quelle: eigene Berechnungen von ifeu und ecoinvent sowie Darstellung auf der Basis von Steffen et al. (2015) und Dittrich et al. (2020a, 2021a).

Tabelle 45 zeigt die auf das Konzept der Planetaren Grenzen bezogenen Umweltwirkungen. Durch die Umweltwirkungen des globalen Baumwollverbrauchs werden heute innerhalb eines Jahres rund 0,16 Gt CO₂ freigesetzt.

Werden keine technischen Änderungen aus dem Green Supreme Szenario (Dittrich et al. 2020a) unterlegt, so steigen die Umweltwirkungen (SSP5) im Jahr 2050 um 22 % gegenüber heute an.

⁵⁴ Budget aus heutiger Sicht. Die Grenzwerte werden für 2050 übernommen. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass die Grenzwerte sich verändern können, bspw. durch eine hohe Akkumulation der Grenzwertüberschreitungen in den vorangegangenen Jahren.

Bei Unterlegung der technischen Änderungen des GreenSupreme-Szenarios sinken im Jahr 2050 (SSP2) im Vergleich zu heute die CO₂-Emissionen um 95 % und der Waldverlust um 79 %. Die Phosphor- und Stickstoffflüsse steigen allerdings um 59 % und 10 %. Auch die Inanspruchnahme des Süßwasserbudgets nimmt im Vergleich zu heute um 29 % zu.

Heute werden durch den Baumwollverbrauch innerhalb eines Jahres rund 13 % des CO₂-Budgets verbraucht. Im Jahr 2050 könnte sich auf Grund der sinkenden Umweltwirkungen der Anteil der Inanspruchnahme des Budgets auf rund 0,5 % reduzieren (SSP2, einschl. technischer Änderungen) bzw. auf rund 15 % des Budgets erhöhen (SSP5, ohne technische Änderungen).

Bei Betrachtung der global noch zur Verfügung stehenden Waldfläche, nimmt der Baumwollverbrauch heute 0,0005 % des verbleibenden Waldbudgets pro Jahr in Anspruch. Im Jahr 2050 könnte die Inanspruchnahme einen Anteil von 0,0006 % (SSP5, ohne technische Änderungen) bzw. rund 0,0001 % (SSP2, einschl. technischer Änderungen) des Gesamtbudgets betragen.

Bei den Grenzwerten der biogeochemischen Flüsse nimmt der Baumwollverbrauch derzeit 0,0004 % des jährlichen Phosphorbudgets und 1,4 % des jährlichen Stickstoffbudgets in Anspruch. Werden keine technischen Änderungen (und SSP5) unterstellt, steigen die Anteile am Phosphorbudget im Jahr 2050 auf 0,0005 % und am Stickstoffbudget auf 1,7 %. Werden technische Änderungen (und SSP2) berücksichtigt, so steigen die Anteile im Jahr 2050 ebenfalls an und liegen bei 0,0006 % des Phosphorbudgets bzw. 1,5 % des Stickstoffbudgets.

Hinsichtlich des Süßwasserbudgets fallen durch den Baumwollverbrauch im Jahr 2050 zwischen 7,3 % (SSP5; keine technischen Änderungen) und 7,8 % (SSP2, technische Änderungen im Green Supreme Szenario) des jährlichen Süßwasserbudgets an, im Vergleich zur heutigen jährlichen Inanspruchnahme von 6 %.

4.4.6.7 Zwischenfazit

Nach wie vor zählt Baumwolle zu den am häufigsten genutzten Naturfasern in der Textilindustrie. In der gesamten Textilbranche wird sie jedoch zunehmend von synthetischen Fasern ersetzt. Dennoch steigen die globalen Produktionsmengen, der derzeitige Verbrauch der Spinnereien liegt bei umgerechnet 3,2 kg pro Person. Die zentralen Treiber dieser Entwicklung sind nicht leicht festzumachen, allerdings steigt der Baumwollkonsum ähnlich wie die Bevölkerung. Das Einkommen, aber auch kulturell bedingte Präferenzen scheinen einen nicht unwesentlichen Einfluss auf den Konsum von Baumwollprodukten zu haben. Die Spinnereinsatzung hängt unter anderem von der weltweiten Nachfrage nach Textilien und von der Konkurrenz durch andere Rohstoffe ab, wie zum Beispiel Polyester und andere synthetische Fasern.

Fast Fashion bleibt ein beständiges Problem, das sich insbesondere in den Zahlen des europäischen, nordamerikanischen und australischen Konsums widerspiegelt. Auch der Umgang mit Altkleidung hat Auswirkungen auf Umwelt und Wirtschaft, wie am Beispiel Kenias skizziert wurde.

Steigt der Spinnereiverbrauch in Anlehnung an das Bevölkerungswachstum, so wird in Zukunft bis zu 30 % mehr Baumwolle konsumiert werden. Die geschätzten in Spinnereien verbrauchten Baumwollmengen lägen im Jahr 2050 somit zwischen 27 und 31 Mio. Tonnen.

Dies führt zu Umweltauswirkungen, die – wenn ambitionierte technische Änderungen hin zur Treibhausgasneutralität unterstellt werden – zwar in Bezug zu den Treibhausgasen und der verbleibenden Waldfläche deutlich niedriger ausfallen, also geringere Anteile an den

verbleibenden Budgets beanspruchen, hinsichtlich der Phosphor- und Stickstoffbudgets und des Süßwasserbudgets allerdings höhere Anteile in Anspruch nehmen werden.

4.4.7 Repräsentatives Gut 7: Wohnfläche

Der Zugang zu angemessenem, sicherem und bezahlbarem Wohnraum stellt ein Grundbedürfnis des Menschen dar und wird als solcher auch in den SDGs adressiert. Was einen guten Wohnraum ausmacht, hängt von verschiedenen, unter anderem regional variierenden Faktoren ab. Dabei existieren neben physiologischen Bedürfnissen wie beispielsweise ausreichend Wärme oder Zugang zu Strom und Wasser, auch emotionale, soziale und kulturelle Elemente, die die Wahrnehmung dessen, was ein gutes Zuhause ausmachen, prägen (Ellsworth-Krebs 2020). Auch die Wohnfläche nimmt dabei eine zentrale Bedeutung ein (OECD 2022).

Sowohl in Hoch- als auch in Niedrigeinkommensländern zeigt sich in den vergangenen Jahrzehnten eine Zunahme des Wohnraums pro Kopf (Ellsworth-Krebs 2020). Diese Entwicklung lässt sich insbesondere auf die weltweite Abnahme der Haushaltsgrößen zurückführen. So sind inzwischen beispielsweise 40 % der skandinavischen und rund 30 % der Haushalte in den USA und Großbritannien Einpersonenhaushalte (United Nations Economic Commission for Europe 2022). Während dieser Trend in den Ländern des globalen Nordens bereits seit Beginn des 20. Jahrhunderts zu beobachten ist, beginnt er Ende der 1980er Jahre auch zunehmend in den Ländern des globalen Südens (Bradbury et al. 2014). Neben dem Einsetzen der Industrialisierung und damit verbundener wirtschaftlicher Strukturwandelprozesse sowie sozialer und kultureller Faktoren wird diese Entwicklung auch mit einem Anstieg des Einkommens in Verbindung gebracht. Daneben ist insbesondere in Hocheinkommensländern ein bereits ohnehin hohes und nach wie vor steigendes Niveau bei der Größe von Häusern zu beobachten. Auch ist im globalen Norden die Wohnstruktur oft geprägt von Einfamilienhäusern. Diese dominieren dabei nach wie vor die Neubauten und neben der durchschnittlichen Größe übersteigt auch deren Größenzuwachs das bei Wohnungen in Mehrfamilienhäusern (Viggers et al. 2017).

Ein Wachstum des Wohnraums pro Kopf ist grundsätzlich mit verschiedenen negativen Umweltwirkungen verbunden. So lassen sich Haus- und Haushaltsgröße als zentrale Determinanten des Energieverbrauchs identifizieren (Ellsworth-Krebs 2020). Dabei zeigt sich, dass die Zunahme der Wohnfläche Fortschritte bei der Energieeffizienz oder entsprechende regulatorische Vorgaben oft vollständig zunichtemachen (ebd.). Daneben wirkt sich eine Zunahme des Pro-Kopf-Wohnraums auch negativ auf den Verbrauch weiterer Ressourcen und die Biodiversität aus (Liu et al. 2003). Weitere relevante Umweltwirkungen stellen der Süßwasserbedarf sowie biochemische Flüsse insbesondere in Form von Stickstoff dar (vgl. Kapitel 3.4.8).

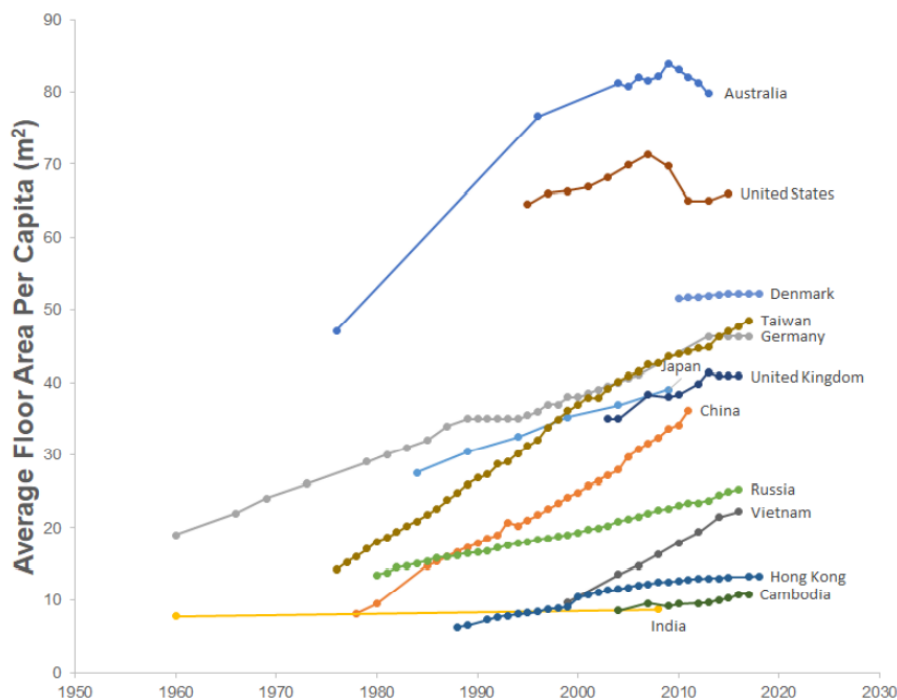
4.4.7.1 Entwicklungen und aktueller Stand des Wohnraums

Aufgrund der geringen Datenverfügbarkeit ist eine Analyse der aggregierten globalen Entwicklung von Wohnraum nur begrenzt möglich. Vielmehr muss auf die Betrachtung einer vergleichsweise kleinen Stichprobe von Ländern zurückgegriffen werden. Diese zeigt auf Basis von 13 Ländern eine deutlich steigende Wohnfläche seit Mitte der 1970er Jahre auf (Abbildung 92). Dabei beschränkt sich diese Entwicklung nicht auf die Entwicklung von Wohnraum in Ländern mit hohem Einkommen. Auch in Ländern mit niedrigem oder oberem mittleren Einkommen wie China und Vietnam sind in den vergangenen 20 Jahren starke Wachstumsraten des Pro-Kopf-Wohnraums zu beobachten (Ellsworth-Krebs 2020). Auch ist die absolute weltweite Gebäudefläche stark gestiegen. Im Jahr 2018 wurde diese auf fast 200 Mrd. m²

geschätzt und liegt damit doppelt so hoch wie noch 1990 (Lamb et al. 2021). Der weltweite Anstieg der Pro-Kopf-Wohnfläche zwischen 2010 und 2018 wird auf rund 24 % geschätzt. Die Entwicklung verlief dabei deutlich stärker als die globale Bevölkerungsentwicklung, welche im selben Zeitverlauf nur um ca. 10 % wuchs. Der weltweite Anstieg der Pro-Kopf-Wohnfläche kann also auf etwa 14 % geschätzt werden (Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency and the United Nations 2019).

Wenngleich auch in Ländern des globalen Südens eine steigende Pro-Kopf-Wohnfläche zu beobachten ist, sind weiterhin substantielle Unterschiede zwischen dem globalen Norden und dem globalen Süden erkennbar. So liegt beispielsweise die durchschnittliche Pro-Kopf-Wohnfläche in Indien bei unter 10 m² (2010), in Vietnam bei in etwa 20 m², wohingegen in Dänemark die durchschnittliche Wohnfläche bei rund 55 m² und in den USA sogar bei rund 65 m² liegt (Ellsworth-Krebs 2020).

Abbildung 92: Entwicklung der durchschnittlichen Wohnfläche pro Kopf, 1960-2020, ausgewählte Länder weltweit



Quelle: Ellsworth-Krebs (2020) ⁵⁵

Aufgrund der fehlenden flächendeckenden Verfügbarkeit von Daten zur Wohnfläche müssen weitere Indikatoren herangezogen werden, um einen Eindruck von der Entwicklung der Pro-Kopf-Wohnfläche zu erlangen. Insbesondere Indikatoren zu überfülltem Wohnraum zeigen auf, dass, während in wohlhabenden Ländern eine steigende Pro-Kopf-Wohnfläche eine Herausforderung für Umwelt und soziale Gerechtigkeit darstellt, in anderen Ländern zu geringer Wohnraum verfügbar ist. So lebt insbesondere in Ländern des globalen Südens ein hoher Anteil von Menschen in Wohnbedingungen, welche als überfüllt einzustufen sind. Gemäß der OECD gilt ein Wohnraum als überfüllt, wenn für jedes im Haushalt wohnende Paar über 18 sowie je

⁵⁵ Die hier angegebenen Durchschnittswerte für Australien beziehen sich nur auf den Mittelwert für Neubauten, es ist somit keine Vergleichbarkeit zu anderen Länderdaten gegeben.

Kinderpaar⁵⁶ weniger als ein Raum zu Verfügung steht. In Ostafrika und Westafrika leben 2018 schätzungsweise immerhin noch etwa 30 % auf Basis dieser Definition in zu beengtem Wohnraum, in Zentralafrika sogar rund 60 % (Chipeta et al. 2022). Während in Lateinamerika zwischen 2000 und 2018 der Anteil der Menschen, die auf zu engem Wohnraum leben müssen, sank, ist er in Afrika in demselben Zeitraum gestiegen.

4.4.7.1.1 Afrika

In 2015 liegt die Gesamtgebäudefläche in Afrika bei rund 18 Mrd. Quadratmetern (Wohnraum sowie andere Gebäudeflächen zusammengefasst) (Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency and the United Nations 2016). Dies entspricht einem Pro-Kopf-Wert von lediglich rund 15 m², der damit deutlich unterhalb des globalen Durchschnitts liegt. Aktuelle Daten zur Wohnfläche pro Kopf sind nicht verfügbar, ebenso kaum historische Daten zum Pro-Kopf-Wohnraum. Die verfügbaren Daten zeigen jedoch auf, dass zwischen 1990-1995 die Pro-Kopf-Wohnfläche in den betrachteten afrikanischen Ländern immer deutlich unter 20 m², im Median bei 10 m² pro Kopf lag.

Auch weitere Indikatoren deuten darauf hin, dass auf dem afrikanischen Kontinent die Verfügbarkeit des Wohnraums pro Kopf deutlich geringer ist als in anderen Weltregionen. So wurde am Horn von Afrika im Jahr 2018 eine Überbelegungsrate von 62 % beobachtet (Majale et al. 2011). Diese liegt dabei fast sechs Mal so hoch wie im OECD Durchschnitt (11,3 %) (OECD 2022). Zudem stieg die Anzahl der Menschen in Afrika, die in überfüllten Wohnverhältnissen leben, seit 2020 deutlich an, von 291,5 Millionen Menschen in 2000 auf 474,4 Millionen Menschen in 2018 (Chipeta et al. 2022). Auch der hohe Anteil der in Slums lebenden Bevölkerung zeigt die Herausforderung des Kontinents, angemessenen und bezahlbaren Wohnraum bereitzustellen. So lag dieser beispielsweise in Sub-Sahara Afrika im Jahr 2020 bei 50,2 %, während er im weltweiten Durchschnitt bei lediglich 24,2 % lag (Statista 2022h).

In anderen Weltregionen wurde eine abnehmende Haushaltsgröße als einer der zentralen Faktoren der weltweit zunehmenden Wohnfläche pro Kopf identifiziert. Im Gegensatz zu den globalen Trends ist diese in Afrika nahezu konstant (United Nations 2019). So lag die durchschnittliche Haushaltsgröße in Sub-Sahara Afrika in 2019 bei 6,9 Personen, der weltweite Durchschnitt hingegen nur bei 4,9 Personen (Statista 2022i). Trotz der großen Haushaltsgröße verfügen in Sub-Sahara Afrika im Schnitt jedoch 33 % der Haushalte über kein oder nur ein Schlafzimmer (Global Data Lab 2022c).

4.4.7.1.2 Asien

Auch in Asien sind nur vereinzelte Daten zur Wohnfläche pro Person verfügbar, diese zeigen jedoch einen deutlichen Anstieg der Wohnfläche pro Kopf auf.

So stieg in Russland die Wohnfläche pro Kopf zwischen 2006 und 2017 um 20 %, von 21 m² auf 25,2 m² (CEIC 2022d). Auch in Taiwan stieg die Wohnfläche in den vergangenen Jahren stark an, von pro Kopf 26,8 m² im Jahr 1990 auf 50,8 m² im Jahr 2020 (Statista 2022j). Japan rangiert mit einer Pro-Kopf-Wohnfläche von rund 40 m² im Jahr 2018 im Mittelfeld (Statista 2022k, 2023). Auch in China ist zudem ein deutlicher Anstieg der Wohnfläche zu beobachten (vgl. Kapitel 4.4.7.1.3). Trotz des hohen Wachstums an Wohnfläche in einigen Ländern liegt der Gesamtgebäudebestand pro Kopf in Südostasien im Jahr 2015 jedoch mit rund 25 m² noch unter dem globalen Durchschnitt.

⁵⁶ Ab einem Alter von 12 wird zudem von dem Bedarf eines Zimmers pro gleichgeschlechtlichem Kinderpaar ausgegangen.

Aufgrund wenig umfassender Daten zur Entwicklung von Wohnraum in Asien werden ergänzende Faktoren betrachtet. So zeigt sich auch in vielen asiatischen Regionen der hohe Bedarf an der Bereitstellung von angemessenem Wohnraum. So liegt der Anteil der in Slums lebenden Bevölkerung deutlich über dem globalen Durchschnitt von 24,2 %. In Zentral- und Südasien leben 48,2 % der Bevölkerung und in Ost- und Südostasien 21,7 % der Bevölkerung in Slums (Statista 2022h).

In Asien liegt die durchschnittliche Haushaltsgröße mit 5 Personen nur minimal über dem globalen Durchschnitt von 4,9 Personen (Statista 2022i). Ähnlich wie in Afrika verfügen dabei im Schnitt rund ein Drittel der Haushalte nur über ein oder kein Schlafzimmer (Global Data Lab 2022c). Entsprechend dem globalen Trend ist auch in Asien eine Abnahme der durchschnittlichen Haushaltsgröße ein wesentlicher Treiber für die Zunahme der Pro-Kopf-Wohnfläche (United Nations 2019). Jedoch zeigen sich hier deutliche regionale Unterschiede. Beispielsweise verfügten in Kambodscha im Jahr 2014 rund 64 % der Haushalte nur über ein oder kein Schlafzimmer, trotz einer Haushaltsgröße von rund 5,5 Personen. Auch in Indien, der Mongolei oder Myanmar ist der Anteil der Haushalte, die maximal ein Schlafzimmer besitzen, mit über 50 % deutlich höher als der Durchschnitt (Global Data Lab 2022c).

4.4.7.1.3 China

Der globale Trend einer zunehmenden Wohnfläche pro Kopf spiegelt sich auch in der Volksrepublik China wider. Eine ansteigende Tendenz ist sowohl im ländlichen als auch im urbanen Raum zu sehen. Dabei war der Anstieg im ländlichen Raum zwischen 2002 und 2020 nahezu doppelt so groß wie im urbanen Raum. 2002 betrug die Pro-Kopf-Wohnfläche im ländlichen Raum 26,5 m², im Jahr 2019 dann fast das Doppelte mit 48,9 m². Im urbanen Raum beträgt die Wohnfläche pro Kopf mit 39,8 m² rund 20 % weniger als auf dem Land (CEIC 2022e; Statista 2022o). Im urbanen Raum ist der Anstieg der Pro-Kopf-Wohnfläche besonders bei chinesischen Megastädten zu beobachten. So erhöhte sich die Wohnfläche pro Kopf in Shanghai um 46,8 % von 25 m² im Jahr 2008 auf 36,7 m² im Jahr 2017 (CEIC 2021), in Beijing um 20,8 % von 26,9 m² im Jahr 2008 auf 32,5 m² im Jahr 2017 (CEIC 2022b) und in Tianjin um 25,3 % von 28,5 m² im Jahr 2008 auf 35,7 m² im Jahr 2013 (CEIC 2022c). Mit der steigenden Wohnfläche pro Kopf in chinesischen Megacities wuchs außerdem die Urbanisierungsrate in China um 44,5 % von 18 % im Jahr 1978 (Fan et al. 2012) auf 62,5 % im Jahr 2021 (Statista 2022l). Dieser Trend korreliert mit einem deutlichen Anstieg der Einpersonenhaushalte in China (Cheung und Yeung 2015).

Auch der Gesamtgebäudebestand in China ist vergleichsweise hoch mit rund 40 m² pro Kopf in 2015. Bis 2030 wird ein Wachstum des Gebäudebestandes um rund 40 % projiziert (Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency and the United Nations 2016).

4.4.7.1.4 Indien

Im starken Kontrast zu anderen asiatischen Ländern ist in Indien bis 2010 kein Anstieg der Pro-Kopf-Wohnfläche zu beobachten, zwischen 1960 und 2010 stagnierte sie bei knapp unter 10 m². Auch beläuft sich der Gesamtgebäudebestand in Indien (Wohnraum und sonstige Gebäudefläche) in 2015 auf lediglich rund 12 m² (Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency and the United Nations 2016).

Zwar ist auch in Indien die durchschnittliche Haushaltsgröße gesunken, liegt aber mit knapp 6 Personen im Jahr 2016 noch deutlich über dem globalen Durchschnitt. Auch der Anteil der Haushalte mit nur einem oder keinem Schlafzimmer ist deutlich gesunken, verbleibt aber überdurchschnittlich (Global Data Lab 2022c). Für Indien wird jedoch ein besonders hoher

Zuwachs des Gesamtgebäudebestandes projiziert, alleine bis 2030 um rund 100 % im Vergleich zu 2015 (Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency and the United Nations 2016).

Verglichen zu China hat Indien eine geringe Urbanisierungsrate, da es Planungsschwierigkeiten beim Bau (schlechte Infrastruktur (Energie, Wasser), ungünstige Gesetzeslage) und ein geringeres Einkommenswachstum der Bevölkerung gibt (D'Arcy und Veroude 2014). Dennoch steigt auch in Indien, gemäß dem weltweiten Trend, die Urbanisierungsrate stetig an. Diese Tendenz spiegelt sich auch in dem Anstieg der Konstruktion von Gebäuden wider. So lag das jährliche Wachstum der Gebäudekonstruktion zwischen 1981 und 1991 und 1991 und 2001 bei etwa 2,5 %. Zwischen 2001 und 2011 stieg das jährliche Wachstum leicht an auf etwa 3 % (D'Arcy und Veroude 2014).

4.4.7.1.5 Europa

Die Datenverfügbarkeit auf Länderebene zur Wohnfläche in Europa ist vergleichsweise gut, wenngleich sie auch wenig gesamtkontinentale Aussagen zulässt. In 2008 betrug die durchschnittliche Wohnfläche pro Kopf in 29 europäischen Ländern im Schnitt 33,7 m² (ENTRANZE 2022)⁵⁷. Dabei sind insbesondere Dänemark und Schweden sowie Italien und Zypern von einer deutlich überdurchschnittlichen Wohnfläche gekennzeichnet.

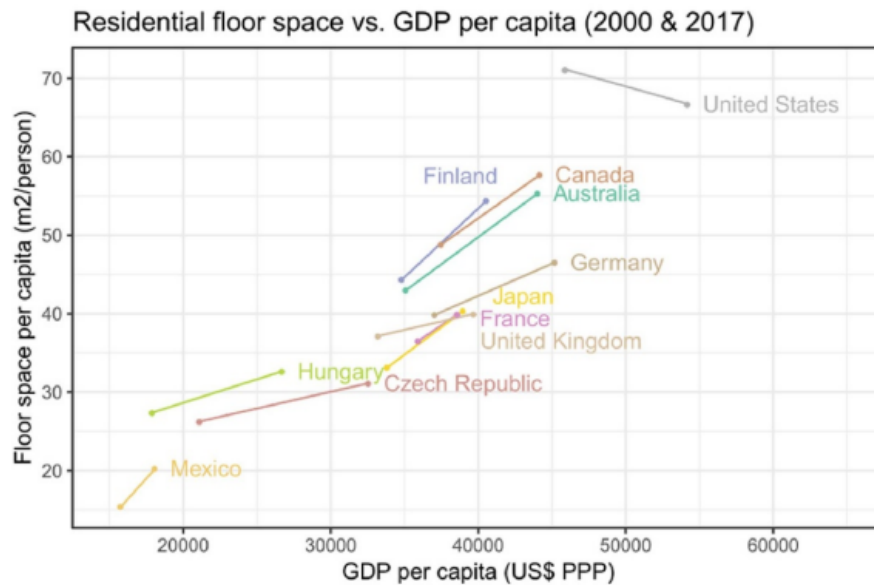
Unterdurchschnittliche Wohnflächen lagen dagegen in Osteuropa, insbesondere Rumänien, Serbien, der Slowakei sowie Polen vor. Zugleich liegt auch in einigen osteuropäischen Ländern, der Anteil der Personen, die unter beengten Wohnverhältnissen leben, deutlich über dem europäischen Schnitt in Höhe von 17,5 % (Eurostat 2022a). So beispielsweise in Rumänien, Lettland oder Bulgarien mit rund 40 % oder mehr.

Länderspezifische Entwicklungen verdeutlichen den Trend zu einer steigenden Pro-Kopf-Wohnfläche in Europa. So stieg diese bspw. in England zwischen 1996 und 2018 um 9,5 % von 34,8 m² auf 38,1 m² an (Gleeson 2021). In Deutschland stieg die Wohnfläche pro Kopf zwischen 1990 und 2021 um 37,1 % von 34,8 m² auf 47,7 m² (Umweltbundesamt 2022). Dabei ist zu beobachten, dass die genutzte Wohnfläche pro Kopf abnimmt, wenn mehrere Menschen in einem Haushalt leben. So nutzte im Jahr 2018 im Durchschnitt ein Einpersonenhaushalt in Deutschland 68 m², ein Zweipersonenhaushalt 49 m² und ein Drei- oder Mehrpersonenhaushalt 33 m² (Umweltbundesamt 2022).

Auch in anderen europäischen Ländern ist ein deutlicher Anstieg der Wohnfläche zu beobachten. Abbildung 93 zeigt zudem auf, dass dieser Anstieg zumeist mit einem gleichzeitigen Anstieg des Einkommens einhergeht.

⁵⁷ Das Jahr 2008 ist das letzte Jahr, für das ein vergleichsweise umfangreicher Datensatz für Europa die Berechnung eines Mittelwertes (ungewichtet) erlaubt.

Abbildung 93: Entwicklung der Pro- Kopf- Wohnfläche in ausgewählten Ländern, 2000-2017



Quelle: Lamb et al. (2021).

Die ansteigende Wohnfläche pro Kopf in Europa ist unter anderem mit einer alternden Bevölkerung zu erklären, die häufig Immobilien besitzt und in Ein- oder Zweipersonenhaushalten lebt (Eurostat 2022a). Dies zeigt sich auch in einer niedrigen und seit Jahren abnehmenden Haushaltsgröße in Europa. Diese liegt mit 3,1 Personen pro Haushalt deutlich unter dem globalen Durchschnitt (Statista 2022i).

4.4.7.1.6 Lateinamerika und Karibik

Daten zur Pro-Kopf-Wohnfläche in Lateinamerika sind kaum verfügbar. Daten für 11 lateinamerikanische Städte zeigen eine Quadratmeterzahl pro Kopf in Höhe von 23 – 30 m² auf. Dies liegt unter dem europäischen (urbanen und ländlichen) Durchschnitt. Bezogen auf den Gesamtgebäudestock ergibt sich für Lateinamerika pro Kopf ein Durchschnitt in Höhe von 30 m², was dem globalen Durchschnitt entspricht.

Die pro Kopf zur Verfügung stehende Wohnfläche in Lateinamerika lässt sich durch eine Reihe von Proxies zumindest näherungsweise einordnen. Die dafür verwendeten Indikatoren sprechen, ähnlich wie in anderen Regionen des globalen Südens, für eine im weltweiten Vergleich unterdurchschnittliche Wohnfläche pro Kopf. Gleichzeitig legen die Trends hier jedoch eine Zunahme der Wohnfläche pro Kopf nahe.

Zum einen ist der Kontinent durch eine hohe Urbanisierungsrate gekennzeichnet, mit aktuell 81 % ist sie die zweithöchste der Welt (Statista 2022f). Die Städte der Region sind jedoch häufig geprägt von einem hohen Anteil an Menschen, die in Slums leben. Zwar ist für diesen Anteil seit Beginn des Jahrtausends eine Abnahme zu beobachten, nichtsdestotrotz lebten im Jahr 2020 nach wie vor 18 % der urbanen Bevölkerung in Slums (UNSDG 2022). Die dortige Wohnsituation ist, ähnlich wie andere Formen des informellen Wohnens, unter anderem von Überbelegung gekennzeichnet. Informelles Wohnen prägt dabei die Wohnstruktur in Lateinamerika und der Karibik über die Bedeutung der Slums hinaus. So lag dessen Anteil am gesamten Wohnraumbestand 2012 zwischen 60 – 70 % (Inter-American Development Bank 2012). Zudem leben in Lateinamerika in 2020 weiterhin rund 35 % der Bevölkerung in Wohnraum, der als

überbelegt einzustufen ist, obwohl dieser Anteil seit 2004 konstant gesunken ist (CEPALSTAT 2022).

Die Zahlen zur Haushaltsgröße lassen hingegen keine unmittelbaren Aussagen zur Wohnfläche pro Kopf zu. So liegt diese in Lateinamerika mit 4,6 Personen pro Haushalt sogar leicht unter dem weltweiten Durchschnitt (Statista 2022i). Hier ist außerdem in den Ländern, in denen Daten verfügbar sind, eine Abnahme der Haushaltsgrößen über die letzten Jahrzehnte zu beobachten (United Nations 2019).

4.4.7.1.7 Nordamerika

Die USA und Kanada waren im Jahr 2017 die Länder mit den weltweit höchsten Pro-Kopf-Wohnflächen (Lamb et al. 2021). Die der USA lag dabei mit knapp über 65 m² unmittelbar vor Kanada mit leicht weniger als 60 m². Grundsätzlich ist die Struktur des Bestands an Wohnraum urban geprägt. So hat Nordamerika mit 83 % die höchste Urbanisierungsrate weltweit (Statista 2022f). Nichtsdestotrotz dominieren sowohl in Kanada als auch in den USA Einfamilienhäuser den Gebäudebestand (Daily Commercial News 2018; Statista 2022g). Diese gehören dabei zu den größten weltweit (Pinsker 2019).

Pro Kopf beträgt der Gesamtgebäudebestand in Nordamerika 107m² (Wohnraum und andere Gebäudearten) und liegt damit deutlich über dem globalen Durchschnitt (Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency and the United Nations 2016). Zudem ist Kanada unter den OECD Nationen das Land mit der höchsten Anzahl an Räumen pro Person (2,6), unmittelbar gefolgt von den USA auf Platz 2 mit 2,4 Räumen pro Person (OECD 2022). Für beide Länder ist hier außerdem ein, wenn auch sehr moderates, Wachstum seit 2008 zu verzeichnen.

Die Betrachtung der Entwicklung der Wohnfläche in den USA und Kanada zeigt seit 2000 unterschiedliche Trends. Während die Wohnfläche in den USA seit 2000 von vormals über 70 m² abgenommen hat, ist im gleichen Zeitraum ein substantieller Anstieg der Wohnfläche pro Kopf in Kanada zu beobachten (Lamb et al. 2021). Im Jahr 2000 lag diese in Kanada noch unter 50 m². In beiden Fällen gehören die neugebauten Häuser mit im Schnitt rund 186 m² nach wie vor zu den größten weltweit (Pinsker 2019).

Dabei wird die Entwicklung des Wohnraums in Nordamerika auf verschiedene Faktoren zurückgeführt: neben Einkommenseffekten oder einer leichten Kreditvergabe wird insbesondere für die USA die Rolle des Baurechts hervorgehoben (Pinsker 2019).

4.4.7.1.8 Australien und Ozeanien

Daten zu der durchschnittlichen Wohnfläche in Australien zeigen ein gemischtes Bild. So lag gemäß des australischen Finanzinstituts CommSec die Pro-Kopf-Wohnfläche im Jahr 2000 bei rund 43 m² und stieg bis 2017 auf rund 55 m² an. Damit liegt die Wohnfläche der meisten Australier*innen deutlich über dem europäischen Durchschnitt. Trotz steigender Pro-Kopf-Wohnfläche nimmt zugleich die Wohnfläche pro Gebäude beständig ab, auf durchschnittlich 183 m² pro Gebäude im Jahr 2020. Trotz dieses Rückgangs gehört die Wohnfläche pro Gebäude zu den höchsten Werten weltweit (CommSec 2022). Auch bei der durchschnittlichen Größe der neugebauten Häuser ist ein deutliches Wachstum zu beobachten. Die durchschnittliche Wohnfläche bei Neubauten in Australien lag Mitte der 2010er Jahre sogar bei knapp 80 m² pro Kopf (Ellsworth-Krebs 2020).

Für Neuseeland zeigt sich ein ähnliches Bild. Zwar ist die Wohnfläche der durchschnittlichen Wohneinheit hier 8 % niedriger als in Australien, mit 172,1 m² gehört sie aber nichtsdestotrotz zu den größten weltweit.

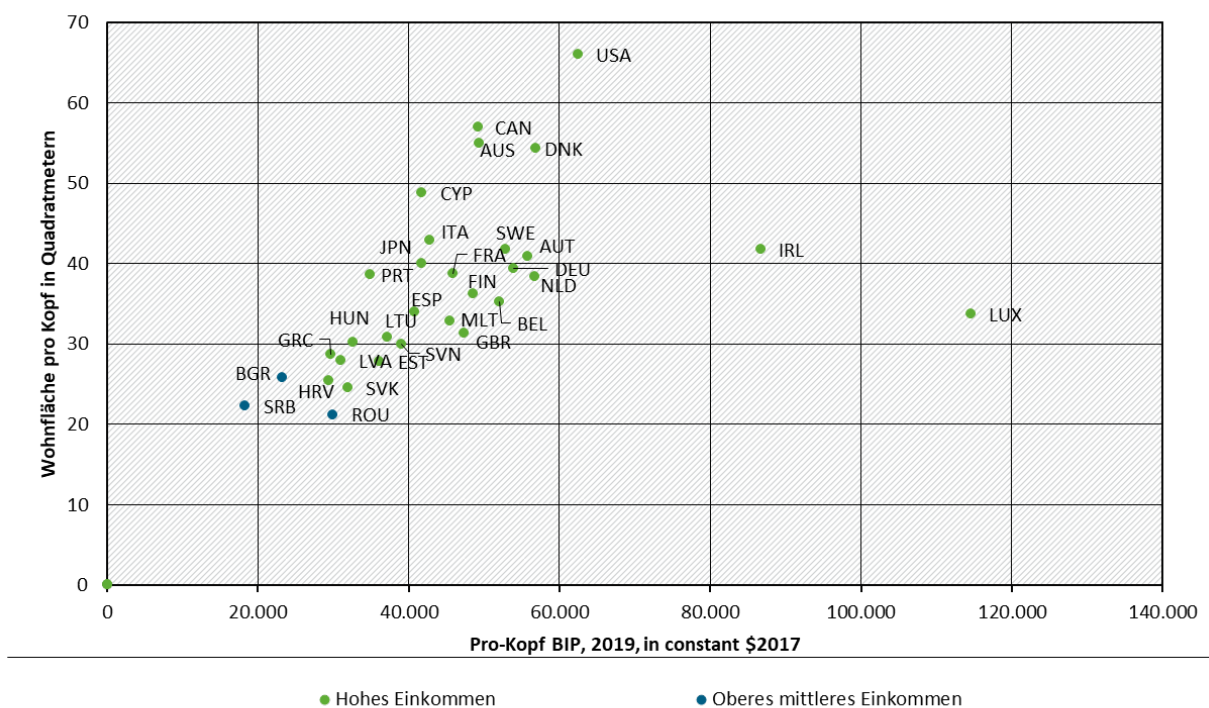
Auch die Betrachtung der Anzahl der Räume pro Person zeigt auf, dass in Neuseeland und Australien die Wohnfläche pro Kopf deutlich über dem weltweiten Durchschnitt liegt. Mit 2,4 Räumen pro Person in Neuseeland und 2,3 in Australien befinden sich die beiden Länder unter den fünf OECD Spitzenreitern. Für Neuseeland ist außerdem ein weiteres Wachstum von jährlich durchschnittlich 0,3 % zu beobachten (OECD 2022).

Auch die durchschnittlichen Haushaltsgrößen bestärken dieses Bild. So lag die durchschnittliche Haushaltsgröße in Australien und Neuseeland unter 3 Personen pro Haushalt und damit deutlich unter dem weltweiten Durchschnitt (Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency and the United Nations 2019).

4.4.7.2 Trends nach Einkommensgruppen

Aufgrund der geringen Datenverfügbarkeit ist die Analyse der Wohnfläche nach Einkommen nur sehr begrenzt möglich. Abbildung 94 zeigt den Zusammenhang von Wohnfläche und Pro-Kopf-Einkommen für ausgewählte Länder, für die Daten verfügbar sind. Es zeigt sich, dass ein höheres Einkommen häufig mit einer größeren Wohnfläche korreliert.

Abbildung 94: Pro-Kopf- Wohnfläche nach Pro-Kopf-Einkommen



Quelle: eigene Darstellung, Daten von Lamb et al. (2021), ENTRANZE (2022), World Bank (World Bank (2022a; e)).

Dies wird auch in einer Länderbetrachtung von Lamb et al. (2021) deutlich. Diese zeigt, dass ein Anstieg des Pro-Kopf-BIPs zwischen 2000 und 2017 bei 10 von 11 betrachteten Ländern mit einem Anstieg der Wohnfläche einherging. Lediglich in den USA sank die Pro-Kopf-Wohnfläche trotz steigendem Wohlstand in dem Betrachtungszeitraum.

4.4.7.3 Zukünftige Entwicklung der globalen Wohnfläche pro Kopf

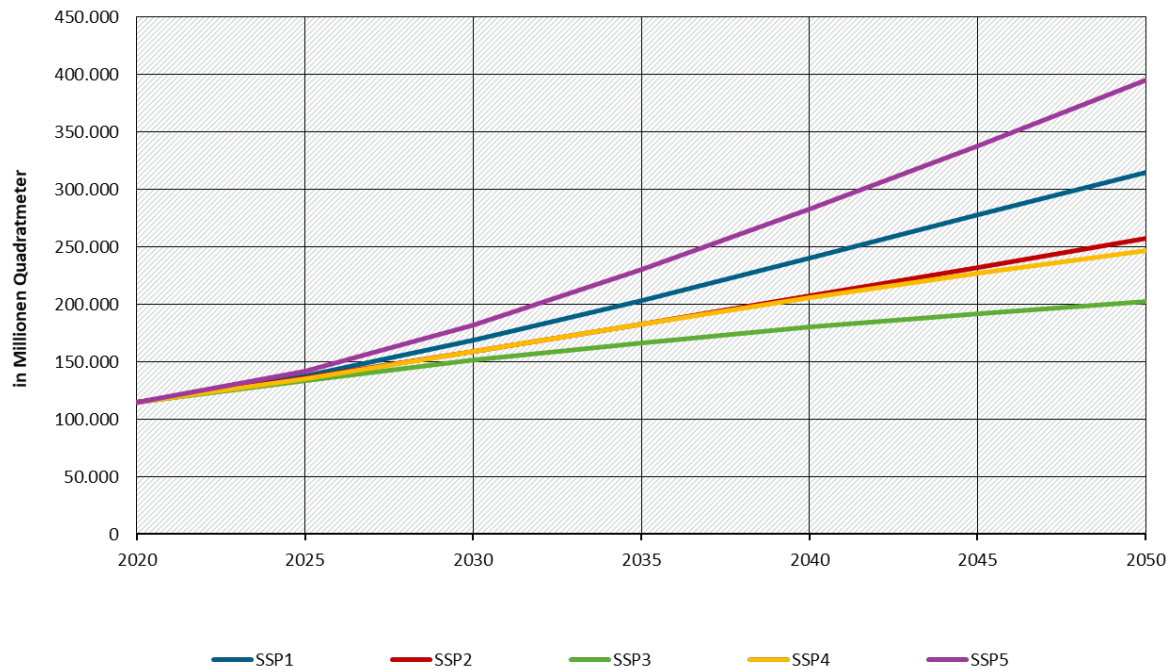
Aufgrund unzureichender Datenabdeckung ist eine Schätzung der künftigen Wohnraumentwicklung auf Basis eines globalen, aktuellen Durchschnitts im Rahmen dieser Betrachtung kaum möglich. Stattdessen erfolgt eine Schätzung auf Basis der für Deutschland beobachteten durchschnittlichen Wohnfläche bei einem gegebenen Pro-Kopf-Einkommen. Der nachstehenden Berechnung liegt dabei die Annahme zugrunde, dass Haushalte mit einem ähnlichen Einkommen über einen ähnlichen durchschnittlichen Wohnraum verfügen werden. Hierbei muss unterstellt werden, dass global künftig ähnliche soziale und kulturelle Faktoren die Pro-Kopf-Wohnfläche beeinflussen werden wie aktuell in Deutschland, insbesondere in Bezug auf die Entwicklung der durchschnittlichen Haushaltsgröße. Kulturelle oder soziale Unterschiede können in dem gewählten Vorgehen nicht berücksichtigt werden.

In 2020 lag das BIP pro Kopf in Deutschland bei \$51.840 (ppp, konstanter 2017 internationaler \$) pro Jahr (World Bank 2022a). Die deutsche durchschnittliche Pro-Kopf-Wohnfläche im Jahr 2020 beträgt 47,4 m² (vergleiche Kapitel 3.4.8). Weltweit lag das durchschnittliche Pro-Kopf-BIP bei rund \$16.175 und somit bei rund 31,2 % des deutschen Pro-Kopf-BIPs. Nimmt man einen linearen und proportionalen Zusammenhang zwischen Pro-Kopf-Einkommen und Wohnfläche an so lässt sich ein Schätzwert von 14,8 m² als geschätzte globale Wohnfläche pro Kopf ableiten⁵⁸. Skaliert mit einer Weltbevölkerung von 7,82 Mrd. im Jahr 2020 ergibt sich hieraus ein geschätzter weltweiter Wohnraumbedarf von rund 116 Mrd. m² (World Bank 2022b).

Die Ergebnisse einer Skalierung der deutschen Pro-Kopf-Wohnfläche im Jahr 2020 mit den Projektionen zur globalen Einkommensentwicklung der OECD auf Basis des ENV-Wachstumsmodells (Dellink et al. 2017) sowie den IIASA-WiC Bevölkerungs-Projektionen (KC und Lutz 2017) sind in Abbildung 95 dargestellt. Diese zeigt die so berechnete Entwicklung der absoluten globalen Wohnfläche bis 2050.

⁵⁸ Die Einkommensentwicklung, die von Dellink et al (2017) für das Jahr 2020 angenommen wurde, wurde real übertroffen, im Jahr 2020 lag das globale Pro-Kopf-Einkommen bei 31% des deutschen Durchschnitts. Es kann folglich davon ausgegangen werden, dass die Pro-Kopf-Wohnfläche im Jahr 2020 höher liegt als die hier angenommenen 14,8 m². Aus Gründen der Datenkonsistenz werden dennoch Vergleiche zu diesem Wert, basierend auf der Einkommens- und Bevölkerungsentwicklung von Dellink et al. (2017) und Kc und Lutz (2017) durchgeführt.

Abbildung 95: Projektion zur künftigen Entwicklung des absoluten Wohnraumbedarfs bis 2050



Quelle: eigene Darstellung basierend auf Daten aus Kapitel 3.4.8, World Bank (2022a) sowie der IIASA-WiC Bevölkerungsprojektionen (KC und Lutz 2017; Riahi et al. 2017) und den Einkommensprojektionen der OECD auf Basis des ENV-Wachstumsmodells (Dellink et al. 2017).

Im Jahr 2050 entspricht das globale Pro-Kopf-Einkommen in den verschiedenen SSP-Szenarien 32 % – 77 % des heutigen deutschen Pro-Kopf-BIP (Dellink et al. 2017). Die globale Pro-Kopf-Wohnfläche steigt damit auf rund 20 – 46 m² im Jahr 2050 an. In absoluten Werten entspricht dies einem Anstieg des absolut benötigten Wohnraums auf rund 202 – 395 Mrd. m² bzw. einem prozentualen Anstieg um 76 – 244 %. Während die Pro-Kopf-Wohnfläche damit um jährlich 1,1 – 3,9 % steigt, wächst die absolut benötigte Wohnfläche sogar um 1,9 – 4,3 %. Aggregiert steigt der globale Wohnflächenbedarf auf das 1,7 – 3,4-fache des heutigen geschätzten Ausgangsniveaus an.

Tabelle 46: Wohnfläche pro Kopf im Jahr 2050

Szenario	Wohnfläche pro Kopf 2050	Absoluter benötigter Wohnraum	Jährliche Wachstumsrate (pro Kopf m ²)
SSP1	37,2 m ²	314,7 Mrd. m ²	3,1 %
SSP2	28,1 m ²	257,7 Mrd. m ²	2,2 %
SSP3	20,3 m ²	202,3 Mrd. m ²	1,1 %
SSP4	27,0 m ²	246,5 Mrd. m ²	2,0 %
SSP5	46,1 m ²	394,9 Mrd. m ²	3,9 %

Quelle: eigene Berechnung basierend auf Steffen et al. (2015) sowie der IIASA-WiC Bevölkerungsprojektionen (KC und Lutz 2017; Riahi et al. 2017) und den Einkommensprojektionen der OECD auf Basis des ENV-Wachstumsmodells (Dellink et al. 2017).

4.4.7.4 Umweltwirkung

In Tabelle 47 sind die Umweltwirkungen der projizierten Wohnfläche im Jahr 2050 dargestellt. Für eine Abschätzung der heutigen Umweltwirkungen wird von einer durchschnittlichen Wohnfläche pro Kopf in Höhe von 14,8 m² ausgegangen.

Ohne technischen Wandel würde der Anstieg der globalen Wohnflächenbedarfe die Umweltbelastung durch alle betrachteten Umweltwirkungen mehr als verdreifachen (in SSP5). Insbesondere für den Umweltfaktor Stickstoff würde der globale Wohnraumbedarf im Jahr 2050 einen signifikanten Anteil der Grenzen einnehmen, das weltweit verbleibende jährliche CO₂-Budget würde deutlich überschritten.

Durch eine Transformation können insbesondere die Umweltwirkungen aus den Treibhausgasen deutlich reduziert werden, in den anderen relevanten Umweltwirkungen bleibt jedoch auch trotz Transformation die Belastung mindestens konstant oder steigt im Vergleich zum heutigen Niveau weiter an. Besonders stark ist dieser Effekt bei den Süßwasserbedarfen und den Phosphorflüssen. In Bezug auf den Süßwasserbedarf steigt dieser im Falle eines maximalen Bevölkerungs- und Einkommenswachstum auf das doppelte des heutigen Niveaus an, trotz Transformation. Noch deutlicher sind die negativen Effekte durch die gestiegene Phosphor-Belastung. Durch geänderte Produktionsverfahren steigt hier die Umweltbelastung sogar mit Transformation deutlicher an als ohne und könnte auch im Falle einer Transformation um 300 % steigen im Vergleich zum heutigen Niveau. Auch die Landnutzungsbedarfe des gestiegenen Wohnraumbedarfs können durch eine rein technische Transformation und Änderung in den Baumaterialien nicht hinreichend reduziert werden, sodass der Waldverlust auch im Falle einer Transformation um rund ein Drittel ansteigen wird.

Tabelle 47: Umweltwirkungen der globalen Wohnfläche heute und 2050

Planetare Grenze	Kontrollvariable	Umweltwirkung			Grenzwert/ Budget ⁵⁹	Künftiger Anteil an PG	
		Heute (2020)	Ohne tech. Änd. 2050 (SSP5)	Mit tech. Änd. nach Green-Supreme 2050 (SSP2)		2050 (SSP5)	Green Supreme (SSP2)
Klimawandel	CO ₂ [Gt/a]	1,0	3,4	0,29	1,2 – 1,5	269,5 %	21,0 %
Landnutzung	Waldverlust [km ²]	136,3	468,9	180,0	5.130.000	0,01 %	0,00 %
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [t/a]	145,5	500,5	452,2	6.200.000	0,01 %	0,01 %
	Stickstoff [Mio. t/a]	1,2	4,3	1,2	62	6,9 %	2,0 %
Süßwasser	Süßwasser [Mrd. m ³ /a]	12,4	42,5	24,7	4.000	1,1 %	0,62 %

⁵⁹ Budget aus heutiger Sicht. Die Grenzwerte werden für 2050 übernommen. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass die Grenzwerte sich verändern können, bspw. durch eine hohe Akkumulation der Grenzwertüberschreitungen in den vorangegangenen Jahren.

Quelle: eigene Berechnungen von ifeu und ecoinvent sowie Darstellung auf der Basis von Steffen et al. (2015) und Dittrich et al. (2020a, 2021a).

4.4.7.5 Zwischenfazit

Trotz geringer Datenabdeckung zeigt die historische Betrachtung der Pro-Kopf-Wohnfläche auf, dass diese in den vergangenen Jahren deutlich steigt, insbesondere, aber nicht ausschließlich in Ländern mit hohem Einkommen. Dieser Anstieg hat unter anderem dazu geführt, dass die absolute globale Wohnfläche heute doppelt so groß ist wie noch 1990. Eine abnehmende Haushaltsgröße und der Bau immer größer werdender Häuser sind dabei die wesentlichsten Treiber für diesen Trend. Innerhalb des globalen Trends lassen sich zudem regionale Unterschiede feststellen. So zeigt sich ein deutlicher, wenngleich abnehmender Unterschied in der Wohnfläche pro Kopf zwischen dem globalen Süden und Norden. Dies ist erkennbar anhand der verfügbaren Daten zur Wohnfläche sowie unter anderem anhand der Differenz beim Anteil der Bevölkerung, die unter beengten Verhältnissen lebt. Eine ganze Reihe von Indikatoren, welche mehr oder weniger unmittelbar mit der Wohnfläche pro Kopf verbunden sind und im Rahmen der regionalen Betrachtung analysiert wurden, unterstreichen diese Feststellung.

Aufbauend auf der regionalen Betrachtung des Status Quo und der historischen Entwicklung der Wohnfläche pro Kopf wurde deren zukünftige Entwicklung in einem nächsten Schritt für das Jahr 2050 geschätzt. Bei Zugrundelegung der in den SSP-Szenarien angenommene Einkommensentwicklung kann der Pro-Kopf-Wohnraum auf rund 20 – 46 m² ansteigen. In Bezug auf die absolute globalen Wohnflächenbedarfe entspricht dies einem Anstieg um 175 – 341 % auf maximal 395 Mrd. m².

Entsprechend stark werden die Umweltwirkungen ohne entsprechende Transformation steigen. Insbesondere die CO₂-Budgetgrenze wird vom künftigen Wohnraumbedarf deutlich überschritten werden. Auch die Belastungsgrenze in Bezug auf Stickstoff wird stark beansprucht. Eine umfassende Transformation wie im GreenSupreme-Szenario angenommen kann die Belastung der CO₂-Grenze durch das Gut Wohnen deutlich reduzieren, Wohnraum nimmt aber auch unter diesen Annahmen (in SSP2) rund 21 % des verbleibenden CO₂-Budgets in Anspruch. Auch in Bezug auf die anderen Umweltwirkungen, kann durch die Transformation eine deutliche Reduktion der Umweltwirkung erreicht werden. Dennoch steigt durch den stark steigenden Gesamtwohnraumbedarf die Umweltbelastung durch die Landnutzung, die Phosphorflüsse und den Süßwasserbedarf um das 1,3 – 3,1-fache des heutigen Niveaus an (in SSP2). Damit belastet in einer transformierten Welt der globale Wohnbedarf jedoch weniger als 1 % der planetaren Budgets in Bezug auf Flächenbedarf, Phosphor und Wasserbedarf. In Bezug auf Stickstoff nimmt der globale Wohnraumbedarf jedoch auch im Falle, dass eine umfassende Transformation realisiert werden kann, rund 2 % des globalen jährlichen Stickstoffbudgets in Anspruch.

4.4.8 Repräsentatives Gut 8: Haushaltsausstattung

Haushaltsgeräte haben seit Mitte des 19. Jahrhunderts zunehmend Einzug gehalten, insbesondere in den Küchen des globalen Nordens. Bereits bevor die Verfügbarkeit elektrischer Energie in privaten Haushalten zunahm, unterstützten mechanische Anwendungen wie verschiedene Modelle mechanischer Waschmaschinen oder mit Natureis gekühlte, isolierte Holzkisten die Arbeit im Haushalt. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden dann zunehmend auch elektrische Haushaltsgeräte entwickelt und kamen insbesondere in Nordamerika und Europa auf den Markt. Aufgrund hoher Preise dauerte es im Falle des elektrischen Kühlschranks aber beispielsweise noch bis zu den 1930er Jahren, bis sich der Kühlschrank zuerst in den USA, ab den 1950er Jahren auch in anderen Ländern wie beispielsweise Deutschland als Alltagsgegenstand

durchgesetzt hatte (Rexing 2015). In den 60er Jahren besaßen zudem nur 0,2 % der deutschen Küchen einen elektrischen Geschirrspüler (Frankfurter Allgemeine Zeitung 2013). Seit Mitte des 20. Jahrhunderts stieg dann der Besitz von Haushaltswaren in den Ländern des globalen Nordens deutlich an, in Österreich beispielsweise besaßen 1974 bereits mehr als 80 % der Haushalte einen Kühlschrank, in Großbritannien besaßen 1975 bereits 72 % der Haushalte eine Spülmaschine (Cabeza et al. 2018). In Ländern mit hohem Einkommen ist die Ausstattung von Haushalten mit Kühlschränken und Waschmaschinen seitdem längst ein Standard geworden, auch Kaffeemaschinen und Kochstellen sind weit verbreitet (Statista 2022m). In Deutschland verfügt eine Person im Jahr 2020 im Schnitt über 0,89 Kühlschränke, 0,71 Waschmaschinen, 0,5 Kochstellen, 0,57 Kaffeemaschinen und 0,37 Spülmaschinen. Anders verhält es sich hingegen in vielen Ländern mit niedrigeren und mittleren Einkommen, insbesondere in Afrika und Asien, wo der Besitz von Kühlschränken und Waschmaschinen bei weitem noch kein Standard darstellt. Im Folgenden werden die globalen Entwicklungen des Eigentums von Haushaltsgeräten seit 1990 betrachtet.

4.4.8.1 Entwicklungen und aktueller Stand des Eigentums von Haushaltswaren

Die Ausstattungsgrade von Haushaltsgütern sind global in den vergangenen 20 Jahren deutlich gestiegen. Während beispielsweise der Anteil der Haushalte mit einem Kühlschrank global im Jahr 2000 bei unter 60 % lag, stieg er bis 2020 auf rund 80 % an. Auch der Anteil von Haushalten mit einer Waschmaschine stieg im selben Zeitraum an, wenngleich etwas schwächer, von rund 40 % auf knapp über 50 % (IEA 2022t). Längere Zeitreihen zu der Entwicklung des Eigentums von Haushaltsgütern sind nur begrenzt verfügbar. Cabeza et al. (2018) analysieren die historische Entwicklung des Ausstattungsgrads von Kühlschränken und Waschmaschinen in ausgewählten Ländern des globalen Nordens sowie in Indien und China seit 1970.⁶⁰ Es zeigt sich, dass insbesondere in den Ländern mit einem hohen Einkommen bereits zum Ende des 20. Jahrhunderts hohe Eigentumsraten in Bezug auf Waschmaschinen und Kühlschränke vorlagen und diese seitdem auf hohem Niveau überwiegend stagnieren. Auch in China stieg der Ausstattungsgrad mit Kühlschränken und Waschmaschinen insbesondere nach der wirtschaftlichen Öffnung in den 1980er Jahren sehr schnell an und bewegt sich seither auf einem ähnlich hohen Niveau wie in den betrachteten europäischen Ländern und den USA. Insbesondere in Bezug auf den Besitz von Kühlschränken zeigen sich dabei Eigentumsraten teilweise deutlich größer 1. Dies gibt an, dass beispielsweise in den USA, Japan, Ungarn und Australien Haushalte häufig mehr als einen Kühlschrank besitzen.

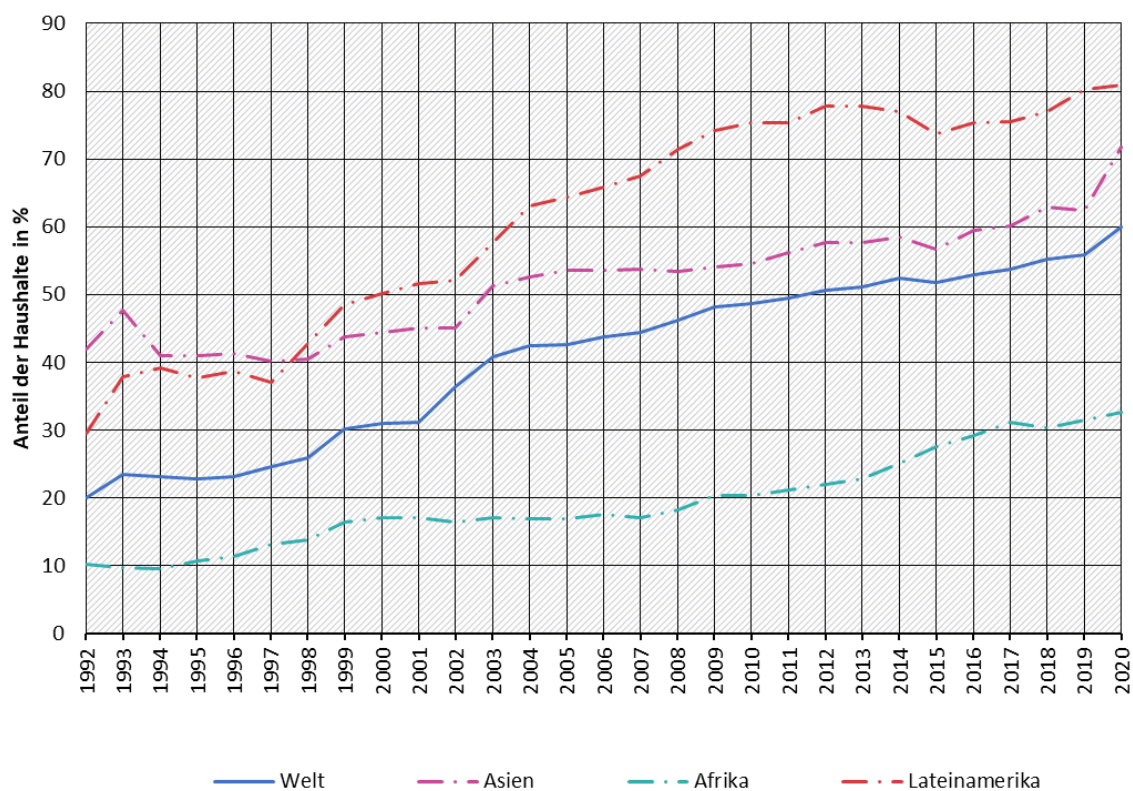
Abbildung 96 zeigt zudem die mittlere Entwicklung des Anteils der Haushalte, die über einen Kühlschrank verfügen, basierend auf Daten aus Haushaltsbefragungen in 125 Ländern des globalen Südens⁶¹. Wenngleich die dargestellten aggregierten Werte aufgrund der Datenstruktur und Datenverfügbarkeit nicht als abschließend belastbar eingestuft werden können (nicht balanciertes und nicht repräsentatives Datenset), so zeigen sie doch einen grundsätzlichen Trend sowie deutliche Unterschied in der Verfügbarkeit von Kühlschränken im globalen Süden

⁶⁰ In diesem Kapitel wird der Begriff Eigentumsrate verwendet, wenn die absolute Anzahl der Haushaltsausstattung mit Haushaltsgeräten betrachtet wird, also beispielsweise wie viele Kühlschränke ein Haushalt besitzt. Dies berücksichtigt auch eine Mehrfachausstattung, also wenn ein Haushalt mehr als einen Kühlschrank besitzt (Eigentumsrate >1). Im Gegensatz dazu wird im Folgenden von Penetrationsrate gesprochen, wenn der Anteil der Haushalte mit Zugang zu mindestens einem Kühlschrank betrachtet wird.

⁶¹ Die Darstellung beruht auf dem Jahresmittelwert der Länder, für die im jeweiligen Jahr Daten verfügbar sind. Es liegen für die betrachteten Länder keine kontinuierlichen Zeitreihen vor: Das Datenset ist nicht ausbalanciert, was die teilweise deutlichen Schwankungen zwischen einzelnen Jahren erklärt. Fehlende Datenpunkte werden interpoliert, sowie an den Rändern für bis zu 3 Jahre extrapoliert. In den betrachteten Ländern sind 49 afrikanische Länder, 29 lateinamerikanische Länder und 35 asiatische Länder inkludiert. Aufgrund der vergleichbar guten Datenverfügbarkeit in Afrika unterschätzt der aggregierte globale Durchschnitt voraussichtlich den realen globalen Durchschnitt.

auf. So lag der globale Mittelwert der Haushalte, die Mitte der 1990er Jahre in den betrachteten Ländern über einen Kühlschrank verfügten, bei rund 20 %. Dabei ist dieses niedrige Niveau insbesondere von sehr niedrigen Ausstattungsraten in Afrika geprägt, wohingegen in den betrachteten lateinamerikanischen und asiatischen Ländern die Eigentumsquote bereits fast drei- bzw. viermal so hoch liegt. Bis 2018 stieg der Anteil der Haushalte, die einen Kühlschrank besitzen, in allen drei betrachteten Regionen, am stärksten jedoch in Lateinamerika. Zum Ende der 2010er Jahre liegt der globale Mittelwert für 59 Länder, für die Datenpunkte zwischen 2017 und 2020 verfügbar sind, bei rund 57 %. Dabei liegt der Mittelwert für die verfügbaren asiatischen und lateinamerikanischen Länder mit rund 78 % bzw. 80 % rund dreimal so hoch wie in Afrika.⁶²

Abbildung 96: Entwicklung der Eigentumsrate von Kühlschränken, 1995-2020, ausgewählte Länder des globalen Südens



Quelle: eigene Darstellung basierend auf Daten von Global Data Lab (2022a)

4.4.8.2 Regionale Trends nach Kontinenten

4.4.8.2.1 Afrika

Die Haushaltsausstattung in den Ländern Afrikas gehört zu den niedrigsten im hier aufgezeigten kontinentalen Vergleich. So liegt der Anteil der Haushalte, die über einen Kühlschrank verfügen, in 2017-2019 in einem Mittel aus 26 afrikanischen Ländern bei lediglich rund 31 % (Global Data Lab 2022a). In Bezug auf den Besitz einer Waschmaschine ist die durchschnittliche afrikanische Ausstattung noch niedriger. Innerhalb der 12 Länder, für die Daten zwischen 2017 und 2020

⁶² Von 59 Ländern für die aktuelle (nicht extrapolierte) Daten zum Anteil der Haushalte mit einem Kühlschrank verfügbar sind, befinden sich 24 in Afrika, 15 in Asien und 9 in Lateinamerika.

vorhanden sind, liegt der Durchschnitt der Haushalte, die über eine Waschmaschine verfügen, bei lediglich 16 %, der Median sogar bei lediglich 3 % (Global Data Lab 2022b).

Abbildung 97 zeigt für ausgewählte afrikanische Länder die Entwicklung der Anteile der Haushalte, die über einen Kühlschrank verfügen. Die vorhandenen Daten zeigen ein stark heterogenes Bild über die Länder hinweg. So besitzen in Algerien, Tunesien und Ägypten schon mindestens seit den 2010er Jahren mehr als 90 % der Haushalte einen Kühlschrank. In Bezug auf eine Waschmaschine sind es mehr als 50 % in Algerien und Tunesien und mehr als 90 % in Ägypten (Global Data Lab 2022b).

In einigen anderen afrikanischen Ländern wie Benin, Malawi, Ruanda und Liberia liegt der Anteil der Haushalte mit einem Kühlschrank in 2018/2019 hingegen immer noch unter 10 %. In Benin und Ruanda ist dieser Anteil seit den 1990er Jahren zudem kaum gestiegen. Ein deutliches Wachstum der Eigentumsraten von Kühlschränken ist hingegen beispielsweise in Ghana, Zimbabwe und dem Senegal zu verzeichnen. Während hier der Anteil der Haushalte mit einem Kühlschrank in den 1990er Jahren noch bei unter 15 % lag, stieg er auf 30 – 42 % zwischen 2017 und 2019. Ein Großteil des Zuwachses erfolgte dabei in Subsahara Afrika ab den 2010er Jahren. (Global Data Lab 2022a)

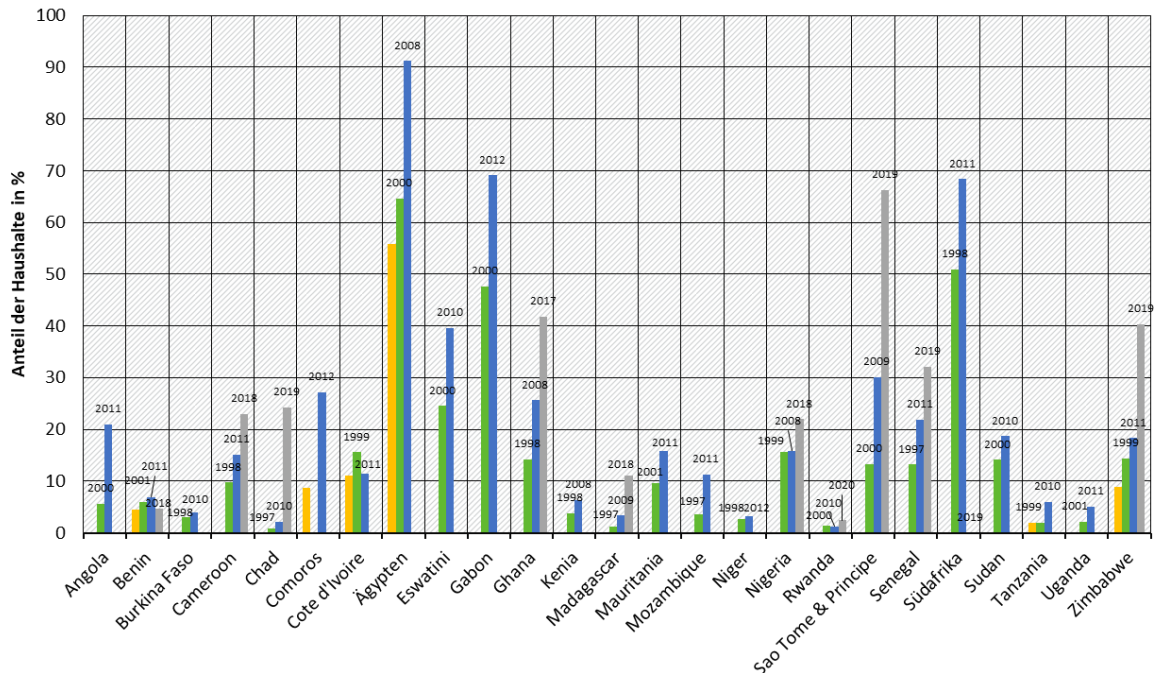
Gleichzeitig verfügte in Ägypten bereits Anfang der 2000er Jahre eine große Mehrheit der Haushalte über eine Waschmaschine (83,1 %) und einen Kühlschrank (64,4 %), im selben Zeitraum besaß in Ghana und dem Senegal nur gut jeder 8. Haushalt einen Kühlschrank. Auch in Algerien und Südafrika verfügte Anfang der 2000er bereits ein signifikanter Anteil der Haushalte über einen Kühlschrank (50,9 % in Südafrika und 84,7 % in Algerien). (Global Data Lab 2022a)

Wenngleich in einigen Ländern Subsahara Afrikas deutliche Wachstumsraten insbesondere seit den 2010er Jahren zu erkennen sind, stellt der Besitz von Kühlschränken in den meisten afrikanischen Ländern bei weitem noch kein Standard-Haushaltsgut dar. So besitzen nur in 4 von 26 Ländern, für die aktuelle Daten verfügbar sind, zwei von drei Haushalten einen Kühlschrank. Für 15 von 26 verfügbaren Länderdaten verfügt hingegen nur maximal jeder dritte Haushalt über einen eigenen Kühlschrank. (Global Data Lab 2022a)

Der Haushaltsbesitz von Waschmaschinen ist zudem noch deutlich weniger verbreitet. In dem überwiegenden Anteil der Länder, für die Daten erhoben werden, stellt der Besitz einer Waschmaschine ein Luxusgut dar. So lag der Mittelwert der Anteile der Haushalte, die eine Waschmaschine besitzen, bei 22 %, der Median jedoch bei lediglich 3,5 % (Global Data Lab 2022b).

Privatwirtschaftliche Marktanalysen zur Entwicklung des Absatzpotentials erwarten jedoch ein hohes künftiges Wachstum des Besitzes von Haushaltsgütern in afrikanischen Ländern. So zeigen Hochrechnungen basierend auf Onlineverkaufszahlen an den Endkunden für den afrikanischen Kontinent eine Marktpenetrationsrate von Haushaltsgeräten im Jahr 2020 von lediglich 9,6 % (Anteil aktive Nutzer durch Marktpotential). Prognostiziert wird aber ein starkes Wachstum auf 23 % bis 2025 (Statista 2022n).

Abbildung 97: Anteil der Haushalte mit einem Kühlschrank, für ausgewählte afrikanische Länder (für verfügbare Jahre zwischen 1992 und 2019)



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Global Data Lab (2022a)

4.4.8.2.2 Asien

Die Ausstattung mit Haushaltsgütern ist in Asien in den vergangenen Jahren deutlich gestiegen, sodass der Besitz eines Kühlschranks und einer Waschmaschine heute vergleichsweise weit verbreitet ist. So liegt der durchschnittliche Anteil der Haushalte, die über eine Waschmaschine verfügen, in 2017 – 2020 bei rund 59 % (Subset von 13 Ländern, für die Daten ab 2017 verfügbar sind). In Bezug auf das Eigentum von Kühlschränken liegt der Durchschnitt über die verfügbaren Länderdaten mit rund 69 % sogar noch höher (basierend auf 19 Länderdatenpunkten).

Diese hohen Durchschnittszahlen sind auf ein dynamisches Wachstum der Eigentumsraten in vielen asiatischen Ländern seit den 1990er Jahren zurückzuführen. Abbildung 98 zeigt die Entwicklung der Anteile der Haushalte, die über einen Kühlschrank verfügen, in ausgewählten asiatischen Ländern. Während in Indonesien beispielsweise 1997 nur rund 11 % der Haushalte über einen Kühlschrank verfügten, lag dieser Anteil 2017 mit 57 % mehr als fünfmal so hoch. In Vietnam stieg der Anteil von Haushalten mit einem Kühlschrank von rund 8 % im Jahr 1997 auf rund 61 % und damit auf fast das Achtfache im Jahr 2014. Insbesondere in West- und Zentralasien ist hingegen in einigen Ländern der Besitz von Kühlschränken auch Mitte der 2000er Jahre schon verbreiteter. So besitzen in der Türkei, in Syrien, in Kasachstan, dem Irak und Turkmenistan bereits 85 % oder mehr Haushalte in diesem Zeitraum einen Kühlschrank. (Global Data Lab 2022a)

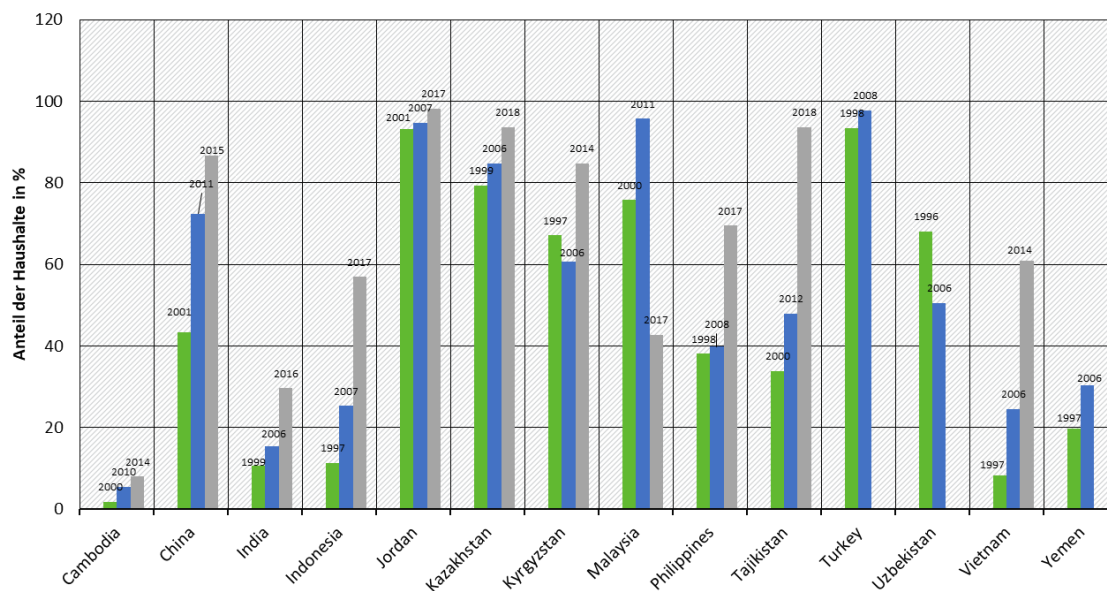
Nicht in allen asiatischen Ländern ist jedoch eine deutliche Wachstumsdynamik erkennbar, wie beispielsweise in Indonesien, Georgien, Pakistan oder Tajikistan im Laufe der 2010er Jahre. In Afghanistan liegt der Anteil an Haushalten mit einem Kühlschrank beispielsweise 2015 nur bei 19,3 % und auch in Nepal und Myanmar mit jeweils rund 16 % im Jahr 2016 sind die Aufholeffekte vergleichsweise gering. (Global Data Lab 2022a)

Auch in Bezug auf den Besitz einer Waschmaschine zeigt sich, dass diese in vielen asiatischen Ländern mittlerweile kein Luxusgut mehr darstellt. So verfügen beispielsweise in Thailand bereits 72 % aller Haushalte über eine Waschmaschine, in der Mongolei rund 75 % und in Jordanien sogar 97 %. Dem gegenüber liegt in anderen Ländern wie beispielsweise Bangladesch oder Philippinen der Anteil der Haushalte, die über eine Waschmaschine verfügen, mit rund 38 % bzw. 43 % weiterhin deutlich unter dem asiatischen Durchschnitt. (Global Data Lab 2022b)

Angaben zum Besitz von anderen Haushaltsgütern sind nur punktuell verfügbar. So zeigt eine Umfrage einer privaten Statistikplattform beispielsweise, dass in Südkorea nur rund einer von drei Haushalten einen Ofen und rund 20 % eine Spülmaschine besitzen. In Japan liegt der Anteil mit 55 % (Ofen) und 26 % (Spülmaschine) trotz eines hohen Einkommensniveaus deutlich unter dem europäischen Vergleich. (Statista 2022m)

Privatwirtschaftliche Marktanalysen zeigen zudem eine starke Wachstumsprognose für den asiatischen Raum. So zeigen Hochrechnungen basierend auf Onlineverkaufszahlen an den Endkunden für den asiatischen Kontinent eine Marktpenetrationsrate von Haushaltsgeräten im Jahr 2020 von 18 % (Anteil aktive Nutzer durch Marktpotential). Es wird aber ein starkes Wachstum auf 37,5 % bis 2025 prognostiziert (Statista 2022n).

Abbildung 98: Anteil der Haushalte mit einem Kühlschrank, für ausgewählte asiatische Länder (für verfügbare Jahre zwischen 1992 und 2019)



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Global Data Lab (2022a)

4.4.8.2.3 China

In China hat sich die Ausstattung der Haushalte mit Haushaltsgütern in den vergangenen Jahren dynamisch entwickelt. Insbesondere mit der wirtschaftlichen Liberalisierung bis zu dem Beginn der 2000er Jahre stieg der Anteil der Haushalte, die über einen Kühlschrank verfügten, deutlich an. So lag die Eigentumsrate von Kühlschränken und Waschmaschinen 1980 noch unter 0,1 (das heißt weniger als 10 Geräte pro 100 Haushalte). Bis zu Beginn der 2000er Jahre stieg der Besitz deutlich an, sodass auf 100 Haushalte rund 90 Kühlschränke und knapp 80 Waschmaschinen kamen (Cabeza et al. 2018). In 2015 verfügten bereits 85 % aller Haushalte über eine Waschmaschine und rund 87 % über mindestens einen Kühlschrank (Penetrationsrate) (Global Data Lab 2022a; b). Seitdem stagnieren die Ausstattungsdaten in China jedoch weitestgehend

auf einem hohen Niveau. Während sich diese in Bezug auf Waschmaschinen und Kühlschränken dabei auf einem ähnlichen Niveau wie in einigen europäischen Ländern bewegen, liegt die durchschnittliche Ausstattung chinesischer Haushalte in Bezug auf Spülmaschinen und Kochstellen noch deutlich unter dem europäischen Niveau (Statista 2022m).

4.4.8.2.4 Indien

In Indien besaßen 2021 63 % der Haushalte einen Ofen, 87 % einen Kühlschrank, 16 % eine Spülmaschine und 76 % eine Waschmaschine (Statista 2022m). Die Haushaltsausstattung liegt damit auf einem ähnlichen Niveau wie in China sowie leicht über dem asiatischen Durchschnitt. Im Vergleich zu den betrachteten europäischen Ländern verfügen in Indien jedoch deutlich weniger Haushalte über eine Kochstelle oder eine Spülmaschine.

Die hohe Ausstattungsrate ist dabei auf ein starkes Wachstum in den 2000er Jahren zurückzuführen. So verfügten 1992 nur rund 7 % aller Haushalte über einen Kühlschrank, im Jahr 2006 waren es dann bereits 15 % (Global Data Lab 2022a).

4.4.8.2.5 Europa

In Europa ist die Ausstattung der Haushalte länderübergreifend hoch. So liegt in sechs Ländern aus Nord-, West-, und Südeuropa⁶³, für die aktuelle Daten verfügbar sind, der Anteil der Haushalte mit einem Kühlschrank im Mittel bei 93 %. Im Mittel verfügen 90 % aller Haushalte in diesen Ländern über eine Waschmaschine (Statista 2022m). Auch in osteuropäischen Ländern ist der Besitz eines Kühlschranks weit verbreitet. In den Ländern Albanien, Armenien, Georgien, Kosovo, Nord-Mazedonien, Montenegro und Serbien verfügen deutlich über 90 % aller Haushalte zwischen 2016 und 2020 über einen Kühlschrank (Global Data Lab 2022a). Auch der Ausstattungsgrad mit Waschmaschinen ist in den betrachteten osteuropäischen Ländern hoch, mit weniger als 10 % der Haushalte, die nicht über eine Waschmaschine verfügen (Global Data Lab 2022b).

Wenngleich kaum historische Daten verfügbar sind, zeigen einzelne Datenpunkte bereits für Ende des 20. Jahrhunderts ein hohes Ausstattungsniveau in Europa an. So kamen in Österreich bereits 1980 auf 100 Haushalte fast 100 Kühlschränke, bis zum Beginn der 2000 stieg die Eigentumsrate von Waschmaschinen auf rund 0,9 an. Auch in Frankreich und Spanien lag die Eigentumsrate für Kühlschränke und Waschmaschinen je Haushalt Anfang der 2000er Jahre bereits bei mehr als 0,9 (Cabeza et al. 2018). In Dänemark lag die Eigentumsrate von Kühlschränken in 1990 hingegen noch bei lediglich rund 0,3, stieg aber bis 2010 deutlich auf nahezu 1 (Cabeza et al. 2018).

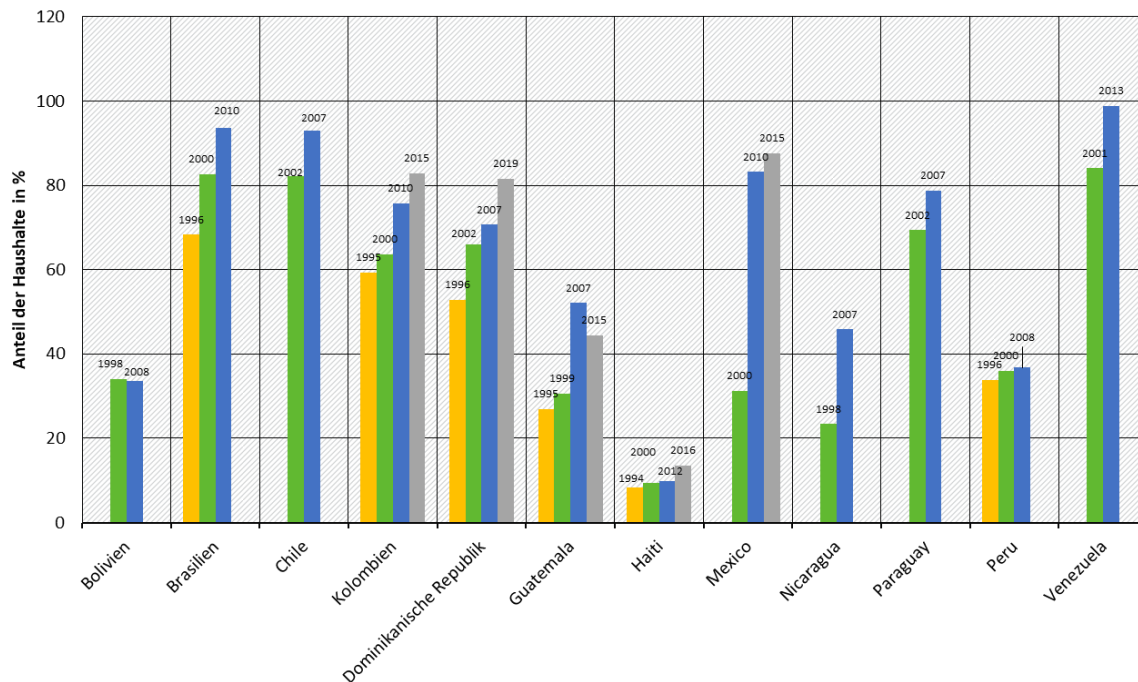
4.4.8.2.6 Lateinamerika und Karibik

Auch für Südamerika sind keine langen Zeitreihen zum Besitz von Haushaltsgütern verfügbar. Die folgende Betrachtung bezieht sich auf 11 Länder, für die zwischen 1998 und 2003 sowie 2008 – 2012 jeweils mindestens ein Datenpunkt aus Haushaltsbefragungen zum Besitz von Kühlschränken zur Verfügung steht. Die verfügbaren Daten zeigen eine vergleichsweise hohe Penetrationsrate sowie ein moderates Wachstum seit Mitte der 1990er Jahren. Im Mittel liegt der Anteil der Haushalte mit einem eigenen Kühlschrank in den betrachteten Ländern um die Jahrtausendwende bereits bei rund 51 %. Innerhalb von im Schnitt zehn Jahren stieg der Anteil auf rund 66 %. Dabei zeichnen sich deutliche regionale Unterschiede ab. So lag der Anteil der Haushalte mit einem Kühlschrank in Kolumbien 1995 bereits bei rund 60 % und stieg bis 2015 auf rund 82 % an. In Haiti hingegen lag der Anteil der Haushalte mit einem Kühlschrank 1996

⁶³ Länder, zu denen aktuelle Daten verfügbar sind, sind Italien, Deutschland, Spanien, Frankreich, Schweden und Großbritannien.

bei lediglich 8,3 % und stieg bis 2017 nur leicht auf 13 % an. In Brasilien, Chile und Venezuela lag der Anteil der Haushalte mit einem Kühlschrank zwischen 1998 und 2003 bereits bei über 80 % und stieg auf über 90 % in den 2010er Jahren (Global Data Lab 2022a).

Abbildung 99: Anteil der Haushalte mit einem Kühlschrank, für ausgewählte lateinamerikanische Länder (für verfügbare Jahre zwischen 1992 und 2019)



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Global Data Lab (2022a)

Daten zum Besitz von Waschmaschinen sind ebenfalls nur vereinzelt verfügbar. Die verfügbaren Zahlen auf Basis von 6 Ländern zeigen zu Beginn des 21. Jahrhunderts eine mittlere Penetrationsrate von 42 %. In diesen Ländern stieg der Anteil der Haushalte, welche über eine eigene Waschmaschine verfügen, bis zu den 2010er Jahren deutlich auf durchschnittlich 63 % an. Jüngere Daten zu den Penetrationsraten sind nur vereinzelt verfügbar, diese liegen aber häufig über 70 %. So liegt der Anteil der Haushalte mit einer Waschmaschine in Kuba und der Dominikanischen Republik 2019 bereits bei 76 und 77 %, in Costa Rica und Suriname im Jahr 2018 bei 94 und 87 %. In einzelnen Ländern wie El Salvador (18,5 % in 2014), Guatemala (15,1 % in 2015), Peru (22,4 % in 2012) und Nicaragua (8,9 % in 2012) liegt der Anteil der Haushalte mit einer eigenen Waschmaschine jedoch noch deutlich unter dem lateinamerikanischen Durchschnitt (Global Data Lab 2022b).

Auch in Bezug auf andere Haushaltsgüter wie Kochstellen und Spülmaschinen sind nur wenige Zahlen zu der Ausstattung in Lateinamerika verfügbar. Für Kochstellen zeigen verfügbare Zahlen für Brasilien und Argentinien ähnliche Ausstattungswerte wie in europäischen Ländern, über 90 % der Haushalte verfügen über einen eigenen Herd. In Mexiko liegt der Anteil mit nur rund 70 % hingegen niedriger. In Bezug auf den Besitz einer Spülmaschine zeigen sich zudem noch deutlichere Unterschiede zu Europa oder Nordamerika. In Brasilien verfügen rund 20 % der Haushalte über eine eigene Spülmaschine, in Argentinien und Mexiko sind es sogar nur rund 10 %. (Statista 2022m)

4.4.8.2.7 Nordamerika

In den USA stiegen die Haushaltsausgaben für Haushaltsgüter (preisbereinigt) insbesondere zwischen Mitte der 1960er und 1980er Jahre deutlich an, seitdem stagnieren sie nahezu (Federal Reserve Bank of St. Louis 2022). Seit den 1990er Jahren wird die Eigentumsrate des Besitzes von Kühlschränken mit rund 1,2 angegeben, das heißt viele US-amerikanische Haushalte besitzen mehr als einen Kühlschrank. Auch in Bezug auf den Besitz von Waschmaschinen war die Eigentumsrate in den USA bereits in den 1990er Jahren hoch (rund 0,8) und stagnierte seitdem. Während der Großteil der Zunahme des Besitzes von Kühlschränken und Waschmaschinen folglich bereits vor 1990 erfolgte und seitdem stagnierte, stieg der Besitz von Spülmaschinen in den USA zwischen 1990 und 2010 nochmals deutlich an, von rund 0,45 pro Haushalt in 1990 auf rund 0,6 pro Haushalt um die 2010er Jahre (Cabeza et al. 2018).

In Kanada lag der Anteil der Haushalte mit mindestens einem Kühlschrank im Jahr 2021 bei 89 %, bei einer Waschmaschine bei 77 % (Penetrationsrate). Rund 81 % der Haushalte verfügen zudem über eine Kochstelle, 69 % über eine Kaffeemaschine und 57 % über eine Spülmaschine. (Statista 2022m)

4.4.8.2.8 Australien und Ozeanien

Auch Australien ist durch hohe Penetrationsraten mit Haushaltsgeräten gekennzeichnet. So verfügen in Australien in 2021 89 % aller Personen zwischen 18 und 64 über einen Kühlschrank und 87 % über eine Waschmaschine (Statista 2022m). Historische Daten zeigen, dass bereits Mitte der 1990er Jahre hohe Eigentumsraten über 1 vorlagen. Bis Mitte der 2000er Jahre stiegen diese nochmals auf fast 1,4 an. In Australien verfügen somit viele Haushalte über mehr als einen Kühlschrank. Auch die Eigentumsraten von Waschmaschinen in Australien sind mit über 0,9 ähnlich hoch wie in anderen Industrieländern und stagnieren seit den 1990er Jahren weitestgehend (Cabeza et al. 2018).

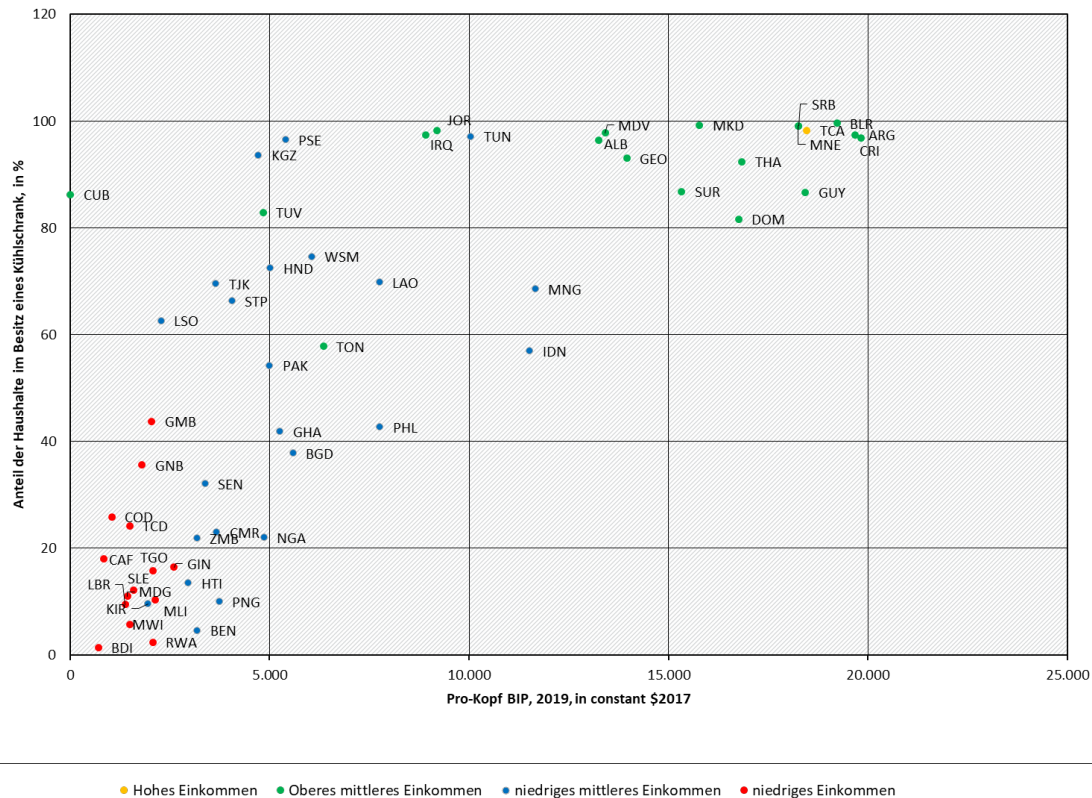
In anderen Ländern Ozeaniens zeigen die verfügbaren Daten jedoch deutliche Unterschiede in der Ausstattung mit Haushaltswaren auf. So verfügen auf Kiribati im Jahr 2018 nur knapp 10 % aller Haushalte über einen Kühlschrank, ebenso in Papua-Neuguinea im Jahr 2017. In anderen Ländern wie Samoa oder Tuvalu liegt der Anteil hingegen bereits bei 75 % bzw. 83 % (Global Data Lab 2022a). Auch Waschmaschinen sind in einigen ozeanischen Ländern noch wenig verbreitet, beispielsweise in Kiribati und Samoa, wo der Anteil der Haushalte mit einer Waschmaschine bei rund 24 % bzw. 34 % liegt (Global Data Lab 2022b). Historische Entwicklungen lassen sich hier aufgrund fehlender Datenquellen kaum aufzeigen.

4.4.8.3 Trends nach Einkommensgruppen

Die verfügbaren hier dargelegten Daten zeigen auf, dass die Ausstattungswerte für Haushaltsgeräte wie Kühlschränke und Waschmaschinen in vielen Ländern in den vergangenen Jahren deutlich gestiegen sind. Dieses Wachstum korrelierte mit einem gleichzeitigen Einkommenswachstum, Länder mit hohem Einkommen weisen hingegen zunehmend einen Sättigungstrend auf.

Abbildung 100 stellt die verfügbaren Datenpunkte zum Anteil der Haushalte, die über einen Kühlschrank verfügen, in Bezug zum Pro-Kopf-Einkommen. Auch hier zeigt sich deutlich eine steigende Haushaltsausstattung mit einem Kühlschrank mit steigendem Einkommen.

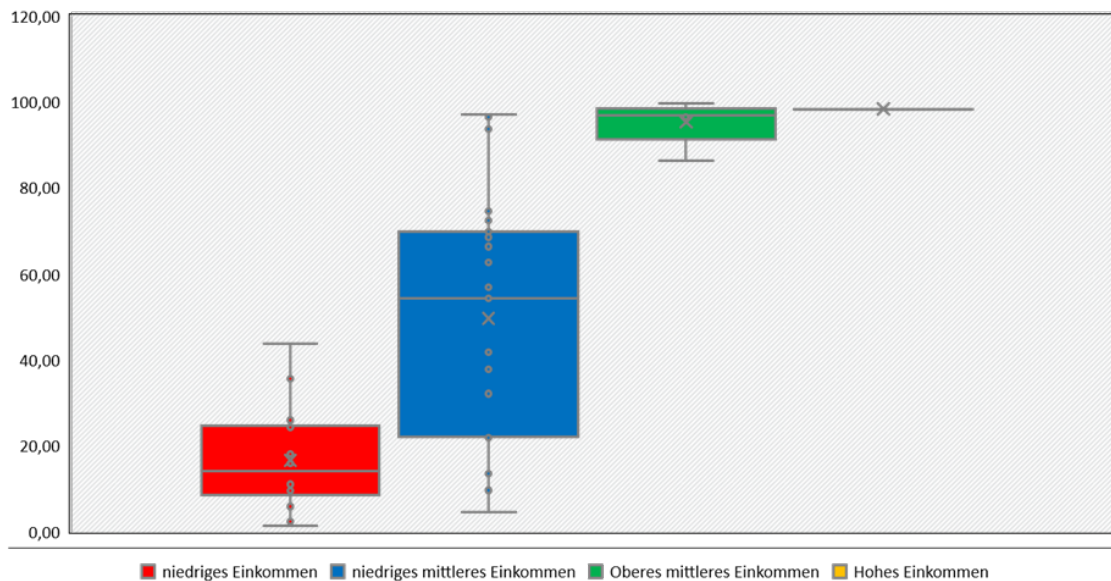
Abbildung 100: Anteil der Haushalte, die einen Kühlschrank besitzen, nach Einkommen pro Kopf



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis von Global Data Lab (2022a) und World Bank (2022a; e)

Abbildung 101 hingegen stellt die Verteilung der Ausstattung mit einem Kühlschrank nach unterschiedlichen Einkommensgruppen dar (Penetrationsrate). Es zeigt sich, dass insbesondere in den unteren Einkommensgruppen der Besitz von Kühlschränken mit steigendem Einkommen stark ansteigt. Die Unterschiede zwischen Ländern mit oberen mittleren sowie hohen Einkommen sind jedoch gering.

Abbildung 101: Anteil der Haushalte, die über einen Kühlschrank verfügen, nach Einkommensgruppen



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis von Global Data Lab (2022a) und World Bank (2022a).

Rao und Ummel (2017) zeigen auf, dass neben dem Einkommen auch andere Faktoren wie lokale Preise oder auch kulturelle Faktoren das Eigentum von Kühlschränken und Waschmaschinen und die länderspezifischen Eigentumsraten erklären (können). Zudem finden die Autoren, dass bei einer gegebenen Einkommensschwelle in den betrachteten Ländern (Brasilien, Indien und Südafrika) der Besitz eines Kühlschranks über dem einer Waschmaschine präferiert wird.

4.4.8.4 Zukünftige Entwicklung der globalen Verbreitung von Haushaltswaren

Im Folgenden erfolgt eine Schätzung der globalen Entwicklung des privaten Konsums von Haushaltswaren. Aufgrund unzureichender Datenverfügbarkeit zum aktuellen Konsumniveau der betrachteten Haushaltegerätee erfolgt dabei eine Schätzung auf Basis der deutschen durchschnittlichen Eigentumsraten. Der nachstehenden Berechnung liegt dabei die Annahme zugrunde, dass Haushalte mit einem ähnlichen Einkommen eine ähnliche durchschnittliche Ausstattung wie der deutsche Durchschnitt aufweisen. Auch die hier durchgeführte historische Betrachtung des Besitzes von Kühlschränken und Waschmaschinen zeigt auf, dass in Ländern mit hohem Einkommen eine Sättigungstendenz zu erkennen ist, in der nahezu jeder Haushalt über einen Kühlschrank verfügt und auch der Besitz von Waschmaschinen auf einem hohen Niveau stagniert. Unterschiedliche Haushaltsgrößen in anderen Ländern oder andere Faktoren wie beispielsweise nichtlineare Einkommenselastizitäten werden bei diesem Vorgehen jedoch nicht berücksichtigt.

In 2020 lag das BIP Pro-Kopf in Deutschland bei \$51,840 (ppp, konstanter 2017 internationaler \$) pro Jahr (World Bank 2022a). Die deutsche durchschnittliche Pro-Kopf-Ausstattung mit Haushaltsgütern im Jahr 2020 beträgt 0,89 Kühlschränke, 0,71 Waschmaschinen, 0,5 Kochstellen, 0,57 Kaffeemaschinen und 0,37 Spülmaschinen. Im Jahr 2050 entspricht das globale Pro-Kopf-Einkommen in den verschiedenen SSP-Pfaden 32 %-77 % des heutigen deutschen Pro-

Kopf-BIP. Die Ergebnisse einer Skalierung der deutschen Pro-Kopf-Ausstattung im Jahr 2020 mit dem globalen Einkommensniveau im Jahr 2050 ist in Tabelle 48 dargestellt.

Tabelle 48: Globale Ausstattung mit Haushaltsgütern pro Person im Jahr 2050

	Warenkorb global (2020)	SSP1	SSP 2	SSP 3	SSP4	SSP 5
Kaffeemaschinen	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	0,6
Kochstellen	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	0,5
Waschmaschinen	0,2	0,6	0,4	0,3	0,4	0,7
Kühlschränke	0,3	0,7	0,5	0,4	0,5	0,9
Spülmaschinen	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,4

Quelle: eigene Berechnung auf der Basis von Global Data Lab (2022a; b), Statista (2022m), World Bank (2022b) sowie Dellink et al. (2017) und Riahi et al. (2017).

Für 2020 ergibt sich aus der Skalierung des deutschen Warenkorbes für das globale Ausstattungsniveau mit Kühlschränken pro Kopf ein Schätzwert von rund 0,3 Kühlschränken pro Person. Dies ist konsistent mit verfügbaren Daten auf Länderebene zum Anteil der Haushalte, die einen Kühlschrank besitzen. Hier liegt der Näherungswert basierend auf einem Subset von 143 Ländern bei rund 0,16 Kühlschränken pro Kopf.⁶⁴

Für das Jahr 2050 ergibt sich aus der Skalierung des deutschen Warenkorbes eine durchschnittliche Anzahl der Kühlschränke pro Kopf zwischen 0,4 – 0,9. Dies entspricht einer absoluten Anzahl der Kühlschränke im Jahr 2050 von 3,8 – 7,4 Mrd. bzw. einem absoluten Wachstum um rund 78 % – 2.445 %.

Für Waschmaschinen ergibt sich aus der Skalierung mit dem deutschen Warenkorb für 2020 ein Schätzwert in Höhe von 0,2 Waschmaschinen. Dies ist konsistent mit verfügbaren Daten auf Länderebene zum Anteil der Haushalte, die eine Waschmaschine besitzen. Hier liegt der Näherungswert basierend auf einem Subset von 100 Ländern ebenfalls bei rund 0,2 Waschmaschinen pro Kopf.⁶⁵

Für das Jahr 2050 ergibt sich aus der linearen Skalierung des deutschen Warenkorbes eine durchschnittliche Anzahl der Waschmaschinen pro Kopf zwischen 0,3 – 0,7. Dies entspricht einer absoluten Anzahl der Waschmaschinen im Jahr 2050 von 3,0 – 5,9 Mrd.

Auch in Bezug auf die Ausstattung der Haushalte mit Kaffeemaschinen, Kochstellen und Spülmaschinen kann von einem deutlichen Wachstum bis 2050 ausgegangen werden. Die Näherungswerte für die Pro-Kopf-Ausstattung im Jahr 2050 belaufen sich auf 0,2 – 0,6 Kaffeemaschinen, 0,2 – 0,5 Kochstellen und 0,2 – 0,4 Spülmaschinen pro Kopf.

⁶⁴ Der Näherungswert basiert auf Länderdaten für 143 Länder von Statista (2022m) sowie Global Data Lab (2022a). Die Aktualität der verfügbaren Datenpunkte variiert, sodass fehlende Werte extra- und interpoliert wurden. Daten auf Haushaltsebene wurden mit der durchschnittlichen Haushaltsgröße des jeweiligen Landes gewichtet.

⁶⁵ Der Näherungswert basiert auf Länderdaten für 100 Länder von Statista (2022m) sowie Global Data Lab (2022b). Die Aktualität der verfügbaren Datenpunkte variiert, sodass fehlende Werte extra- und interpoliert wurden. Daten auf Haushaltsebene wurden mit der durchschnittlichen Haushaltsgröße des jeweiligen Landes gewichtet. Im Vergleich zur analogen Betrachtung der Eigentumsraten von Kühlschränken ist die Abweichung der betrachteten Ländersets sowie unterschiedliche Aktualitäten zu berücksichtigen, ein direkter Vergleich ist somit nicht möglich.

4.4.8.5 Umweltwirkungen

Durch den globalen Einkommens- und Bevölkerungsanstieg ist ein deutlicher Anstieg der globalen Nachfrage nach Haushaltsgütern zu erwarten. Zur Ermittlung der Umweltwirkung wird in einem ersten Schritt aus dem Konsumanstieg auf Basis der Einkommensentwicklung ein neuer durchschnittlicher Warenkorb im Jahr 2050 ermittelt. Legt man die Medianwerte der Projektionen zugrunde, ergibt sich ein Anstieg des globalen Ausstattungsniveaus mit Haushaltsgütern auf 0,3 Kochstellen, 0,4 Waschmaschinen, 0,2 Spülmaschinen, 0,3 Kaffeemaschinen und 0,5 Kühlschränke im Jahr 2050. Für einen Vergleich zum Status quo wird von einer globalen Ausstattung in Höhe von 0,2 Kochstellen, 0,2 Waschmaschinen, 0,1 Spülmaschinen, 0,2 Kaffeemaschinen und 0,3 Kühlschränken ausgegangen.

Um zu den Umweltwirkungen in den betrachteten Szenarien zu gelangen, werden die jeweiligen Warenkörbe zu einem Mischgerät zusammengefasst. Für dieses Mischgerät wird im Falle einer Transformation wie im GreenSupreme-Szenario eine Lebensdauer von 15 Jahren im Jahr 2050 angenommen. Im Falle eines nicht realisierten Wandels wird – wie im Jahr 2020 – von einer durchschnittlichen Lebensdauer von 10 Jahren ausgegangen. Zur Ermittlung der Umweltwirkungen bis zum Jahre 2050 wird dieser durchschnittliche Warenkorb pro Kopf mit den Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung gemäß der IIASA-WiC Bevölkerungs-Projektionen skaliert (KC und Lutz 2017; Riahi et al. 2017). Die daraus resultierenden Umweltwirkungen sind in Tabelle 49 zusammengefasst.

Tabelle 49: Umweltwirkungen des globalen Besitzes von Haushaltsgeräten heute und 2050

Planetare Grenze	Kontrollvariable	Umweltwirkung			Grenzwert/ Budget ⁶⁶	Künftiger Anteil an PG	
		Heute (2020)	Ohne tech. Änd. 2050 (SSP5)	Mit tech. Änd. nach Green-Supreme 2050 (SSP2)		2050 (SSP5)	Green Supreme (SSP2)
Klimawandel	CO ₂ [Gt]	0,1	0,21	0,00	1,2 – 1,5	16,0 %	0,1 %
Landnutzung	Waldverlust [km ²]	21,5	37,9	15,4	5.130.000	0,00 %	0,00 %
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [t/a]	12,3	24,5	22,6	6.200.000	0,00 %	0,00 %
	Stickstoff [Mio. t/a]	0,12	0,23	0,06	62	0,37 %	0,10 %
Süßwasser	Süßwasser [Mrd. m ³ /a]	1,2	2,4	0,88	4.000	0,06 %	0,02 %

Quelle: eigene Berechnungen von ifeu und ecoinvent sowie Darstellung auf der Basis von Steffen et al. (2015) und Dittrich et al. (2020a, 2021a).

⁶⁶ Budget aus heutiger Sicht. Die Grenzwerte werden für 2050 übernommen. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass die Grenzwerte sich verändern können, bspw. durch eine hohe Akkumulation der Grenzwertüberschreitungen in den vorangegangenen Jahren.

Durch eine steigende globale Ausstattung mit Haushaltsgütern wächst die Belastung in allen Umweltfaktoren ohne Transformation um 73 – 95% an; besonders deutlich ist die Zunahme in Bezug auf die biochemischen Flüsse sowie die CO₂-Emissionen. Ohne Transformation würde die globale Nutzung von Haushaltsgütern bis zu 12,5% des globalen verbleibenden CO₂-Budgets in Anspruch nehmen.

Durch eine technische Transformation entlang der GreenSupreme-Annahmen lässt sich die Umweltwirkung durch den steigenden Bedarf an Haushaltsgütern deutlich reduzieren, insbesondere in Bezug auf die CO₂-Emissionen und die Stickstoff-Emissionen. Weniger stark ist der Effekt in Bezug auf Phosphor-Flüsse, hier wird eine Reduktion der relativen Umweltwirkung durch den Nachfrageanstieg deutlich überkompensiert, sodass die Umweltwirkung insgesamt trotz Transformation ansteigt.

4.4.8.6 Zwischenfazit

In den vergangenen Jahrzehnten ist die globale Ausstattung mit Haushaltsgütern deutlich gestiegen. Mittlerweile gehört der Besitz eines Kühlschranks in Haushalten mit einem oberen mittleren oder hohen Einkommen zum Standardgut, auch der Besitz einer Waschmaschine nimmt mit steigendem Einkommen stetig zu. Während in Ländern mit einem hohen Ausstattungsgrad eine zunehmende Sättigungstendenz auf einem hohen Niveau erkennbar ist, liegt in einigen Ländern, insbesondere auf dem afrikanischen Kontinent, die Ausstattung mit Haushaltgeräten weiterhin deutlich unter dem weltweiten Durchschnitt. Bis zum Jahr 2050 ist somit mit steigendem Einkommen von einem deutlichen Anstieg des Konsums von Haushaltsgütern zu rechnen. Unter der Annahme, dass die Pro-Kopf-Ausstattung mit Haushaltswaren sich mit steigendem Einkommen der Ausstattung in Deutschland im Jahr 2020 annähert, ergibt sich für 2050 ein Schätzwert für die globale Ausstattung mit Haushaltsgütern in Höhe von 0,5 Kühlschränken, 0,4 Waschmaschinen, 0,3 Kochstellen, 0,3 Kaffeemaschinen und 0,2 Spülmaschinen pro Kopf (im Median).

Mit steigender Ausstattung werden auch die Umweltwirkungen, die durch den Konsum von Haushaltswaren entstehen, deutlich steigen. Ohne Transformation steigen die Umweltwirkungen durch den globalen Bedarf an Haushaltwaren auf nahezu das doppelte des heutigen Niveaus an. Durch eine technische Transformation können insbesondere die Umweltwirkungen aus den CO₂-Emissionen und den Stickstoffflüssen deutlich reduziert werden, die Phosphorflüsse steigen aber trotz Transformation deutlich an, da die technischen Einsparungen durch den Konsumanstieg überkompensiert werden.

4.4.9 Repräsentatives Gut 9: IKT-Ausstattung

Die Gütergruppe, die heute gemeinläufig als Information- und Kommunikationstechnik (IKT) angesehen wird, startete ihre technologische Entwicklung Mitte des 19. Jahrhunderts. Dabei zeigt sich bei der Betrachtung der einzelnen Technologien eine sich stets beschleunigende Verbreitungsdynamik. So dauerte es insgesamt 125 Jahre bis eine Milliarde Festnetzanschlüsse gelegt waren, während lediglich 11 Jahre vergingen, bis 1 Milliarde Mobilfunkverträge abgeschlossen waren (Bundeszentrale für politische Bildung 2022). Mit dem Internet scheint sich diese Tendenz noch einmal verstärkt zu haben. So stieg die Zahl der Internetnutzer in den 15 Jahren zwischen 2005 und 2020 um das Fünffache von 1 auf 5,3 Mrd. (ITU DataHub 2022a).

Die rasante Verbreitung von moderner IKT spiegelt sich in deren heutigen gesellschaftlichen Bedeutung wider. So lassen sich Technologien wie Handy, Computer oder das Internet heute nicht mehr aus dem Alltag wegdenken. Sie prägen neben der Art und Weise des Wirtschaftens und der Produktion auch soziale Interaktionen. Entsprechend beeindruckend sind die Zahlen

zur Verbreitung der bedeutendsten IKT-Güter. So besaßen im Jahr 2020 3,6 Milliarden Menschen ein Smartphone (Statista 2022d). Die Anzahl der weltweiten Computer lag 2015 bei 1,7 Milliarden (Malmodin und Lundén 2018).

Die konkrete Dynamik der Verbreitung von IKT-Gütern wird dabei auf eine Reihe von Faktoren zurückgeführt. So ist ein zentraler Faktor die nationale und auch lokale wirtschaftliche Entwicklung (Chinn und Fairlie 2010). Darüber hinaus werden aber auch weiteren Faktoren, wie beispielsweise Bildung, ein unmittelbarer Einfluss auf die Verbreitung von IKT zugesprochen (Cruz-Jesus et al. 2018). Entsprechend ungleichförmig ist die weltweite Durchdringung mit diesen Gütern. Dabei wird mitunter von der sogenannten „digital divide“ gesprochen (Reynolds 2020). Damit wird auf die Kluft im Besitz und der Nutzung von digitalen Technologien zwischen Ländern, aber auch zwischen den Menschen in einem Land hingewiesen.

Aufgrund ihrer immensen Bedeutung entfaltet die Nutzung von IKT-Gütern auch einen unmittelbaren Einfluss auf Natur und Umwelt. Dabei werden in der Wissenschaft insbesondere die CO₂-Emissionen des Sektors umfassend diskutiert. So schätzen Malmodin und Lundén (2018) den CO₂-Fußabdruck des gesamten IKT-Sektors im Jahr 2015 auf 730 Megatonnen an CO₂-Äq. CO₂-Emissionen fallen über den gesamten Lebenszyklus der einzelnen Güter an. CO₂-intensiv ist dabei sowohl die Produktion als auch die Nutzung (Malmodin et al. 2013). Auch die Infrastruktur (wie beispielsweise Netzwerke oder Datenserver), welche die Nutzung von IKT-Geräten erst ermöglicht, entfaltet umfangreiche Umweltwirkungen. Bei der IKT-Infrastruktur überwiegen dabei die CO₂-Emissionen des Betriebs über die der Produktion. Zwar verzeichnet der IKT-Sektor eine beständige Zunahme der Energieeffizienz, diese hat jedoch nicht zu einer Reduktion der Emissionen des Sektors geführt, vielmehr hat eine stetig steigende Nachfrage zu deren weiterem Ansteigen geführt (Freitag et al. 2021). Neben den CO₂-Emissionen in der Produktion und Nutzung, entstehen durch den Konsum von IKT-Gütern weitere zentrale Umweltauswirkungen. So ist die Produktion mit einem hohen Süßwasserverbrauch verbunden. Durch die Produktion der durchschnittlichen deutschen IKT-Ausstattung entsteht ein jährlicher Süßwasserbedarf von 4.350 Litern. Zudem ist die Produktion mit hohen Nitrat-Flüssen verbunden (vgl. Kapitel 3.4.10).

Im Folgenden werden die Entwicklung und die Umweltwirkungen des Eigentums von fünf zentralen IKT-Gütern betrachtet. Diese setzen sich zusammen aus Computern, mobilen Geräten (Handys und Tablets), Drucker, TV-Geräte und WiFi-Router.

4.4.9.1 Historische Entwicklung und aktueller Stand des Besitzes von IKT-Geräten

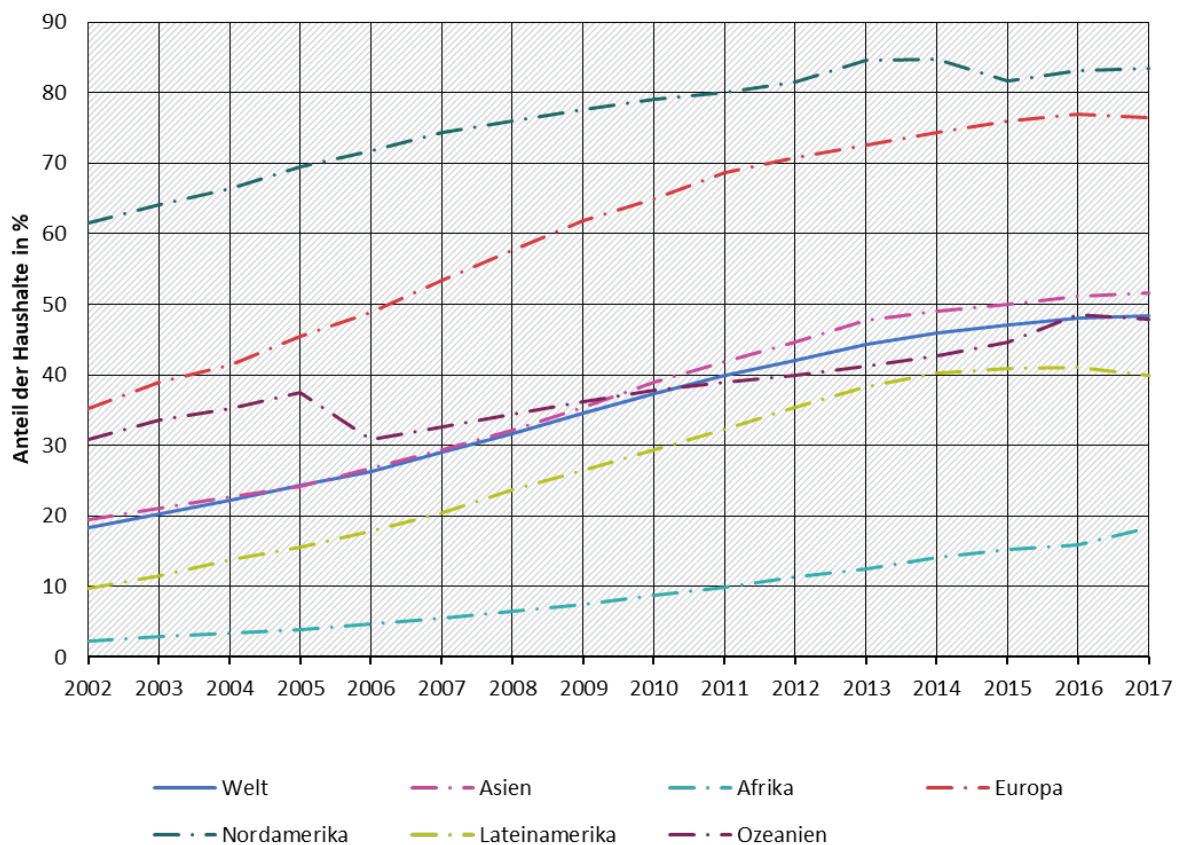
Seit Beginn des 21. Jahrhunderts ist ein sehr starkes Wachstum in den verschiedenen betrachteten IKT-Gütern zu beobachten. So hat sich beispielsweise die Zahl der Internetnutzer in 15 Jahren zwischen 2005 und 2020 verfünffacht von rund 1,0 auf 5,3 Mrd. (ITU DataHub 2022a). Wenngleich in allen betrachteten Einzelgütern deutliche Wachstumsdynamiken erkennbar sind, so ist ihre Ausprägung doch unterschiedlich.

Ein besonders starkes Wachstum zeigt beispielsweise die Verbreitung von Computern auf. Während 2002 durchschnittlich weniger als 20 % der Haushalte weltweit einen Computer besaßen, lag dieser Anteil bereits 2012 über 40 % (ITU DataHub 2022b). Seitdem ist das Wachstum abgeflacht, sodass im Jahr 2017 der weltweite Durchschnitt der Haushalte mit einem Computer bei rund 48 % lag. Ein noch stärkeres Wachstum lässt sich für die Verbreitung von Wifi-Router beobachten. Besaßen im Jahr 2002 noch lediglich etwas mehr als 13 % der

Haushalte einen eigenen Internetzugang, wuchs dieser Anteil bis 2020 auf rund 65,6 % an (ITU DataHub 2022c).⁶⁷

Auch der Besitz anderer IKT-Güter zeigt global ein deutliches Wachstum auf, wenngleich zu leicht langsameren Raten. So stieg die Anzahl an TV-Haushalten von 1,47 Mrd. im Jahr 2010 auf 1,7 Mrd. im Jahr 2019. Auch im Zusammenhang mit dem Besitz von Smartphones lassen sich vergleichbare Trends beobachten. So besaßen noch 2016 weltweit lediglich 2,5 Mrd. Menschen ein Smartphone. Dieser Wert liegt 2020 knapp 45 % höher bei 3,6 Mrd. Einheiten (Statista 2022d).

Abbildung 102: Anteil der Haushalte mit einem Computer zu Hause, weltweit, 2002-2017



Quelle: eigene Darstellung basierend auf Daten von ITU DataHub (2022b).

Ältere Daten zu dem Besitz von IKT-Gütern sind nur sehr wenige vorhanden. So bestehen in der Datenbank der ITU zum Haushaltsbesitz von Computern für die Jahre 1994 – 1996 nur Datenpunkte für 23 Länder (überwiegend globaler Norden). In diesen 23 Ländern lag der Anteil der Haushalte, die Mitte der 1990er Jahre einen eigenen PC hatten, bei rund 23,8 %. Dieser stieg in nur zehn Jahren in denselben Ländern sprunghaft an, Mitte der 2000er Jahre lag der Anteil bereits bei rund 65 %.

Trotz dieser eindeutigen Wachstumstrends existieren substanzielle Unterschiede in der Verbreitung von IKT-Gütern, insbesondere zwischen Ländern des globalen Nordens und Südens. So liegt beispielsweise der Anteil der Haushalte mit einem eigenen PC in Nordamerika und

⁶⁷ Es sind keine Daten zum reinen Besitz von Wifi-Routern bekannt. Als Proxy dient stattdessen der Anteil von Haushalten, die über einen eigenen Internetzugang zu Hause verfügen.

Europa im Jahr 2017 bei über 75 %. In Afrika beträgt der Durchschnitt im selben Jahr nur 17 %. Zur Beschreibung und Erforschung dieser Diskrepanz hat sich dabei der Begriff von der sogenannten *digital divide* durchgesetzt. Neben dem Einkommen wird auch die Fähigkeit des Staates, entsprechende Infrastrukturen bereitzustellen, als zentraler Einflussfaktor für den Zugang zu IT-Gütern angesehen (Mariscal 2005). Einkommen allein kann jedoch nationale und internationale Unterschiede nicht erklären. Es wird insbesondere die Bedeutung von Bildung für den Zugang zu IKT Technologien betont (Cruz-Jesus et al. 2018).

4.4.9.2 Regionale Trends nach Kontinenten

4.4.9.2.1 Afrika

In einer regional differenzierten Betrachtung werden sowohl die unterschiedliche Ausgangslage als auch Wachstumsdynamiken zwischen den Kontinenten deutlich. So lag der durchschnittliche Anteil der Haushalte mit einem Computer in Afrika im Jahr 2002 bei lediglich 2,2 % (ITU DataHub 2022b). Im Jahr 2017 besaßen dann knapp 18,4 % der Haushalte einen Computer.⁶⁸ Dies entspricht weniger als der Hälfte des weltweiten Durchschnitts.

Auch beim Anteil der Haushalte mit einem eigenen Internetzugang zeigt sich die Diskrepanz zwischen den Zahlen in Afrika und denen des globalen Durchschnitts. So lag der Anteil der Haushalte mit Zugang zum Internet 2002 bei lediglich 2,0 % (ITU DataHub 2022c). Weltweit lag er zu diesem Zeitpunkt bereits bei 18,7 % und damit um ein Vielfaches höher. Trotz des relativ betrachtet überdurchschnittlichen Wachstums der nächsten Jahre konnte diese hohe Differenz nicht überwunden werden. Zwar lag der Anteil der Haushalte mit einem eigenen Internetzugang im Jahr 2020 mit 35,6 % um ein Vielfaches über dem Ausgangsniveau. Nichtsdestotrotz ist dieser Anteil immer noch lediglich knapp mehr als halb so groß wie im weltweiten Durchschnitt.

Der trotz allem zunehmende Zugang zu IKT Technologien wird insbesondere von Ländern wie Südafrika, Namibia, Gabun, Nigeria oder Ghana geprägt (Ofori und Asongu 2021). Als zentrale Faktoren, welche die zunehmende, wenngleich unterdurchschnittliche Verbreitung von IKT in Afrika bedingen, wurden allen voran die sinkenden Kosten für die Technik, eine zunehmende Liberalisierung der IKT-Märkte und ein in Folge dessen steigendes Maß ausländischer Investitionen identifiziert (David und Grobler 2020).

4.4.9.2.2 Asien

Der Besitz von IKT-Gütern ist in Asien weit verbreitet. Bereits in 2002 lag das Ausgangsniveau der Haushalte mit einem Computer bei 20,4 % und damit leicht über dem globalen Durchschnitt (ITU DataHub 2022b). Die Entwicklung ist seitdem, wie in Afrika, von einem überdurchschnittlich starken Wachstum geprägt. Bis zum Jahr 2017 hat sich hier der Abstand zum globalen Durchschnitt vergrößert. So lag dieser in Asien zu diesem Zeitpunkt bei 54,2 %, ⁶⁹ Der Anteil liegt somit 36 % höher als im Rest der Welt. Ältere Daten zum Besitz von Computern sind nur vereinzelt verfügbar. Diese zeigen jedoch deutliche Unterschiede auf. So verfügten im Iran im Jahr 1995 nur 2 % aller Haushalte über einen Computer, 2005 waren es bereits 19 %. In Ländern und Regionen wie Singapur, Hongkong und Japan lag der Anteil der Haushalte mit einem PC hingegen mit 36-80 % bereits deutlich über dem globalen Durchschnitt.

Das Ausgangsniveau von Haushalten mit Zugang zum Internet im eigenen Zuhause lag mit ca. 14,5 % (2002) unter dem weltweiten Durchschnitt (ITU DataHub 2022c). Auch im

⁶⁸ Die Betrachtung fußt auf einem Datensatz von 37 afrikanischen Ländern, für die in der IUT-Datenbank für den Zeitraum 2002 - 2018 hinreichend viele Observierungen verfügbar sind. Fehlende Datenpunkte wurden interpoliert.

⁶⁹ Die Betrachtung fußt auf einem Datensatz von 46 asiatischen Ländern, für die in der IUT-Datenbank für den Zeitraum 2002 - 2018 hinreichend viele Observierungen verfügbar sind. Einzelne fehlende Datenpunkte wurden interpoliert.

Zusammenhang mit den Zugängen zum Internet war in den folgenden Jahren ein überdurchschnittliches Wachstum zu beobachten. Der Anteil der Haushalte mit einem eigenen Internetzugang lag so 2020 bei 74,6 % und damit mehr als fünfmal so hoch wie noch im Jahr 2002. Auch beim Zugang zum Internet waren zu Beginn des Jahrhunderts substanzielle Unterschiede in der Verbreitung von IKT-Technologien zu beobachten. Während beispielsweise in Sri Lanka zu diesem Zeitpunkt noch keinerlei eigene Internetzugänge registriert wurden, lag dieser Anteil in Südkorea bereits bei rund 70 %. Auch war das allgemeine Niveau der Verbreitung niedriger als es Indikatoren zur Entwicklung und zum Einkommen der Region vermuten hätten lassen (Wong 2002).

Das zunehmende Aufholen der Länder Asiens mit Blick auf die Verbreitung von IKT wird primär auf Aufholdynamiken durch wirtschaftliche Reformen und das aktive Fördern von IKT zurückgeführt (Vu 2017). Dabei zeigt sich, dass die ASEAN-Länder nicht nur global aufgeholt haben, sondern auch im direkten Vergleich mit Ländern mit vergleichbarem Einkommen (ebd.).

4.4.9.2.3 Europa

Die europäische Ausstattung mit IKT-Gütern ist im weltweiten Vergleich überdurchschnittlich. Die betrachteten Kennzahlen bezüglich des Anteils der Haushalte mit einem Computer liegen fast alle über dem globalen Durchschnitt. So lag der Anteil der Haushalte mit einem PC in 2002 bereits bei 33,6 % und somit fast doppelt so hoch wie der weltweite Schnitt, aber noch deutlich niedriger als der Schnitt der USA und Kanada (ITU DataHub 2022b).⁷⁰ Das Wachstum der letzten Jahre lag zwar deutlich unter dem weltweiten Durchschnitt, war jedoch ausreichend, um sich dem nordamerikanischen Durchschnitt anzunähern. Im Jahr 2017 ist der Anteil der europäischen Haushalte mit einem Computer mit 77,6 % der zweithöchste weltweit. Gleichwohl ist in den letzten Jahren ein deutliches Abflachen dieses Wachstums zu beobachten.

Ähnliches zeigt sich auch im Zusammenhang mit dem Anteil der Haushalte mit einem eigenen Internetzugang zu Hause (ITU DataHub 2022c). So lag dieser 2002 mit 25,6 % deutlich über dem weltweiten Durchschnitt und wurde nur von Nordamerika noch übertroffen. In Folge eines relativ betrachtet auch hier unterdurchschnittlichen Wachstums, stieg dieser Anteil bis zum Jahr 2020 auf 86,4 % an (2020). Auch hier ist in der letzten Dekade eine Reduktion des Wachstums feststellbar.

Das starke Wachstum des Besitzes von IKT-Gütern in Europa kann insbesondere auf den europäischen Anstieg von Einkommen und Bildung zurückgeführt werden (Vicente und López 2006). Unterschiede in diesen beiden Faktoren innerhalb Europas können zudem auch regionale Unterschiede erklären. So liegt der Durchschnitt der Haushalte mit einem Computer in Nord- und Westeuropa bei rund 79 bzw. 85 %, in Osteuropa hingegen leicht niedriger bei 71 %.

4.4.9.2.4 Lateinamerika und Karibik

In Lateinamerika ist nach Afrika das Ausgangsniveau des durchschnittlichen Anteils an Haushalten mit eigenem Internetzugang im Jahr 2002 mit nur 8,4 % mit am niedrigsten (ITU DataHub 2022c). Im Gegensatz zu Afrika wurde in Lateinamerika jedoch, absolut betrachtet, ein deutlich substanzielleres Wachstum realisiert. Im Jahr 2020 lag der Anteil der Haushalte mit einem Internetzugang bereits bei 59 % und damit nur noch knapp unter dem weltweiten Durchschnitt (65,6 %).

Auch beim Anteil der Haushalte mit einem Computer lag das Eigentumsniveau in 2002 mit knapp unter 10 % deutlich unter dem weltweiten Durchschnitt (ITU DataHub 2022b). Auch im

⁷⁰ Die Betrachtung fußt auf einem Datensatz von 40 europäischen Ländern, für die in der IUT Datenbank für den Zeitraum 2002 -2018 hinreichend viele Observierungen verfügbar sind. Einzelne fehlende Datenpunkte wurden interpoliert.

Zusammenhang mit den Computern hat ein starkes Wachstum in den folgenden Jahren zu einem teilweisen Aufholeffekt geführt. Im Jahr 2017 lag der Anteil der Haushalte mit einem Computer mit rund 40 % jedoch weiterhin deutlich unter dem weltweiten Durchschnitt.

4.4.9.2.5 Nordamerika⁷¹

Die Entwicklung der Verbreitung von IKT-Gütern in Nordamerika ähnelt den europäischen Entwicklungen, auch in Kanada und den USA konnte seit Beginn der 2000er Jahre ein deutliches Wachstum der Eigentumsraten verzeichnet werden. So lag das Ausgangsniveau des Anteils der Haushalte mit einem Computer in 2002 mit rund 61 % (2000) mehr als dreimal so hoch wie im weltweiten Durchschnitt (ITU DataHub 2022b). Diese hohen Eigentumsraten waren insbesondere auf ein sehr starkes Wachstum zwischen 1995 und 2005 zurückzuführen. Im Jahr 1995 lag der Anteil der Haushalte mit einem PC in den USA und Kanada noch bei rund 26 %. Insbesondere seit Beginn der 2010 Jahre ist ein zunehmendes Abflachen der Wachstumsdynamiken zu beobachten. Nichtsdestotrotz lag der Anteil der Haushalte mit einem Computer im Jahr 2018 bei rund 84 % und damit immer noch mehr als 50 % über dem globalen Durchschnitt.

Auch beim Anteil der Haushalte mit einem eigenen Internetzugang zu Hause zeigt sich ein großer Entwicklungsvorsprung Nordamerikas (ITU DataHub 2022c). Hier lag bereits das Ausgangsniveau im Jahr 1997 über dem Niveau im Rest der Welt im Jahr 2002 (13,8 %). Auch wenn das Wachstum hier in den letzten Jahren abgenommen hat, ist der Anteil der Haushalte mit Internetzugang im Jahr 2020 mit rund 90 % der höchste weltweit.

4.4.9.2.6 Australien und Ozeanien⁷²

Auch für die Länder Ozeaniens lässt sich eine stark zunehmende Verbreitung von IKT-Gütern beobachten. So lag der Anteil der Haushalte mit einem eigenen Computer in 2002 bei durchschnittlich rund 31 % (ITU DataHub 2022b). Dieser hat sich bis zum Jahr 2017 fast verdoppelt und lag zu diesem Zeitpunkt bei rund 48 %. Im Zusammenhang mit dem Anteil der Haushalte mit einem eigenen Internetzugang zeigt sich hier ein ähnliches Bild. Dieser hat sich seit 2005 von durchschnittlich 25,9 % auf 56,7 % mehr als verdoppelt (ITU DataHub 2022c).

4.4.9.3 Trends nach Einkommensgruppen

Die vorangestellte Betrachtung zeigt ein deutliches Wachstum des Besitzes von IKT-Gütern auf, welches auch auf das Einkommenswachstum zurückzuführen ist. Eine Betrachtung der Güter TV und Computer zeigt jedoch auch, dass der Einfluss des Einkommens auf den Besitz einzelner Güter bei verschiedenen IKT-Gütern unterschiedlich ausfällt. Abbildung 103 und Abbildung 104 zeigen die Verteilung des Besitzes von Computern und TV-Geräten nach Einkommensgruppen. Im Falle des Besitzes von Computern zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang. Während die Anteile von Haushalten mit einem Computer bei Ländern mit niedrigem Einkommen bei nur 9,5 % liegt, beträgt er bei Ländern mit oberen mittleren Einkommen bereits 48 %. Ein deutlicher Anstieg ist dann nochmals in Ländern mit hohem Einkommen zu beobachten, hier liegt der Mittelwert bei rund 81 %. Insbesondere in den Gruppen mit niedrigem und hohem Einkommen ist die Varianz der beobachteten Durchschnittswerte zudem vergleichsweise gering.

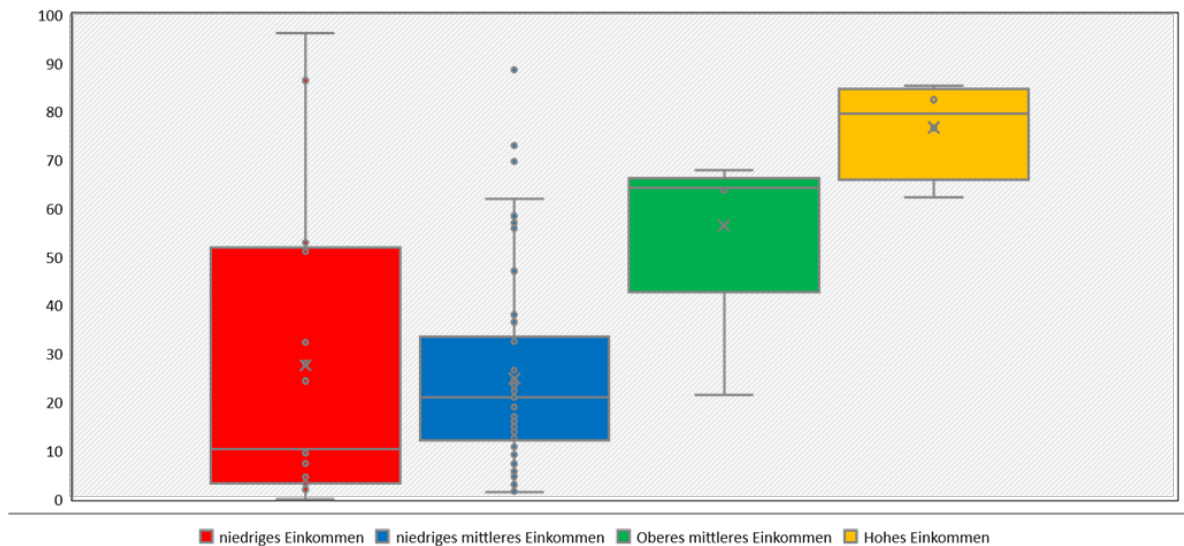
Eine analoge Betrachtung für TV-Güter zeigt hingegen einen schwächeren Zusammenhang zwischen Einkommen und Besitz. So ist der Besitz von einem TV-Gerät auch in Ländern mit

⁷¹ Aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit können an dieser Stelle lediglich Kanada und die USA stellvertretend für Nordamerika betrachtet werden.

⁷² Die Daten bzgl. des Ausgangsniveaus und des Status Quos variieren mit Blick auf das Erfassungsjahr in Abhängigkeit der Datenverfügbarkeit von 2000-2005 bzw. von 2017-2020.

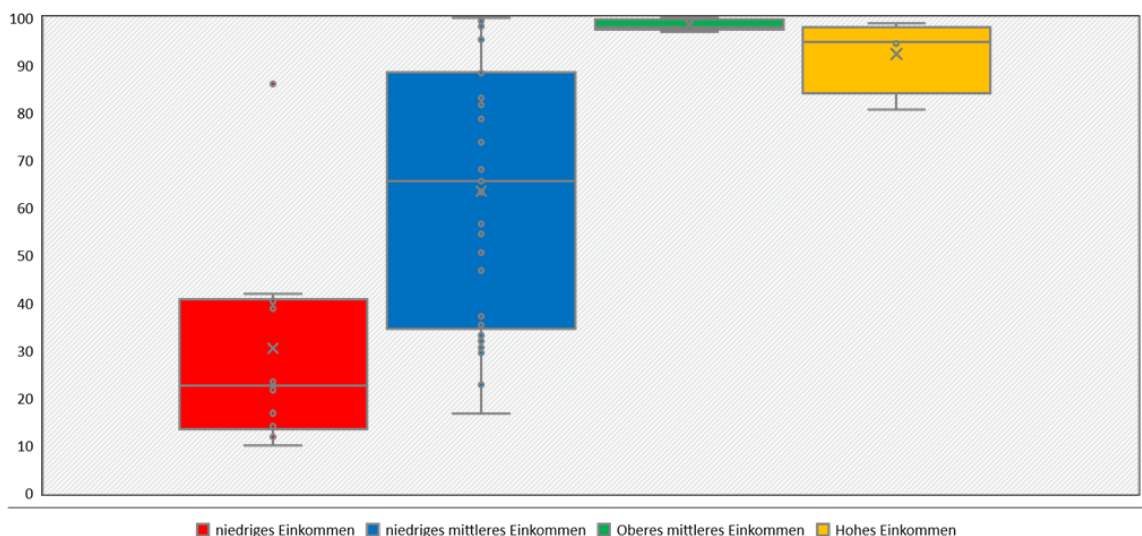
niedrigem Einkommen bereits deutlich verbreiteter. Auch in Ländern mit geringen Einkommen besitzen bereits 30,5 % aller Personen ein TV-Gerät. In Ländern mit hohem Einkommen sind es bereits 96 %. Zudem zeigt sich in Ländern mit niedrigen und niedrigen mittleren Einkommen eine hohe Varianz über die Länder. So liegt beispielsweise der Anteil in Liberia trotz geringen Einkommen bei rund 86 %, in Algerien oder dem Iran bei fast 100 %.

Abbildung 103: Anteile Haushalte mit einem Computer zu Hause nach Einkommensgruppen, 2017, in %



Quelle: eigene Darstellung, Daten von ITU Databahub (2022b) und World Bank (2022a)

Abbildung 104: Anteil der Haushalte in Besitz eines TV-Geräts, nach Einkommensgruppen, in %



Quelle: eigene Darstellung, Daten von ITU (2022a) und World Bank (2022a)

4.4.9.4 Zukünftige Entwicklung der globalen Verbreitung von IKT-Gütern

Im Folgenden erfolgt eine Schätzung der Entwicklung des globalen Eigentums von IKT-Gütern auf Basis einer Fortschreibung aktueller Besitzzahlen bis zum Jahr 2050. Grundlage für die

Fortschreibung aktueller Besitzzahlen sind die Bevölkerungs- und Einkommensentwicklungszahlen der Shared Socioeconomic Pathways (SSP-Szenarien).

Die zuvor betrachteten Daten zeigen für einige Güter eine enge Korrelation zwischen Einkommen und Besitz von IKT-Geräten auf. Für manche Güter, beispielsweise dem Besitz von TV-Geräten, scheint diese Korrelation jedoch weniger stark ausgeprägt. Zudem können andere Einflussfaktoren, die von der Literatur als relevant für die Entwicklung von Eigentumsraten von IKT-Geräten angesehen werden, in diesem Vorgehen nicht berücksichtigt werden. So können beispielsweise auch das Bildungsniveau sowie die verfügbare Infrastruktur einen maßgeblichen Einfluss auf den Konsum der IKT-Güter haben, diese fließen nicht in die nachfolgende Berechnung ein. Außerdem kann der technologische Fortschritt nicht berücksichtigt werden. So erscheint es grundsätzlich denkbar, dass in einer digitalisierten Welt künftig IT-Geräte wie Drucker zunehmend redundant werden oder Wifi-Router durch alternative handybasierte Technologien ersetzt werden. Zugleich können aber auch neue Güter entwickelt werden, die in dem zugrunde gelegten Eigentumsmix noch nicht berücksichtigt werden. Eine weitere Herausforderung stellt die Datengrundlage dar. Es sind kaum aktuelle Daten zu den Besitzraten im Rahmen des privaten Konsums verfügbar. So ist häufig nicht zweifelsfrei differenzierbar, ob die Geräte zur privaten oder kommerziellen Nutzung verwendet werden.

Die im Folgenden präsentierten Werte stellen eine grobe Schätzung für die globale Entwicklung des privaten Konsums von IKT-Gütern dar, welche einen grundlegenden Eindruck zu künftigen Wachstumsraten vermitteln sollen. Andere Studien, die langfristige Prognosen zu der Konsumententwicklung von IKT-Geräten treffen, sind nicht bekannt.

Zur Validierung werden die Ergebnisse auf Basis der zugrunde gelegten Basisdaten mit dem aktuellen Warenkorb in Deutschland verglichen und in Bezug zum aktuellen deutschen BIP pro Kopf und dem weltweiten BIP pro Kopf gestellt.

Künftiger Besitz von Computern

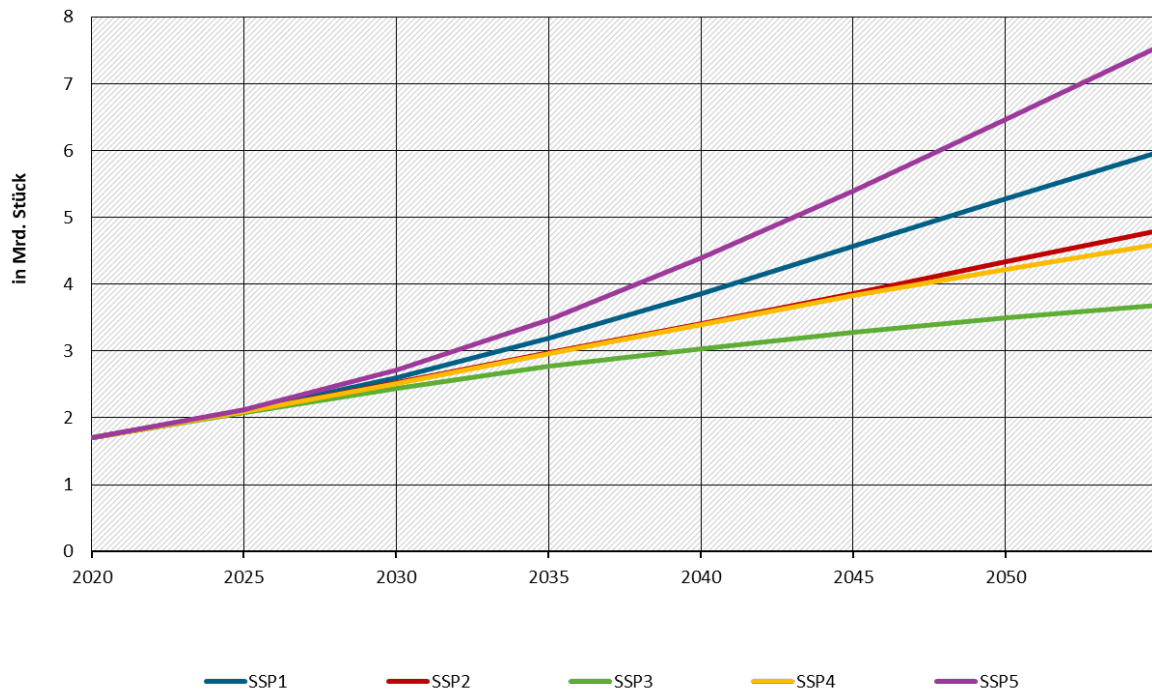
Bereits in den vergangenen Jahren ist der Besitz von Computern stark gestiegen, in nur 15 Jahren hat sich der Anteil der Haushalte, die einen Computer besitzen, mehr als verdoppelt. Schätzungen zu den künftigen Entwicklungen auf Basis des Einkommens- und Bevölkerungswachstums zeigen, dass sich dieser starke Wachstumstrend fortsetzen wird. Die Schätzung der globalen Ausstattung mit Computern basiert auf Basisdaten aus dem Forschungspapier „The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010-2015“ von Malmmodin und Lundén (2018). Hier ist die Anzahl der Computer für das Jahr 2015 angegeben. Diese lag zu diesem Zeitpunkt bei 1,7 Mrd. und damit bei weltweit durchschnittlich 0,23 Computern pro Kopf.

Abbildung 105 zeigt die Projektionen zur Entwicklung der absoluten Anzahl der Computer weltweit an. Basierend auf den angenommenen IIASA-WiC Bevölkerungs-Projektionen (KC und Lutz 2017) und den Einkommensprojektionen der OECD auf Basis des ENV-Wachstumsmodells (Dellink et al. 2017) ergibt sich eine absolute Anzahl der Computer im Jahr 2050 in Höhe von 3,7 bis 7,5 Mrd. Stück. Die globale Ausstattung mit Computern wächst also auf rund die zwei- bis vierfache Anzahl an. Pro Kopf liegt die Anzahl der Computer damit zwischen 0,4 – 0,9 Geräten. Die jährliche Wachstumsrate des Besitzes an Computer variiert in Abhängigkeit von der angenommenen Bevölkerungs- und Einkommensentwicklung zwischen 2,2 und 4,4 %.

Die Ergebnisse sind konsistent mit den Beobachtungen des deutschen Warenkorbes im Jahr 2020. In 2020 liegt der durchschnittliche Besitz in Deutschland bei 1,14 Computern pro Person bei einem BIP pro Kopf in Höhe von \$51,840 (ppp, konstanter 2017 internationaler \$) (World Bank 2022a). Im Jahr 2050 entspricht das globale Pro-Kopf-Einkommen rd. 32-77 % des

heutigen deutschen Pro-Kopf-BIP. Unter Annahme, dass sich die globalen Ausstattungsquoten mit einer Annäherung an das deutsche Einkommensniveau ebenfalls proportional an das deutsche Ausstattungslevel annähern, ließe sich hieraus eine pro-Kopf-Ausstattung in Höhe von 0,36-0,87 im Jahr 2050 ableiten.

Abbildung 105: Zukünftige Szenarien des Besitzes an Computern bis 2050 (Basisjahr 2015)



Quelle: eigene Berechnung auf der Basis von Malmudin und Lundén (2018) sowie der IIASA-WiC Bevölkerungs-Projektionen (KC und Lutz 2017; Riahi et al. 2017) und den Einkommensprojektionen der OECD auf Basis des ENV-Wachstumsmodells (Dellink et al. 2017).

Künftige Entwicklung mobiler Geräte

Auch der Besitz von mobilen Geräten, also Handys und Tablets, ist in den vergangenen Jahren stark angestiegen. Die im Folgenden dargestellte Schätzung der Anzahl der mobilen Geräte für das Jahr 2050 basiert auf den Basisdaten aus dem Forschungspapier „The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010 – 2015“ von Malmudin und Lundén (2018). Hier ist die Anzahl der mobilen Geräte für das Jahr 2015 angegeben. So lag die Anzahl der mobilen Geräte im Jahr 2015 bei 7,8 Mrd. Das entspricht 1,1 Geräten pro Kopf.

Wenngleich diese Zahl sehr hoch ist, erscheint sie doch konsistent mit anderen Werten, sofern berücksichtigt wird, dass insbesondere im globalen Norden Menschen potenziell über mehr als ein mobiles Gerät (insbesondere Handy und Tablet) verfügen. So gibt eine andere Quelle die Anzahl der Smartphone-Nutzer im Jahr 2020 mit 3,6 Mrd. an, Nutzer von Geräten, die nicht als Smartphone klassifiziert werden, sind hier nicht berücksichtigt. Malmudin und Lundén (2018) lassen zudem offen, ob in denen von ihnen betrachteten Zahlen im Umlauf, aber nicht mehr in Nutzung befindende Geräte berücksichtigt werden.

Für das Jahr 2050 ergibt sich in Abhängigkeit der zugrunde gelegten Einkommens- und Bevölkerungsdynamiken so eine weltweite Anzahl mobiler Geräte zwischen 16,9 – 34,6 Mrd. Die Anzahl der mobilen Geräte pro Kopf liegt somit zwischen 1,7 – 4,0, was einem Wachstum von zwischen 2,2 – 4,3 % pro Jahr entspricht. In anderen Worten, die Anzahl der mobilen Geräte

könnte sich bis 2050 verdoppeln bis vervierfachen. In Tabelle 50 sind die Ergebnisse der Projektion noch einmal zusammengefasst.

Vergleicht man diese Prognose mit dem aktuellen Pro-Kopf-Besitz in Deutschland, so zeigt sich eine deutliche Abweichung. So wird in Deutschland die durchschnittliche Pro-Kopf-Ausstattung mit Smartphones im Jahr 2020 mit 0,78 angegeben. Unter Annahme, dass sich die globalen Ausstattungsquoten mit einer Annäherung an das deutsche Einkommensniveau ebenfalls proportional an das deutsche Ausstattungsniveau annähern, ließe sich hieraus eine pro-Kopf-Ausstattung in Höhe von 0,25 – 0,6 im Jahr 2050 ableiten.

Tabelle 50: Entwicklung des Besitzes an Computern

Szenario	Absolute Konsummenge (Mrd.) 2050	Pro-Kopf-EH	Jährliche Wachstumsrate (absolute Menge)
Globale Ausstattung 2015	1,7	0,2	
SSP1	6,0	0,7	3,7 %
SSP2	4,8	0,5	3,0 %
SSP3	3,7	0,4	2,2 %
SSP4	4,6	0,5	2,9 %
SSP5	7,5	0,9	4,3 %

Quelle: eigene Berechnung auf der Basis von Malmodin und Lundén (2018) sowie der IIASA-WiC Bevölkerungs-Projektionen (KC und Lutz 2017; Riahi et al. 2017) und den Einkommensprojektionen der OECD auf Basis des ENV-Wachstumsmodells (Dellink et al. 2017).

Tabelle 51: Entwicklung des Besitzes an mobilen Geräten

Szenario	Absolute Konsummenge (Mrd.)	Pro-Kopf-EH	Jährliche Wachstumsrate
Globale Ausstattung 2015	7,8	1,1	
SSP1 (2050)	27,4	3,2	3,7 %
SSP2 (2050)	22,0	2,4	3,0 %
SSP3 (2050)	16,9	1,7	2,2 %
SSP4 (2050)	21,1	2,3	2,9 %
SSP5 (2050)	34,6	4,0	4,4 %

Quelle: eigene Berechnung auf der Basis von Malmodin und Lundén (2018) sowie der IIASA-WiC Bevölkerungs-Projektionen (KC und Lutz 2017; Riahi et al. 2017) und den Einkommensprojektionen der OECD auf Basis des ENV-Wachstumsmodells (Dellink et al. 2017).

Die künftige Ausstattung sonstiger IKT-Güter

Die globale Anzahl der TV-Geräte weltweit liegt der privaten Statistikplattform Statista zufolge im Jahr 2020 bei 1,72 Mrd. und damit bei durchschnittlich 0,2 TV-Geräten pro Kopf (Statista 2022e). Die Anzahl der Wifi-Router weltweit im Jahr 2020 lässt sich auf Basis von Daten des ITU

DataHubs auf 1,05 Mrd. schätzen und lag damit bei 0,1 Routern pro Kopf (ITU DataHub 2022c). Die Anzahl der Drucker für das Jahr 2015 wird in Malmodin und Lundén (2018) mit 0,5 Mrd. angegeben.

Durch eine Fortschreibung der aktuellen Ausstattung basierend auf Bevölkerungs- und Einkommensentwicklungen ergeben sich auch für diese Gruppe deutlich steigende Konsumzahlen im Jahr 2050. So wird die Anzahl der Drucker weltweit auf in etwa 1,1 – 2,2 Mrd. steigen. Für den Besitz von TV-Geräten ergeben sich für 2050 Zahlen in Höhe von 3,1 – 6,1 Mrd. TV-Geräten oder 0,3 – 0,7 TV-Geräten pro Kopf. Die Schätzung der weltweiten Wifi-Router im Jahr 2050 beläuft sich auf 1,9 – 3,7 Mrd. und somit zwischen 0,2 – 0,4 Routern pro Kopf.

Warenkorb 2050

Der Warenkorb mit Blick auf die IKT-Güter variiert also in Abhängigkeit der zugrunde gelegten Einkommens- und Bevölkerungsdynamik zwischen einem Warenkorb mit 1,7 mobilen Geräten, 0,4 Computern, 0,3 TV-Geräten, 0,2 Wifi-Routern sowie 0,1 Druckern und einem Warenkorb mit 4,0 mobilen Geräten, 0,9 Computern, 0,7 TV-Geräten, 0,4 Wifi-Routern sowie 0,3 Druckern (die unterschiedlichen Warenkörbe sind in Tabelle 52 zusammengefasst). Für die weitere Ableitung von Schätzwerten für die Umweltauswirkung künftiger globaler Entwicklung wird eine globale durchschnittliche Pro-Kopf-Ausstattung von 2,4 mobile Geräte, 0,5 Computer, 0,4 Fernseher, 0,2 Drucker, 0,3 Router angenommen. Während im Zusammenhang mit den mobilen Geräten alle Szenarien ein Wachstum über die heutige Ausstattung in Deutschland erwarten, liegen die Ausstattungen bei den restlichen Gütern in allen Szenarien unter dem entsprechenden Status quo in Deutschland.

Tabelle 52: IKT-Warenkorb im Jahr 2050, Ausstattung pro Kopf

Gut	Warenkorb Deutschland 2020	SSP 1	SSP 2	SSP 3	SSP 4	SSP5
Mobile Geräte	0,78	3,20	2,40	1,70	2,30	4,00
Computer	1,14	0,70	0,50	0,40	0,50	0,90
TV	0,82	0,60	0,40	0,30	0,40	0,70
Wifi-Router	0,46	0,40	0,30	0,20	0,20	0,40
Drucker	0,43	0,20	0,20	0,10	0,10	0,30

Quelle: eigene Berechnung auf Basis von ITU Datahub (2022c), Malmodin und Lundén (2018), Statista (2022e), sowie der IIASA-WiC Bevölkerungs-Projektionen (KC und Lutz 2017; Riahi et al. 2017) und den Einkommensprojektionen der OECD auf Basis des ENV-Wachstumsmodells (Dellink et al. 2017).

4.4.9.5 Umweltwirkungen

Die Projektionen zeigen, dass ein starker Anstieg des Konsums von IKT-Gütern zu erwarten ist. Um zu den Umweltwirkungen in den betrachteten Szenarien zu gelangen, werden die jeweiligen Warenkörbe zu einem Mischgerät zusammengefasst. Für dieses Mischgerät wird im Falle einer Transformation (wie im GreenSupreme-Szenario angenommen) eine Lebensdauer von 4 Jahren im Jahr 2050 angenommen. Im Falle eines nicht realisierten Wandels wird – wie in 2020 – von einer durchschnittlichen Lebensdauer von 3 Jahren ausgegangen. Im Folgenden wird angenommen, dass die globale Ausstattung mit Haushaltsgütern auf 2,4 mobile Geräte, 0,5 Computer, 0,4 Fernseher, 0,2 Router und 0,1 Drucker im Jahr 2050 ansteigt. Für die vergleichende Betrachtung zum heutigen globalen Ausstattungsniveau und seinen

Umweltwirkungen wird eine globale Ausstattung heute mit 1,3 mobile Geräte, 0,3 Computer, 0,2 Fernseher, 0,1 Drucker und 0,1 Routern angenommen.

Zur Ermittlung der Umweltwirkungen bis zum Jahre 2050 wird dieser durchschnittliche Warenkorb pro Kopf mit den Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung gemäß der IIASA-WiC Bevölkerungs-Projektionen skaliert (KC und Lutz 2017; Riahi et al. 2017). Die daraus resultierenden Umweltwirkungen sind in Tabelle 53 zusammengefasst.

Tabelle 53: Umweltwirkungen der weltweiten IKT-Nutzung heute und 2050

Planetare Grenze	Kontrollvariable	Umweltwirkung			Grenzwert/ Budget ⁷³	Künftiger Anteil an PG	
		Heute ⁷⁴	Ohne tech. Änd. 2050 (SSP5)	Mit tech. Änd. nach Green-Supreme 2050 (SSP2)		2050 (SSP5)	Green Supreme (SSP2)
Klimawandel	CO ₂ [Gt/a]	0,59	1,2	0,01	1,2 – 1,5	94,3%	0,57%
Landnutzung	Waldverlust [km ²]	61,8	126,9	13,8	5.130.000	0,00%	0,00%
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [t/a]	1.002	1.988	1.536	6.200.000	0,03%	0,02%
	Stickstoff [Mio. t/a]	0,91	1,9	0,45	62	3,0%	0,72%
Süßwasser	Süßwasser [Mrd. m ³ /a]	14,0	28,2	15,9	4.000	0,70%	0,40%

Quelle: eigene Berechnungen von ifeu und ecoinvent sowie Darstellung auf der Basis von Steffen et al. (2015) und Dittrich et al. (2020a, 2021a).

Ohne technischen Wandel würde der Anstieg der globalen IKT-Ausstattung die Umweltbelastung im SSP5 um rund das Doppelte ansteigen lassen. Insbesondere in Bezug auf die CO₂-Emissionen und die Stickstoff-Flüsse würde somit im Jahr 2050 der globale Bedarf an IKT-Gütern die globalen Grenzwerte stark in Anspruch nehmen.

Durch umfangreichen Wandel, wie im GreenSupreme-Szenario angenommen, kann der Anstieg der Umweltbelastung in vielen zentralen Umweltbereichen deutlich verringert werden, wie sich im SSP2 zeigt, insbesondere in den Bereichen Treibhausgase, Landnutzung und Stickstoffflüsse. Eine deutlich steigende Belastung ist in Bezug auf die Phosphorflüsse zu beobachten, im SSP 2 steigen trotz der technischen Transformation die Umweltbelastungen um rund 53 % im Vergleich zum heutigen Wert. In Bezug auf den Süßwasserbedarf ist auch mit Transformation ein deutlicher Anstieg des Wasserbedarfs aufgrund der steigenden Konsummengen zu erwarten,

⁷³ Budget aus heutiger Sicht. Die Grenzwerte werden für 2050 übernommen. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass die Grenzwerte sich verändern können, bspw. durch eine hohe Akkumulation der Grenzwertüberschreitungen in den vorangegangenen Jahren.

⁷⁴ Für die Entwicklung des globalen Warenkorbes wurden verschiedene verfügbare Datenpunkte zu dem globalen Ausstattungsniveau mit IKT-Gütern mit unterschiedlichen Aktualitäten kombiniert und analog zum Vorgehen für die Projektionen für 2050 von einem gemeinsamen Datenjahr (2020) fortgeschrieben.

da hier Fortschritte in der effizienten Wassernutzung durch das hohe Nachfragewachstum überkompensiert werden.

4.4.9.6 Zwischenfazit

Die Betrachtung der historischen Entwicklung der Verbreitung von IKT-Technologien verdeutlicht die hohe globale Bedeutung dieser Technologien. So hatte bereits 2015 rein rechnerisch jeder Mensch auf der Erde mindestens ein mobiles Gerät (Malmodin und Lundén 2018). Bis 2050 wird die Anzahl der insgesamt genutzten IKT-Geräte die Zahl der Weltbevölkerung um ein Vielfaches übersteigen.

Bereits seit Beginn der 2000er Jahre zeigt sich auch bei Ländern mit niedrigen Einkommen eine hohe Wachstums- und Aufholdynamik. So ist der Besitz von TV-Geräten oder Handys lange nicht mehr nur den Ländern mit hohem Einkommen vorenthalten. Bei anderen Gütern wie dem Besitz von Computern zeigt sich hingegen der Unterschied zwischen verschiedenen Einkommensgruppen noch deutlicher. Aufbauend auf der Betrachtung der Verbreitungsdynamik von IKT wurde deren zukünftige Entwicklung geschätzt. Die so durchgeführte Berechnung zeigt einen Anstieg der absoluten Gütermenge um 117 – 343 % bzw. 2,2 – 4,4 % jährlich.

Die Betrachtung der Umweltwirkungen dieser veränderten Nutzung verdeutlicht den sich daraus ergebenden Handlungsbedarf. So steigen die Umweltauswirkungen ohne Transformation im SSP5 auf rund das Doppelte des heutigen Niveaus an. Durch einen ambitionierten Wandel kann die Umweltwirkung der IKT-Güter jedoch maßgeblich beschränkt werden. Steigende Umweltwirkungen ergeben sich jedoch trotz Transformation insbesondere in den Bereichen Phosphorflüsse und Süßwasserbedarf.

4.4.10 Repräsentatives Gut 10: Strom

Strom hat eine große Bedeutung für die Deckung menschlicher Grundbedürfnisse. Gleichzeitig führt die Produktion von Strom zu erheblichen Umweltschäden. In den 17 globalen Zielen für eine nachhaltige Entwicklung in der Agenda 2030 der Vereinten Nationen ist „Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle sichern“ als Ziel (SDG 7) verankert. Der durchschnittliche, weltweite Zugang zu Elektrizität ist von 78 % im Jahr 2000 auf 91 % im Jahr 2020 angestiegen. In einigen Regionen gibt es aber weiterhin kaum Zugang zu Elektrizität, z. B. liegt der Anteil bei afrikanischen Ländern südlich der Sahara nur bei 23 % im Jahr 2020. (IEA 2022d).

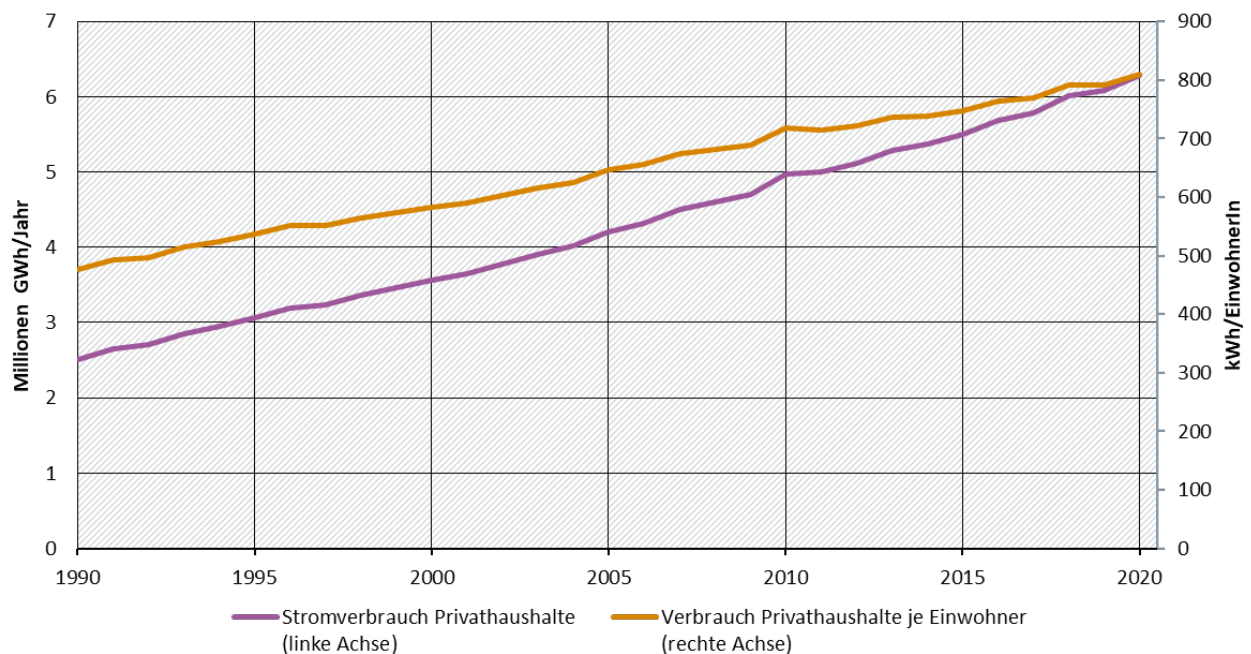
Nicht nur der Zugang zu Elektrizität hat sich allgemein erhöht, sondern auch die weltweite Erzeugungsmenge von Strom ist stark angestiegen. Von 1990 bis 2020 hat sich diese mehr als verdoppelt, von 11,9 PWh auf 26,8 PWh. Der Endverbrauch von Strom (d.h. Produktionsmenge ohne Kraftwerkseigenverbräuche und Verluste) hat sich in dem Zeitraum von 9,7 PWh auf 22,8 PWh erhöht. Der Anteil von privaten Haushalten am Stromverbrauch lag in dem Zeitraum konstant bei 26 % bis 28 % des Gesamtverbrauchs.

Die Erzeugung des Stroms erfolgte in den letzten 30 Jahren weltweit zu knapp zwei Dritteln aus fossilen Energieträgern in (Heiz-)Kraftwerken, die relevante Umweltwirkungen insbesondere durch direkte Emissionen verursachen. So liegt beispielsweise der Gesamtbeitrag der Stromerzeugung zum Klimawandel bei rund einem Drittel; der Stromverbrauch von Haushalten trägt zu knapp 10 % zu den globalen Treibhausgasen bei.

4.4.10.1 Entwicklungen und aktuelle Situation der Erzeugung und des Verbrauchs von Strom sowie des Zugangs zu Elektrizität

Im Jahr 2020 betrug der weltweite Stromverbrauch von privaten Haushalten ca. 6.283 TWh. Dies entspricht einem spezifischen Haushaltsstromverbrauch von 809 kWh/Einwohner*in (Abbildung 106). Dieser hat von 1990 bis 2020 jährlich um durchschnittlich 1,5 % zugenommen. Der durchschnittliche jährliche Zuwachs bezogen auf den weltweiten Gesamtstromverbrauch privater Haushalte beträgt in dem Zeitraum 2,7 %.

Abbildung 106: Weltweiter Stromverbrauch privater Haushalte und Verbrauch pro Person zwischen 1990 und 2020



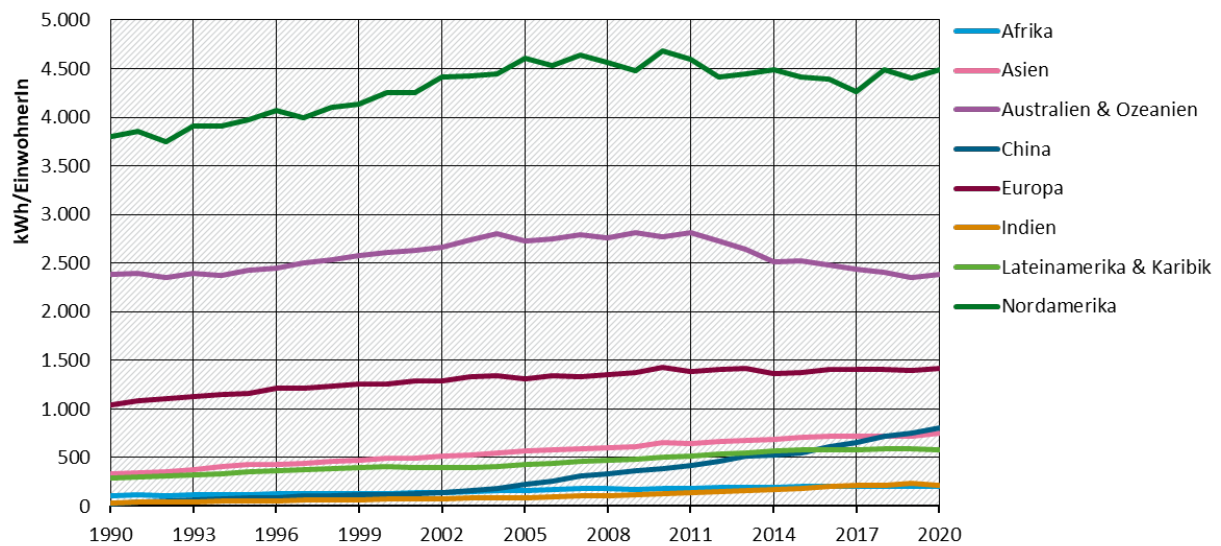
Quelle: eigene Darstellung basierend auf IEA (2022e) und World Bank (2022f)

Im Jahr 2000 hatten 78 % aller Menschen weltweit Zugang zu Elektrizität. Er ist auf 91 % im Jahr 2020 gestiegen. Dabei besteht jedoch immer noch ein signifikanter Unterschied zwischen dem ländlichen Raum (2020 Zugang: 83 %) und dem urbanen Raum (2020 Zugang: 97 %).

4.4.10.2 Regionale Trends

Abbildung 107 zeigt den Stromverbrauch privater Haushalte je Einwohner*in für verschiedene Ländergruppen. Auffällig ist der hohe Verbrauch in Nordamerika und Ozeanien. Er liegt im Jahr 2020 bei respektive 4.485 kWh bzw. 2.383 kWh pro Einwohner*in (zum Vergleich: weltweiter Verbrauch in 2020: 809 kWh/Einwohner*in). Der Verbrauch in China entspricht mit 808 kWh/Einwohner*in im Jahr 2020 ungefähr dem weltweiten Pro-Kopf-Verbrauch und ist ca. 5,4-mal so groß wie im Jahr 1990. Lediglich der Verbrauch in Ozeanien zeigt keine starken Wachstumstendenzen auf, was auf einen sinkenden Stromverbrauch in Australien ab dem Jahr 2011 zurückzuführen ist.

Abbildung 107: Stromverbrauch privater Haushalte je Einwohner*in nach Regionen, 1990 - 2020



Quelle: eigene Darstellung basierend auf IEA (2022e) und World Bank (2022f)

4.4.10.2.1 Afrika

Während viele afrikanische Länder zur Erzeugung von Elektrizität die heimischen Öl-, Gas- oder Kohleressourcen nutzen können, müssen andere Brennstoffe importieren (IEA 2022f). Im Jahr 2019 wurden insgesamt knapp 865.000 GWh Strom erzeugt, davon entfielen rund 39 % auf Erdgas und 30 % auf Kohle, erneuerbare Energieträger machten insgesamt einen Anteil von 20 % aus (IEA 2022g). Die Verwendung von Erdgas konzentriert sich auf Nordafrika, während in südafrikanischen Ländern Kohle der primäre Energieträger ist (IEA 2022f).

Der Stromverbrauch privater Haushalte im Jahr 2020 betrug rund 200 kWh pro Person, etwa um 80 % mehr als noch im Jahr 1990 (siehe Abbildung 107). Der Stromverbrauch pro Person hat zwischen 1990 bis 2020 durchschnittlich jährlich um 1,97 % zugenommen, lag aber 2020 weit unter dem weltweiten, durchschnittlichen Stromverbrauch von 809 kWh pro Person (siehe Abbildung 106). Zugang zu Elektrizität hatten im Jahr 2020 rund 56 % der Bevölkerung in Afrika, 2000 lag der Anteil bei gerade einmal 38 % und damit am niedrigsten im Vergleich zu den anderen Regionen. Die meisten der 600 Millionen Menschen in Afrika ohne Strom und der 970 Millionen, die im Jahr 2021 auf fossile Brennstoffe zum Kochen angewiesen waren, waren Afrikaner*innen aus Ländern südlich der Sahara. (IEA 2022f; e)

Die IEA stellte fest, dass Afrika bereits 2019 vom Weg abgekommen war, SDG7 – den Zugang zu Strom und sauberem Kochen – zu erreichen. In Folge der Pandemie hat sich, aufgrund von Projektverzögerungen und niedrigeren Haushaltseinkommen, die Situation deutlich verschlechtert (IEA 2022f). Zwischen 1990 und 2021 stieg die Zahl der Menschen, die ohne Strom leben, um mehr als 15 Millionen (IEA 2022h).

Seit 30 Jahren werden Bemühungen um einen Liberalisierungsprozess des Stromsektors in Afrika angestrebt. Die meisten Länder gründeten bereits Ende des 20. Jhdts. Staatsunternehmen, die bei Stromproduktion, -beförderung und -verteilung das Monopol hatten. Eine zentrale Herausforderung ist allerdings deren Unterfinanzierung, weshalb keine zuverlässige Versorgung garantiert werden kann. Die Strominfrastruktur in Afrika ist hinsichtlich der Erzeugungskapazitäten unzureichend und die Stromübertragungs- und Stromverteilungsnetze sind nicht leistungsfähig genug und werden nicht ausreichend gewartet. Neben technischen und

wirtschaftlichen Herausforderungen kommen politisch und strukturelle Hürden hinzu, wie beispielsweise ein schwacher politischer und regulatorischer Rahmen, eine unzureichende kurz- und langfristige Planung der Stromsysteme, fehlende Einheitlichkeit der Verfahren zwischen verschiedenen Ländern sowie mangelhafte institutionelle Kapazitäten (Bernier 2018; GIZ et al. 2020).

Im Jahr 2021 wurde durch die Afrikanische Union (AU) der *African Single Electricity Market* (AfSEM) ins Leben gerufen. Dieser ebnet den Weg für einen der größten Strommärkte weltweit, der die 55 Mitgliedstaaten der Afrikanischen Union mit einer Bevölkerung von mehr als 1,3 Milliarden umfasst. (African Union 2021)

4.4.10.2.2 Asien

In den 1990er Jahren wurden erste Reformen des Energiesektors in asiatischen Staaten angestoßen, vor allem durch multilaterale Geberorganisationen wie dem Internationalen Währungsfonds (IWF) und der Weltbank. Reforminitiativen fanden in den Elektrizitätsindustrien mehrerer ASEAN-Volkswirtschaften etwa Mitte bis Ende der 1990er mit dem Ziel statt, die Produktivität zu verbessern und Investitionen des Privatsektors anzuziehen. Auch in der Region der South Asian Association for Regional Cooperation⁷⁵ (SAARC) wurden Ende der 1990er und Anfang der Jahrtausendwende Reformen im Energiesektor durchgeführt. Allerdings waren die Fortschritte nicht überall angemessen und die mangelhaften inländischen Stromreformen haben sich teilweise auch nachteilig auf die Ausweitung grenzüberschreitender Stromzusammenarbeit und des Stromhandels in der SAARC-Region ausgewirkt. Zu den zentralen Hindernissen gehören das Fehlen einer angemessenen Preisgestaltung, Engpässe bei der Erzeugungskapazität, geringe Betriebseffizienz und Servicequalität, schwache Finanzleistung der Versorgungsunternehmen und begrenzte Beteiligung des Privatsektors. Derzeit wird der Stromhandel beispielsweise in Südasien von Indien dominiert. Einfache bilaterale Stromhandelsvereinbarungen sind noch immer vorherrschend, wie etwa zwischen Nepal-Indien, Indien-Bhutan und zuletzt Indien-Bangladesch (Nepal et al. 2022; Singh et al. 2018).

Asien ist sehr divers, weshalb innerhalb Asiens ein Blick auf verschiedene regionale Gruppierungen Aufschluss über Besonderheiten gibt:

In Eurasien⁷⁶ wurden 2019 etwas mehr als 315.000 GWh Strom erzeugt, wovon 56 % auf den Energieträger Erdgas, 29 % auf Kohle und rund 14 % auf erneuerbare Energieträger entfielen (Berechnung basierend auf IEA (2022i; j)). Im Nahen Osten⁷⁷ wurden im selben Zeitraum rund 1,2 Mio. GWh Strom erzeugt. Auch in dieser Region überwiegt die Erzeugung des Stroms durch Erdgas (72 %) sowie Erdöl (25 %), auf erneuerbare Energien entfiel ein Anteil von gerade einmal 2 % (IEA 2022k). Südostasien ist unterdessen eine der wenigen Regionen der Welt, in denen die kohlebefeuerte Stromerzeugung ausgebaut wurde, insbesondere in Indonesien (einem großen Kohleproduzenten), Vietnam und den Philippinen (IEA 2020a).

Der Stromverbrauch privater Haushalte in Asien im Jahr 2020 betrug rund 753 kWh pro Person, etwa um 126 % mehr als noch im Jahr 1990 (siehe Abbildung 107). Der Stromverbrauch pro Person hat zwischen 1990 bis 2020 durchschnittlich jährlich um 2,8 % zugenommen und lag 2020 noch um 7 % unter dem weltweiten, durchschnittlichen Stromverbrauch von 809 kWh pro

⁷⁵ Der Raum umfasst Afghanistan, Bangladesch, Bhutan, Indien, Nepal, Pakistan, Sri Lanka und die Malediven.

⁷⁶ Regionale Definition nach IEA (Kasachstan, Usbekistan, Turkmenistan, Aserbaidschan, Georgien, Kirgisistan, Tadschikistan; hier ohne Russische Föderation)

⁷⁷ Regionale Definition nach IEA (umfasst Iran, Saudi-Arabien, Irak, Vereinigte Arabische Emirate, Katar, Kuwait, Oman und Bahrain)

Person (siehe Abbildung 106). Zugang zu Elektrizität haben derzeit (2020) 93 % der Bevölkerung in Asien, 2000 lag der Anteil bei 77 %. (IEA 2022e)

4.4.10.2.3 China

In China begann die Entwicklung eines wettbewerbsfähigen Elektrizitätsmarktes mit Reformmaßnahmen Ende der 1990er Jahre. Insbesondere in den Jahren 2015 bis 2018 wurden große Fortschritte gemacht: So wurde der Aufbau von Handelsinstituten im Wesentlichen abgeschlossen und eine faire und standardisierte Handelsplattform für den Strommarkt eingerichtet. Die Reform der Stromübertragung und -verteilung erreichte die volle Abdeckung von 32 Stromnetzen auf provinzieller Ebene. Seit 2015 wurden die Stromversorgungskapazitäten erheblich verbessert und die Kapazitäten der Stromerzeugung sind schnell gestiegen. (Cheng und Gao 2021)

Im Jahr 2020 erzeugte China knapp 7,8 Mio. GWh Strom, davon entfielen rund 64 % auf Kohle und 17 % auf Wasserkraft, erneuerbare Energieträger machten insgesamt einen Anteil von 26 % aus (IEA 2022l).

Der Stromverbrauch privater Haushalte im Jahr 2020 betrug rund 808 kWh pro Person, ein Zuwachs um über 4.400 % gegenüber dem Jahr 1990 (siehe Abbildung 107). Der Stromverbrauch pro Person hat zwischen 1990 bis 2020 durchschnittlich jährlich um 13,6 % zugenommen und entsprach 2020 in etwa dem weltweiten, durchschnittlichen Stromverbrauch pro Person (siehe Abbildung 106). Seit 2010 haben 100 % der Bevölkerung in China Zugang zu Elektrizität, 2000 lag der Anteil bereits bei 97 %. (IEA 2022e)

4.4.10.2.4 Indien

Während Elektrizitätsreformen in den meisten südasiatischen Ländern hauptsächlich darauf abzielten, Betriebsleistungen zu verbessern und den Fokus weniger auf eine „Marktorientierung“ ausrichteten, bildet Indien eine Ausnahme, da es den Stromsektor für den Wettbewerb öffnete und eine marktorientierte Politik verfolgt. 1991 begann Indiens Stromsektor sich für private Investitionen zu öffnen. 1998 richtete Indien die Elektrizitätsregulierungsbehörde ein und führte 2001 ein Energieeinsparungsgesetz ein. (Cheng und Gao 2021; Singh et al. 2018)

In der letzten Dekade sind Indiens installierte Gesamtkapazität und die Stromerzeugung schnell gewachsen, insbesondere die erneuerbaren Energien. Indien hat seine Stromerzeugungs-, Übertragungs- und Vertriebskapazitäten stetig ausgebaut, um sein nationales Wirtschaftswachstum voranzutreiben und jüngst den Fokus von fossilen Brennstoffen auf umweltfreundlichere und kohlenstoffarme Energie verlagert, insbesondere auf erneuerbare Energien (Cheng und Gao 2021).

Im Jahr 2020 erzeugte Indien knapp 1,6 Mio. GWh Strom, davon entfielen rund 72,5 % auf Kohle und 10 % auf Wasserkraft, erneuerbare Energieträger machten insgesamt jedoch nur einen Anteil von 18 % aus (IEA 2022m).

Der Stromverbrauch privater Haushalte in Indien betrug im Jahr 2020 rund 218 kWh pro Person, ein Zuwachs um über 496 % gegenüber dem Jahr 1990 (siehe Abbildung 107). Der Stromverbrauch pro Person hat zwischen 1990 bis 2020 durchschnittlich jährlich um 6 % zugenommen und lag weit unter dem weltweiten, durchschnittlichen Stromverbrauch von 809 kWh pro Person (siehe Abbildung 106). Bereits im Jahr 2019 erzielte Indien eine nahezu vollständige Haushaltsanbindung an das Stromnetz (IEA 2021c). Im Jahr 2020 hatten laut IEA 99 % der Bevölkerung in Indien Zugang zur Elektrizität, 2000 lag der Anteil noch bei 59 %. (IEA 2022e)

4.4.10.2.5 Europa

Ein wichtiger wirtschaftlicher Faktor für die Liberalisierung des grenzüberschreitenden Handels in Europa waren die Stromungleichgewichte in vielen nationalen Systemen, wie beispielsweise in Frankreich (das Land hatte auf Grund seiner großen nuklearen Kapazität einen erheblichen Überschuss). Zudem schufen die niedrigen Ölpreise und die zunehmende Wettbewerbsfähigkeit des internationalen Kohlehandels, aus Sicht industrieller VerbraucherInnen, den Anreiz zu einem möglichen Zugang zu billigeren Stromimporten und mehr Unabhängigkeit von lokalen und nationalen Monopolanbietern. Zu Beginn der 1990er Jahre basierte die Strategie der Europäischen Kommission demnach darauf, Monopole im Energiemarkt abzubauen und ein einheitliches Wettbewerbsmodell in der gesamten Region durchzusetzen. (Bolton 2021)

Die derzeitigen Ziele in der EU umfassen Bestrebungen, bis 2050 klimaneutral zu sein. Im Einklang mit dem European Green Deal und der Verpflichtung der EU zu globalen Klimaschutzmaßnahmen im Rahmen des Pariser Abkommens muss die Dekarbonisierung der Stromversorgung, beispielsweise durch eine deutlich beschleunigte Nutzung erneuerbarer Energiequellen, vorangebracht werden. (EEA 2021)

Im Jahr 2019 erzeugte Europa⁷⁸ knapp 4,1 Mio. GWh Strom, davon entfielen rund 22,6 % auf nukleare Energieträger, 21 % auf Erdgas und rund 18 % auf Kohle. Erneuerbare Energieträger machten insgesamt einen Anteil von 31,5 % aus. Russland allein erzeugte etwa 1 Mio. GWh, wobei der größte Anteil auf den Energieträger Erdgas entfiel (43 %), gefolgt von nuklearen Energieträgern (20 %), Wasserkraft (19,7 %) sowie Kohle (16,2 %). (IEA 2022n; j)

Unter den EU-Mitgliedstaaten hatte Deutschland im Jahr 2020 die höchste Nettostromerzeugung an der EU-Gesamtleistung mit einem Anteil von 20,5 %, knapp vor Frankreich (19,1 %); Italien (10,2 %) war das einzige andere Mitglied mit einem zweistelligen Anteil (Eurostat 2022b).

Der Stromverbrauch privater Haushalte in der gesamten Region Europa betrug im Jahr 2020 rund 1418 kWh pro Person, um 36 % mehr als noch im Jahr 1990 (siehe Abbildung 107). Der Stromverbrauch pro Person hat zwischen 1990 bis 2020 durchschnittlich jährlich um 1 % zugenommen und lag um 75 % über dem weltweiten, durchschnittlichen Pro-Kopf-Stromverbrauch (siehe Abbildung 106). Bereits im Jahr 2000 gab es eine vollständige Haushaltsanbindung an das Stromnetz in Europa. (IEA 2022e)

4.4.10.2.6 Lateinamerika & Karibik

Im Jahr 2019 erzeugten die 23 Länder Mittel- und Südamerikas⁷⁹ knapp 1,3 Mio. GWh Strom, davon entfielen 19 % auf Erdgas und 53 % auf Wasserkraft, erneuerbare Energieträger (Wasserkraft, Wind und Solarenergie) machten insgesamt einen Anteil von 61 % aus (IEA 2022o).

Seit Anfang der 2000er Jahre sind Lateinamerika und die Karibik zu einem proaktiven Förderer erneuerbarer Energien geworden, vor allem der Wasserkraft. Entscheidend ist, dass die erfolgreiche Verbreitung der Wasserkraft in Lateinamerika weitgehend auf die geografische Lage und die Verfügbarkeit durch eine Vielzahl von Flüssen zurückzuführen ist (de la Hoz 2021).

Betrachtet man die gesamte Gruppe Lateinamerikas und der Karibik, lag der Stromverbrauch privater Haushalte im Jahr 2020 bei rund 581 kWh pro Person. Er ist damit um über 98 % gegenüber dem Jahr 1990 gestiegen (siehe Abbildung 107). Der Stromverbrauch pro Person hat zwischen 1990 bis 2020 durchschnittlich jährlich um 2,3 % zugenommen und lag um 28 %

⁷⁸ Regionale Definition nach IEA (hier ohne Andorra, Färöer-Inseln, Insel Man, Kanalinseln, Liechtenstein, Monaco, Russische Föderation und San Marino; aber inkl. Israel)

⁷⁹ Regionale Definition nach IEA

unter dem weltweiten, durchschnittlichen Stromverbrauch (siehe Abbildung 106). Bereits im Jahr 2000 hatten 92 % der Bevölkerung in Lateinamerika und der Karibik Zugang zur Elektrizität, 2020 lag der Anteil schließlich bei 99 %. (IEA 2022e)

4.4.10.2.7 Nordamerika

Auch in den USA beschlossen ab den 1990er Jahren viele US-Bundesstaaten, ihre Stromsysteme zu deregulieren, um Wettbewerb zu schaffen und Kosten zu senken. Heute wird nur mehr rund ein Drittel des US-Strombedarfs von regulierten, integrierten Versorgungsmärkten gedeckt. (Cleary und Palmer 2020)

Die meisten kanadischen Stromsysteme sind Teil des integrierten nordamerikanischen Marktes, wobei 98 % der Kanadier*innen an das Großstromnetz des Kontinents angeschlossen sind. Strom wird regelmäßig in beiden Richtungen zwischen Kanada und den USA gehandelt (wobei Kanada insgesamt ein Nettoexporteur in die USA ist). (IEA 2022p)

Im Jahr 2019 erzeugte Nordamerika⁸⁰ knapp 5,4 Mio. GWh Strom. Davon entfielen rund 35 % auf Erdgas, 21 % auf Kohle und rund 18 % auf nukleare Energieträger. Erneuerbare Energieträger machten insgesamt einen Anteil von 22 % aus (IEA 2022q).

Der Stromverbrauch privater Haushalte in der gesamten Region Nordamerikas betrug im Jahr 2020 rund 4.485 kWh pro Person, um 18 % mehr als noch im Jahr 1990; er ist damit der höchste Verbrauch im Vergleich zu den anderen Regionen (siehe Abbildung 107). Der Stromverbrauch pro Person hat zwischen 1990 bis 2020 durchschnittlich jährlich um rund 0,6 % zugenommen und lag um 454 % über dem weltweiten, durchschnittlichen Pro-Kopf-Stromverbrauch (siehe Abbildung 106). Wie auch in Europa gab es bereits im Jahr 2000 eine vollständige Haushaltsanbindung an das Stromnetz in Nordamerika. (IEA 2022e)

4.4.10.2.8 Australien und Ozeanien

Australien erzeugte im Jahr 2020 rund 265.200 GWh Strom, 55 % entfielen auf den Energieträger Kohle, 21 % auf Erdgas und weitere 21 % auf erneuerbare Energieträger (IEA 2022r). Neuseeland erzeugte im Jahr 2020 rund 45.200 GWh Strom, ein überwiegender Großteil (77 %) wurde mit erneuerbaren Energieträgern erzeugt, während rund 14 % auf Erdgas entfielen (IEA 2022s).

Der Stromverbrauch privater Haushalte in der gesamten Region Australien und Ozeanien betrug im Jahr 2020 rund 2.383 kWh pro Person und lag damit wieder auf demselben Niveau wie 1990; ein Jahrzehnt zuvor wurde mit 2.611 kWh pro Person ein Höchststand erreicht. Im Vergleich zu den anderen Regionen, liegt der Stromverbrauch pro Person im Jahr 2020 in der Region am zweithöchsten (siehe Abbildung 107). Der Stromverbrauch pro Person lag im Jahr 2020 um 194 % über dem weltweiten, durchschnittlichen Pro-Kopf-Stromverbrauch (siehe Abbildung 106). Zugang zu Elektrizität haben derzeit (2020) 91 % der Bevölkerung in Australien und Ozeanien, 2000 lag der Anteil bei 80 %. (IEA 2022e)

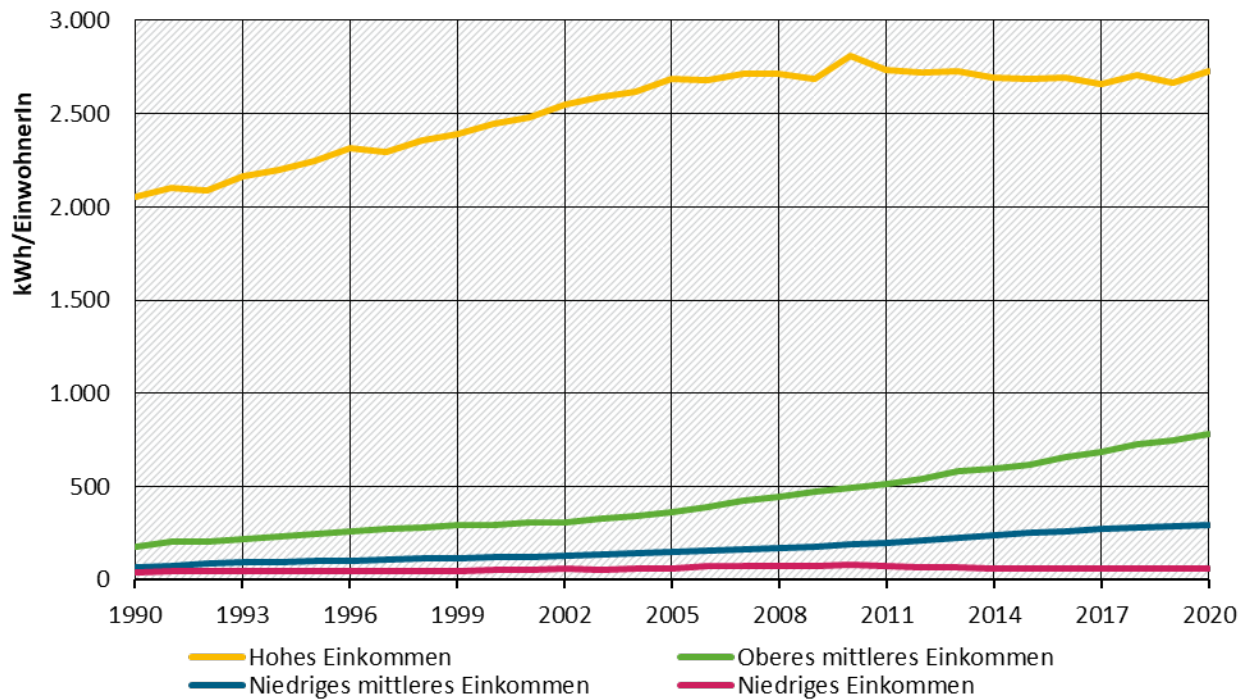
4.4.10.3 Trends nach Einkommensgruppen

Der Stromverbrauch von Haushalten je Einwohner*in ist in Abbildung 108 in Abhängigkeit der verschiedenen Einkommensgruppen dargestellt. In allen Gruppen ist ein Anstieg des Verbrauchs zwischen 1990 und 2020 zu erkennen. In den beiden Gruppen mit niedrigen und oberen mittleren Einkommen ist der relative Zuwachs zwischen 1990 und 2020 mit 325 % bzw. 346 % am größten. Der Verbrauch in den beiden mittleren Einkommensgruppen steigt in dem

⁸⁰ Regionale Definition nach IEA (inkludiert USA, Kanada und Mexiko)

Zeitraum jeweils um 33 % bzw. 42 %. Deutlich fällt auf, dass der Haushaltsstromverbrauch je Einwohner*in in den Einkommensgruppen „niedrig“ (2020: 2 %), „unteres Mittel“ (2020: 11 %) und „oberes Mittel“ (2020: 29 %) nur einen Bruchteil des Verbrauchs in der hohen Einkommensgruppe ausmacht.

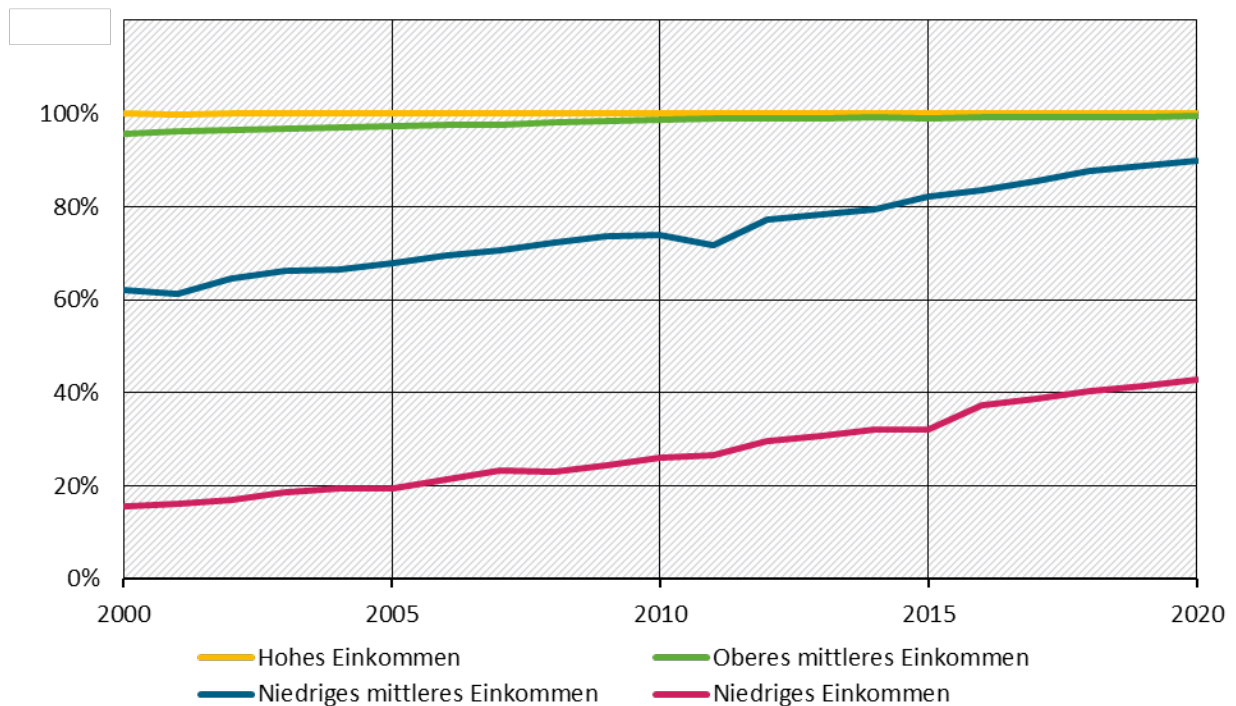
Abbildung 108: Stromverbrauch privater Haushalte nach Einkommensgruppen, 1990 - 2020



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf IEA (2022e) und World Bank (2022f)

Der weltweite Zugang zu Elektrizität fällt je nach Einkommen sehr unterschiedlich aus (Abbildung 109). In den Ländern mit hohen und oberen mittleren Einkommen liegt ein Zugang von nahezu 100 % vor. In Ländern mit niedrigen mittleren Einkommen ist der Zugang zu Elektrizität von 62 % im Jahr 2000 auf 90 % im Jahr 2020 gestiegen. Bei Ländern mit niedrigen Einkommen liegt ein Zuwachs von 16 % im Jahr 2000 auf 43 % im Jahr 2020 vor. Daten für den Zeitraum vor 2000 liegen in den Welt-Bank-Daten nicht vollständig vor und können in dieser Auswertung nicht berücksichtigt werden (World Bank 2022f).

Abbildung 109: Zugang zu Elektrizität in der Welt nach Einkommensgruppen, 2000 - 2020

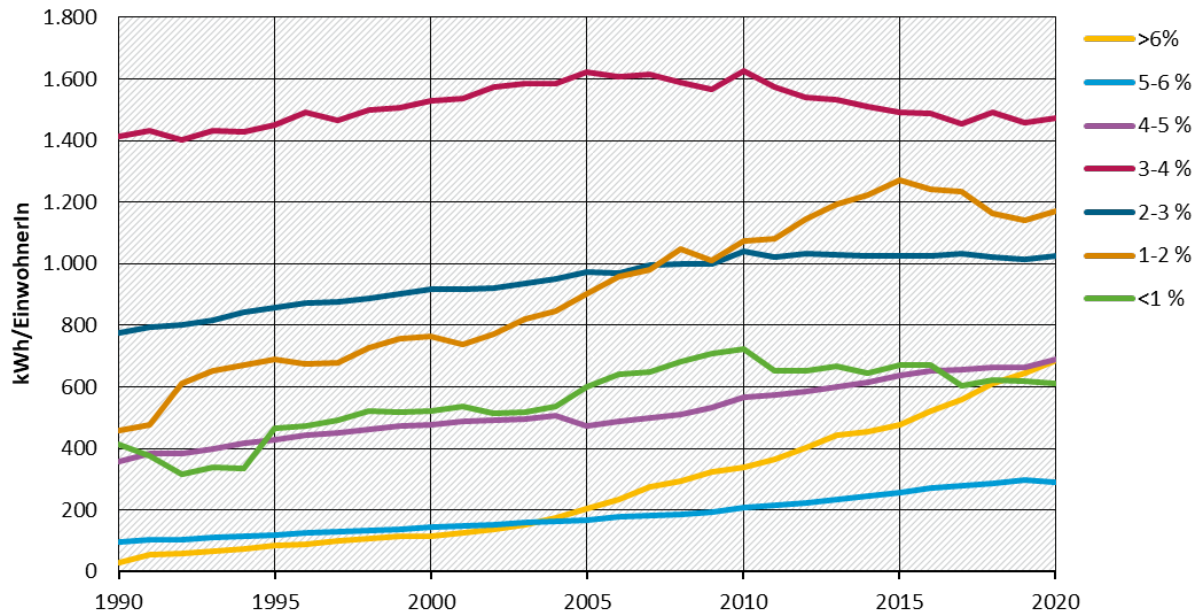


Quelle: eigene Darstellung basierend auf World Bank (2022f)

4.4.10.4 Trends nach Einkommensdynamik

Abbildung 110 zeigt die historische Entwicklung des Haushaltsstromverbrauchs je Einwohner*in bezogen auf die verschiedenen Wachstumsgruppen. Auffällig ist der überproportionale Zuwachs des Verbrauchs in der Ländergruppe mit einem jährlichen Wachstum $>6\%$. Er entspricht einem durchschnittlichen jährlichen Zuwachs des spezifischen Stromverbrauchs von $11,2\%$ in dem betrachteten Zeitraum (1990: $28\text{ kWh/Einwohner*in}$, 2020: $687\text{ kWh/Einwohner*in}$). Für die Länder in der Wachstumsgruppe mit $1-2\%$ und $5-6\%$ findet ein durchschnittlicher jährlicher Zuwachs von $3,2\%$ bzw. $3,8\%$ statt. In den anderen Wachstumsgruppen liegt der durchschnittliche jährliche Zuwachs im gleichen Zeitraum niedriger.

Abbildung 110: Stromverbrauch privater Haushalte nach durchschnittlichem Wachstum der Länder zwischen 1990 und 2020



Quelle: eigene Darstellung basierend auf IEA (2022e) und World Bank (2022f)

4.4.10.5 Zukünftige Entwicklung der Stromnachfrage

Die zukünftige Nachfrage nach Strom lässt sich nicht aus den vergangenen Trends fortschreiben. Zwar ist davon auszugehen, dass sich Trends der Vergangenheit fortsetzen werden, insbesondere die Entwicklungen, dass zunehmend mehr Menschen mit Strom versorgt werden und dass die Nachfrage nach Strom (pro Person) durch zusätzliche Anwendungen wie IKT oder Haushaltsgeräte zunehmen wird. Zusätzlich zu diesen Trends kommt jedoch hinzu, dass zur Reduktion der Treibhausgasemissionen eine tiefgreifende Transformation der Energiesysteme erforderlich ist, die eine Abkehr der Nutzung von fossilen Rohstoffen (Erdöl, Erdgas, Braun- und Steinkohle) beinhaltet. Gegenwärtig ist die direkte Nutzung von erneuerbaren Energien die technologisch und ökologisch überzeugendste Lösung. Sonnenstrahlen, Wind und Wasserkraft gelten als zentrale Energiequellen, die vor allem über Photovoltaik- und Windkraftanlagen sowie Wasserkraftwerke in Strom umgewandelt werden, der für den Menschen nutzbar ist. Gleichzeitig werden strombasierte Technologien weiterentwickelt, um die menschlichen Bedürfnisse nach Wärme und Mobilität zu befriedigen: Elektroautos nutzen anstelle von Verbrennungsmotoren Batterien für den Antrieb, die mit Strom direkt aufgeladen werden können. Wärmepumpen können Öl- bzw. Gasheizungen ersetzen, sie wandeln Umgebungswärme in Heizwärme um, unterstützt durch strombasierte Heizstäbe. In Anwendungen, in denen Strom nicht direkt genutzt werden kann, können synthetische Rohstoffe wie beispielsweise grüner Wasserstoff fossile Rohstoffe ersetzen. Auch hierfür wird Strom gebraucht, um die synthetischen Rohstoffe (mittels Elektrolyse und weiterer Prozesse) zu produzieren. Das bedeutet, die bereits heute große Bedeutung von Strom wird zukünftig aus verschiedenen Gründen sehr stark steigen.

Es ist daher nicht verwunderlich, dass es sehr viele Szenarien zur Abschätzung der zukünftig erforderlichen Strommenge gibt. Die Szenarien unterscheiden sich jedoch unter anderem darin, wie stark die Nachfrage aus konventionellen Trends bzw. transformatorischen Gründen steigt, wie weitgehend der Umstieg von fossilen Rohstoffen auf erneuerbare Technologien erfolgt und

welchen Anteil Strom am gesamten Endenergieverbrauch einnimmt. Drei unterschiedliche Beispiele seien genannt:

- ▶ IEA (2021a): Im Net Zero Emission Szenario der IEA sinkt der globale Endenergieverbrauch durch Effizienzgewinne und Elektrifizierung. Die Stromproduktion steigt von rund 27 Tsd. TWh im Jahr 2020 auf rund 71 Tsd. TWh im Jahr 2050. Etwa 50 % des Endenergieverbrauchs wird in dem Szenario im Jahr 2050 durch Strom bedient (im Jahr 2020 sind es rund 20 %). Im Szenario spielt die Nutzung von Kernkraft und von fossilen Rohstoffen mit CCS (Carbon Capture and Storage) weiterhin eine relevante Rolle für die Energiebereitstellung. Der Strom wird zu 88 % mit erneuerbaren Energien produziert. Der Gebäudesektor benötigt rd. 16 Tsd. TWh, Privat-Pkws rd. 5 Tsd. TWh, jeweils zum Großteil Strom.
- ▶ IRENA (2020): Um die Temperaturerhöhung auf unter 2° zu beschränken, muss dem Transforming Energy Szenario von IRENA folgend der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergiemix (einschl. Mobilität und Wärme) von 14 % in 2017 auf 65 % in 2050 steigen. Dies müsse einhergehen mit einem größeren Anteil von Windkraft und PV sowie einem Rückgang der Endenergienachfrage. In dem Szenario spielen fossile Energieträger weiterhin eine Rolle. Die nachgefragte Strommenge steigt in Folge der steigenden direkten Nutzung von Strom von rund 26 Tsd. TWh im Jahr 2017 auf rund 55 Tsd. TWh im Jahr 2050, von denen 86 % durch erneuerbare Energieträger generiert werden.
- ▶ Teske et al. (2019): Im Auftrag von Greenpeace berechneten Teske und sein Team Wege, um das Treibhausgasbudget für ein 1,5°-Ziel bzw. ein 2°-Ziel global nicht zu überschreiten. In den ermittelten Pfaden ist der vollständige Umstieg von fossilen Rohstoffen auf eine Energiegewinnung aus Windkraft- und Photovoltaikanlagen einschließlich CSP (Concentrated Solar Power) sowie Wasserkraftwerken zentral, ergänzt durch Geothermie und – in Südamerika – Biomassenutzung. Beide Szenarien sehen sehr effiziente, strombasierte Technologien, einen Anstieg der Energieeffizienz und Einsparungen durch nachhaltige Nachfragemuster vor. Im Szenario steigt die Stromnachfrage der Sektoren Industrie, Mobilität, Private Haushalte und sonstige Sektoren von rund 24,3 Tsd. TWh im Jahr 2015 auf 63,3 Tsd. TWh im 1,5°-Szenario bzw. auf 65,9 Tsd. TWh im 2°-Szenario im Jahr 2050. Die Nachfrage durch Haushalte und sonstige Sektoren (insb. GDH, ohne Industrie, Mobilität, synthetische Rohstoffe und Verluste) verdoppelt sich von 11,3 Tsd. TWh auf 20,6 Tsd. TWh (1,5°-Szenario) bzw. 40,5 Tsd. TWh (2°-Szenario) in denselben Jahren.

4.4.10.6 Umweltwirkungen

Die Umweltwirkungen, die im Rahmen des Konzepts der Planetaren Grenzen relevant sind, verändern sich nicht nur mit der Nachfragemenge, sondern auch mit der Art, wie Strom produziert wird. Je mehr Strom auf der Basis von erneuerbaren Energien anstelle von fossilen Energieträgern produziert wird, desto stärker sinken die Treibhausgasemissionen. Im Kapitel 3.1.3 wurden die Faktoren berechnet, die auf dem 1,5°-Szenario von Teske et al. aufbauen, das heißt, den dort hinterlegten Strommix unterstellen. In den Berechnungen sind Technologien aus dem Projekt REFINE hinterlegt, Vorketten sind enthalten (Dittrich et al. 2024a; b; Liebich et al. 2023). Für die Szenarien von IEA bzw. IRENA gibt es keine vergleichbaren Faktoren.

Wenn eine vollständige Umstellung gelingen und sich die Nachfrage so entwickeln würde wie Teske et al. dies in ihrem optimistischen 1,5°-Zielerreichungsszenario unterstellen, so würde nicht nur die planetare Grenze Klimawandel eingehalten, sondern es würden auch die Stickstoff-Flüsse, der Süßwasserverbrauch sowie der jährliche Waldverlust sinken (Tabelle 54).

Tabelle 54: Umweltwirkungen der globalen Stromproduktion

		2020**	2050: Teske	2050: IEA	2050: IRENA	Grenzwert/Budget
<i>Stromproduktion, gesamt</i>	<i>TWh</i>	26.778	65.309	71.164	Rd. 55.000	-
Klimawandel	CO ₂ [Gt/a]	17,7	0,11	0,20*	2,3*	1,2–1,5
Landnutzung	Waldverlust, km ²	1.933	1.103	-	-	5.130.000
Süßwasserverbrauch	Mrd. m ³ /a	84	39	-	-	4.000
Biogeochemische Flüsse: Stickstoff	Mio. t/a	18	2,3	-	-	62
Biogeochemische Flüsse: Phosphor	Tsd. t/a	1,3	13,2	-	-	6.200

Quellen: eigene Berechnung auf der Basis von IEA (2021a), Teske et al. (2019), IRENA (2020) sowie Dittrich et al. (2024a; b) mit ecoinvent (Datenbank-Version 3.7.1, 2020) *ohne Vorketten; ** Rechnung auf der Basis des globalen Strommixes von ecoinvent.

4.4.10.7 Zwischenfazit

Weltweit ist die Erzeugungsmenge von Strom stark angestiegen – von 1990 bis 2020 hat sie sich mehr als verdoppelt. Der Endverbrauch hat sich im selben Zeitraum um den Faktor 2,4 erhöht. Bei der Erzeugung von Strom dominierten in den vergangenen 30 Jahren fossile Energieträger in (Heiz-)Kraftwerken und verursachten relevante Umweltwirkungen, vor allem durch direkte Emissionen. Viele Regionen sind nach wie vor von fossilen Energieträgern abhängig, die höchsten Anteile an erneuerbaren Energien entfallen unterdessen auf die Regionen Lateinamerika und Karibik (61 %), Europa (ohne Russland) (31,5 %) und Neuseeland (77 %) als Beispiel der Gruppe Australien und Ozeanien.

Nach Einkommensgruppen lassen sich deutliche Unterschiede im Stromverbrauch erkennen: In den Gruppen mit niedrigen mittleren und oberen mittleren Einkommen stieg der Verbrauch am schnellsten; pro Person liegt der Haushaltsstromverbrauch in diesen Gruppen (und in der Gruppe mit niedrigen Einkommen) deutlich unter dem Stromverbrauch der Gruppe mit hohen Einkommen. Überdies hatten im Jahr 2020 noch rund 9 % aller Menschen weltweit keinen Zugang zu Elektrizität.

Der zukünftige Stromverbrauch wird sich an unterschiedlichen Faktoren orientieren: wie stark die Nachfrage aus konventionellen Trends bzw. aus transformatorischen Gründen steigen wird, wie weitgehend der Umstieg von fossilen Rohstoffen auf erneuerbare Technologien erfolgen kann und welchen Anteil Strom am gesamten Endenergieverbrauch einnehmen wird.

So könnte sich (ausgehend vom Jahr 2015) die Nachfrage durch Haushalte und sonstige Sektoren (insb. GDH, ohne Industrie, Mobilität, synthetische Rohstoffe und Verluste) bis 2050

verdoppeln oder gar vervierfachen. Wenn technische Änderungen gelingen und sich die Nachfrage so entwickelt, wie Teske et al. (2019) dies in ihrem optimistischen 1,5°-Szenario unterstellen, wäre es dennoch möglich, dass nicht nur die planetaren Grenzen eingehalten werden, sondern auch ein Rückgang der Umweltwirkungen biogeochemischer Flüsse, des Süßwasserverbrauchs sowie der jährlich umgewandelten Waldflächen erfolgt.

4.4.11 Länderstudie Indien

Indien ist ein Land mit einer Geschichte, die von den unterschiedlichsten kulturellen Einflüssen geprägt wurde. Dies spiegelt sich in der Vielfalt der Gesellschaft wider. Seit der Unabhängigkeit vom britischen Königreich im Jahr 1947 versteht sich Indien als demokratische Republik. In Indien leben derzeit rund 1,38 Mrd. Menschen, damit ist das Land nach China das bevölkerungsreichste Land und die größte parlamentarische Demokratie der Welt. Seit Juli 2022 ist Droupadi Murmu Präsidentin von Indien. (Auswärtiges Amt 2022; GIZ 2022; World Bank 2021d, 2022b)

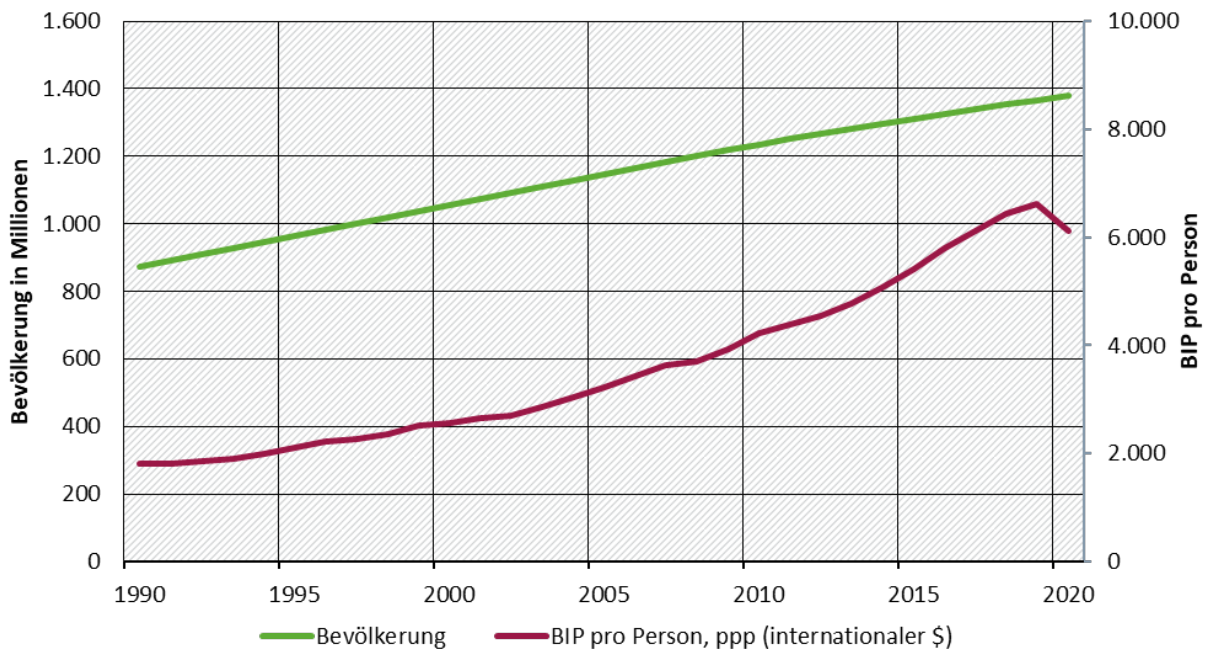
Das Schwellenland hat sich in den vergangenen Jahrzehnten äußerst dynamisch entwickelt: Das BIP hat zwischen 1990 und 2020 um den Faktor 3,4 zugenommen, während die Bevölkerung um 58 % gestiegen ist (Abbildung 111). Das Einkommen ist in Indien damit schneller gestiegen als im weltweiten Durchschnitt und lag im Jahr 2020 bei \$ 6.114 pro Kopf (ppp, konstanter 2017 internationaler \$). Das jährliche durchschnittliche Wachstum des Einkommens lag in Indien über den Zeitverlauf bei rund 4 %, weltweit waren es 2 % (World Bank 2022a). Nach Klassifizierung der Weltbank zählt Indien aber nach wie vor zur Einkommensgruppe mit niedrigem mittlerem Einkommen. Denn trotz wachsendem Wohlstand in Indien befindet sich der Großteil der Bevölkerung in der unteren Hälfte der globalen Wohlstandsverteilung, was eine hohe Vermögensungleichheit im Land zeigt (CSRI 2022). Gleichzeitig kann hervorgehoben werden, dass der Anteil der in Armut lebenden Menschen in Indien deutlich reduziert worden ist und in den vergangenen zwei Jahrzehnten von 55 % auf 28 % sank (GIZ 2022).

Die Wertschöpfung des Landes wird vom Dienstleistungssektor dominiert. Das Ziel der Regierung ist es, auch die industrielle Basis des Landes zu stärken und eine (Teil-) Automatisierung und Digitalisierung zu fördern. Der anhaltende Trend zur Urbanisierung wird zudem Bedarf für Wohn- und Gewerbeimmobilien sowie für Infrastrukturprojekte schaffen, weshalb auch der Bauwirtschaftssektor zunehmend mehr Bedeutung gewinnt. (GIZ 2022)

Die Bevölkerungszahl Indiens hat sich ebenso rasant entwickelt: im Durchschnitt um jährlich 1,5 %, und damit ebenfalls schneller als das globale Wachstum der Weltbevölkerung (CAGR: 1,3 %) (World Bank 2022a). Allerdings belegt Indien Rang 132 von 191 (2022) des Index der menschlichen Entwicklung der Vereinten Nationen (Human Development Index, HDI) und zählt somit zur Kategorie jener Länder mit mittlerem HDI. Der Blick in die Vergangenheit zeigt, dass Indiens HDI-Wert seit 1990 stetig zum Weltdurchschnitt aufgeholt hat. (UNDP 2022)

Auf Ebene der Haushalte haben ein steigender Wohlstand und eine größere finanzielle Inklusion (mittels verschiedener Maßnahmen und Programme der Regierung, wie etwa das Programm „Pradhan Mantri Jan Dhan Yojna“) dazu geführt, dass sich die Konsumausgaben der Inder*innen erhöht und diversifiziert haben. Die Bevölkerung konsumiert heute vielfältigere Artikel, die nicht der Ernährung dienen. Zudem ist zu beobachten, dass sich der Warenkorb von Lebensmitteln zu Nicht-Lebensmittel-Artikeln verschiebt. Dies sind Ergebnisse einer Studie, die auf eine Verbesserung des Wohlstandes ländlicher und städtischer Haushalte hinweist. (Chakrabarty und Mukherjee 2022)

Abbildung 111: Entwicklung des Einkommens und der Bevölkerung in Indien, 1990-2020



Quelle: eigene Darstellung auf der Basis von World Bank (2022b; a)

Insgesamt kann Indien sich heute als aufstrebende Nation bezeichnen, die zur Gruppe der zwanzig wichtigsten Industrie- und Schwellenländer (G20) sowie zur Vereinigung aufstrebender Volkswirtschaften (BRICS) gehört. Allerdings bringt die (noch stärker angestrebte) Industrialisierung des Landes auch Herausforderungen wie Luftverschmutzung, Waldschwind, Wassermangel und einen steigenden Energiebedarf mit sich, die es zu lösen gilt. (GIZ 2022).

Nachfolgend wird der Fokus auf die repräsentativen Güter, deren Konsumententwicklung, -niveaus und Besonderheiten im indischen Kontext gelegt.

4.4.11.1 Konsum der repräsentativen Güter in Indien

Milch

Insgesamt ist der Milchkonsum Indiens der größte weltweit (USDA 2022a). Dieser enorme Milchkonsum wird durch mehrere Faktoren begründet: ein steigendes Einkommen, eine stetig wachsende Urbanisierung, demografisches Wachstum und ein hoher Anteil Kinder und Jugendlicher an der Gesamtbevölkerung, Veränderungen der Lebensstile und damit einhergehende Veränderungen der Ernährungsgewohnheiten. (Khongsai 2020; USDA 2021)

Hinsichtlich der Ernährungsgewohnheiten weist das Land eine oft erwähnte Besonderheit auf, die wesentlich zum steigenden Milchkonsum beitragen soll: Das Land besitzt eine große, sich vegetarisch ernährende Bevölkerung, die sich über den Konsum von Milch(-produkten) wichtige Nährstoffe und eine (bzw. für viele die einzige) tierische Proteinquelle sichert (Khongsai 2020). Studien weisen darauf hin, dass der Anteil der Vegetarier sich zwischen 20 und 31 % der Bevölkerung bewegt (Balmurli und Suraj 2018).

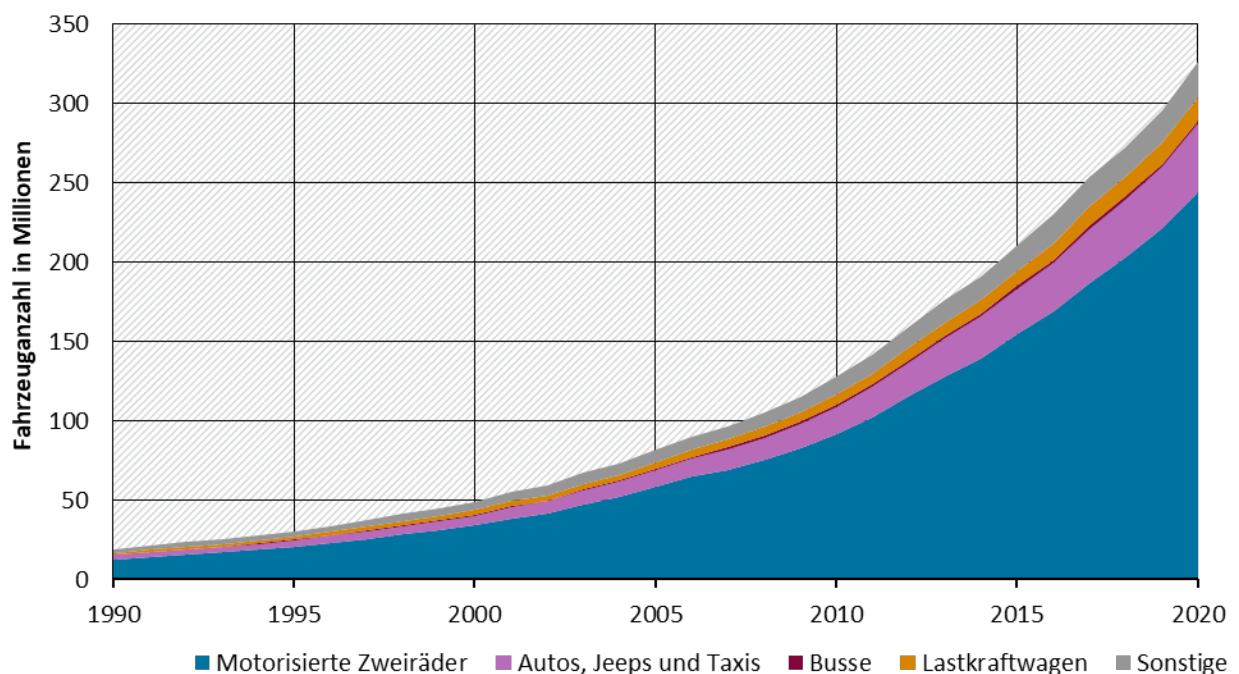
Die treibende Kraft der Nachfrage nach Milchprodukten ist sehr wahrscheinlich ein Mix aus unter anderem gesteigertem Interesse an proteinreichen Diäten und der Zugänglichkeit von Milchprodukten, die durch Indiens wachsenden Einzelhandelssektor vorangetrieben wird. Klein verpackte Milchprodukte werden beispielsweise stark vermarktet (Khongsai 2020; USDA 2021).

Auto

Die Motorisierung in Indien zeigt sich auf ihre ganz eigene Art: Der gesamte Fahrzeugbestand stieg insgesamt um etwa das 14-fache seit Beginn der 1990er Jahre, allerdings liegt der Anteil der Autos inkl. Jeeps und Taxis damals wie auch heute (Stand 2019) bei gerade einmal 13 %, während motorisierte Zweiräder heute rund 75 % aller registrierter Fahrzeuge ausmachen (Government of India 2021; UNdata 2022) (Abbildung 112). Der Grad der Motorisierung hat sich zudem deutlich verändert. Zu Beginn der 2000er Jahre lag die Zahl der Pkw pro 1.000 Personen bei 5, bis 2019 stieg dieser auf knapp unter 25 Pkw pro 1.000 Personen (Government of India 2021).

Der Besitz und die Verwendung privater Pkw sind mit hohen Kosten verbunden, die nur für die reicheren Bevölkerungsschichten finanzierbar sind (Banerjee 2011). Die Zahl der Haushalte mit Autos ist in Städten generell höher als im ländlichen Raum. Die Nationale Familiengesundheitserhebung aus den Jahren 2019-2021 (National Family Health Survey, NFHS) ergab, dass etwa 14 % der befragten Familien in städtischen Gebieten gegenüber 4 % im ländlichen Indien einen privaten Pkw besitzen. Insgesamt besitzen nur etwa 8 % der Bevölkerung Indiens einen privaten Pkw. (Government of India 2022)

Abbildung 112: Fahrzeugbestand Indiens nach Kategorien, 2000 – 2019 (in 1000)



Quelle: Government of India (2021); Anmerkung: Busse einschließlich Omnibusse; Lastkraftwagen umfassen mehrachsige Fahrzeuge/Gelenkfahrzeuge, Lastkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge; Sonstige umfassen Zugmaschinen, Anhänger, dreirädrige Fahrzeuge und andere verschiedene Fahrzeuge, für die keine weitere Aufschlüsselungen nach Kategorien gegeben sind.

Von den jährlichen Personenkilometern, die 2001 zurückgelegt wurden, nahm der private motorisierte Verkehr rund 21 % ein, wobei etwa 9 % auf Pkw und 12 % auf motorisierte Zweiräder entfiel. Dennoch steigen der Pkw-Besitz und auch der Anteil an den Pkm, die von Autos zurückgelegt werden, deutlich. Seit Ende der 1990er Jahre steigt im urbanen Raum der Anteil der Fahrten, die mit dem privaten Pkw zurückgelegt werden, zu Lasten des öffentlichen und nicht motorisierten Verkehrs (Banerjee 2011). Die gesamte Verkehrsleistung der

Transportmittel auf Straßen belief sich 2018/19 auf etwa 22.582 Mrd. Pkm (Government of India 2021).

Gründe für die zu beobachtende Verlagerung der Mobilität auf den motorisierten Individualverkehr in Indien sind vielfältig. Zwei wichtige Faktoren sind der wirtschaftliche Status und die Haushaltsgröße. Studien zeigten, dass der Fahrzeugbesitz mit den Pro-Kopf-Ausgaben in indischen Haushalten korreliert. Steigende Einkommen und damit die Erschwinglichkeit von Privatfahrzeugen sind daher ein zentraler Faktor für den sich abzeichnenden Trend. Der Besitz von Pkw war zudem (und ist womöglich noch immer) ein Zeichen der Zugehörigkeit zur oberen Mittel- oder Oberschicht. Haushalte, die es sich leisten können, priorisieren Komfort, Bequemlichkeit und Privatsphäre, wodurch es auch weniger wahrscheinlich wird, dass sie sich für die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel entscheiden. Für Haushalte, die sich Zweiräder leisten können, könnte die Einführung hochwertiger öffentlicher Nahverkehrssysteme in Zukunft eine sicherere und komfortablere Option für den Nahverkehr bieten. (Vasudevan et al. 2021)

Banerjeen (2011) geht davon aus, dass ohne politische Maßnahmen zukünftig die Wahrscheinlichkeit steigt, dass es in Indien zu einer Verlagerung erstens von nicht motorisierten zu motorisierten Verkehrsmitteln, zweitens von öffentlichen zu privaten Verkehrsmitteln und drittens von motorisierten Zweirädern zu Pkw kommt. Die IEA geht in ihrem Basis-Szenario von einem Anstieg der Verkehrsleistung Indiens bis 2050 um etwa 210 % aus. Diese erreicht damit rund 19 Billionen Pkm (ausgehend von 6,2 Billionen im Jahr 2017). Dieses Wachstum wird überwiegend durch Pkws befriedigt werden. Die IEA schätzt einen Motorisierungsgrad von über 200 Pkw pro 1.000 Einwohner*innen im Jahr 2050. (IEA 2019)

ÖPV

Städtische Trends zeigen, dass etwa 25 % der Fahrten in den größten Städten (EW > 5 Mio.) mit öffentlichen Verkehrsmitteln durchgeführt werden, während in Städten mit weniger als 500.000 EW nur 5-8 % aller Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln gemacht werden (Tiwari et al. 2016). Wie bereits im Kapitel 3.3.2.2.4 beschrieben, bildet der öffentliche Busverkehr den primären öffentlichen Fortbewegungsmodus, wobei auch informelle Verkehrsträge wie Rikschas und Fahrgemeinschaftssysteme existieren (Rathi 2017).

Die bestehenden nicht motorisierten Transportmittel und die ÖPV-Infrastruktur in indischen Städten sind jedoch in einem unterdurchschnittlichen bis schlechten Zustand, was für Nutzer*innen Unbehagen und ein hohes Verkehrsunfallrisiko birgt. Die Mehrheit der Nutzer*innen kann zur Gruppe mit niedrigem Einkommen gezählt werden und ist daher in großer Abhängigkeit des ÖPV, da sie sich oftmals, wie bereits erwähnt, private motorisierte Verkehrsmittel nicht leisten kann. (Tiwari et al. 2016)

Der Personenschienenverkehr, gemessen an den Personenkilometern, hat zwischen 2000 und 2017 stark zugenommen – Indiens Schienenverkehr verzeichnete ein Wachstum von 200 %. Im Jahr 2017 lag die Verkehrsleistung des Personenschienenverkehrs auf einem Niveau von 1,2 Billionen Pkm (IEA 2020b) bzw. 1,05 Billionen Pkm (UIC 2022a). Trotz dieser Entwicklung ist der Anteil des Personenschienenverkehrs an allen Verkehrsträgern rückläufig, da etwa der motorisierte Individualverkehr schneller zugenommen hat. Wie in vielen anderen Ländern ist auch der Luftverkehr zunehmend zur Konkurrenz geworden. Ein weiterer Grund für den anteilmäßigen Rückgang ist, dass Indiens Schienennetz in den letzten 60 Jahren kaum ausgebaut wurde. Das konventionelle Bahnnetz, das den Vorort-, Intercity- und Fernverkehr umfasst, hat in Indien eine höhere Personenverkehrsleistung als in jedem anderen Eisenbahnsystem der Welt sowie die zweithöchste Anzahl von Fahrgastfahrten nach Japan.

Hochgeschwindigkeitsstrecken gab es bislang nicht, allerdings soll die erste mit der Fertigstellung der Mumbai-Ahmedabad-Strecke bis zum Jahr 2026 realisiert werden. (Aulakh 2023; IEA 2019)

Die IEA stellt in Aussicht, dass der zukünftige Mobilitätsbedarf – insbesondere am konventionellen Bahnnetz – steigen wird und errechnet ein zukünftiges Niveau der Verkehrsleistung des außerstädtischen Personenschienenverkehrs von rund 3,7 Billionen Pkm im Jahr 2050, weshalb erschwingliche, sichere und nachhaltige Mobilitätsweisen von wesentlicher Bedeutung sein werden. (IEA 2019)

Flug

Das Fliegen hat in Indien an Popularität gewonnen, das zeigen die steigenden Passagierzahlen der letzten Dekaden (siehe Abbildung 78). Das Flugzeug als Fortbewegungsmittel bleibt für einen Großteil der Bevölkerung Indiens unerschwinglich. Gerade einmal 1 % der Haushalte in Indien nehmen rund 45 % der Flüge in Anspruch (Anirudh 2021). Im Vergleich zu den anderen Regionen nimmt Indien derzeit einen nur kleinen Anteil der zurückgelegten Personenkilometer ein, ein Großteil der Flüge findet außerdem nur im Inland statt. Jedoch zeigte die Vergangenheit einen Wachstumsschub – neue Flughäfen wurde eröffnet und Fluggesellschaften gegründet.

Haustiere

Wie bereits in Kapitel 4.4.5.2.4 dargelegt wurde, besitzen etwas weniger als 60 % der Haushalte in Indien ein Haustier. Das beliebteste Haustier ist der Hund (34 % der Haushalte) (Rakuten Insight 2021). Hunde haben jedoch einen ambivalenten Status in der indischen Gesellschaft: Einerseits sind sie regelmäßiger Begleiter des Menschen und werden sogar mit hinduistischer Mythologie und etwa der Göttin Durga in Verbindung gebracht. Andererseits werden sie oft als unreine Geschöpfe gesehen, die nicht in Häusern gehalten werden und daher häufig auf der Straße leben. Bereits seit dem frühen 20. Jahrhundert hat die Haltung von Hunden in indischen Haushalten jedoch an Akzeptanz gewonnen. Die derzeitigen Zahlen zur Hundepopulation in Indien sind aber nur schwer abzuschätzen. Sicher ist, dass insbesondere die Anzahl der Straßenhunde steigt. Zudem sind Tollwut und die Bedrohung der Wildtiere ernste Probleme in Indien. (Kamińska-Jones 2020)

Baumwolle

Indien produziert weltweit die meiste Baumwolle. Im Jahr 2019 waren es über 6 Mio. Tonnen (siehe Kapitel 4.4.6.2.4). Baumwolle wird in Indien selbst zur Herstellung einer breiten Palette von Artikeln wie Saris, Salwars, Bettlaken, Decken, Servietten, Hemden, Sommerkleidung, Tischsets usw. verwendet. Die traditionellen indischen Produkte der Baumwollweberei sind bei Inder*innen sehr beliebt. In den verschiedenen Bundesstaaten gibt es eine Vielzahl von Webarten und traditionellen Webmustern (Fibre2Fashion 2016). Baumwolle ist daher ein wichtiger Bestandteil traditioneller indischer Textilien, welche, aufgrund von Verfügbarkeit, Komfort, Kosten, Färbung und Pflege, hauptsächlich aus Baumwolle hergestellt wurden und werden. Obwohl die Verwendung dieser traditionellen Textilien aufgrund des Aufkommens von „Fast-Fashion“ und dem „westlichen“ Einfluss zurückgegangen ist, erlebt die traditionelle Bekleidung ein „Revival“ (Jain 2021). Fast-Fashion ist aus indischer Perspektive eine große Herausforderung, denn das Land exportiert nicht nur große Mengen an Fast-Fashion-Kleidung nach Europa und in die USA, auch die Nachfrage nach Mode im Land wächst. Allein die Menge an Textilabfällen beläuft sich in Indien auf mehr als eine Million Tonnen pro Jahr, der größte Teil davon stammt aus Haushaltsquellen. Laut dem Indian Textile Journal ist Textilabfall die drittgrößte Quelle fester Siedlungsabfälle in Indien. (Bhalla 2022)

Wohnfläche

Die Gesamtgebäudefläche pro Person (Wohnraum und sonstige Gebäudeflächen) belief sich im Jahr 2015 auf lediglich rund 12 m² (siehe Kapitel 4.4.7.1.4). Aus der Nationalen Familiengesundheitserhebung aus den Jahren 2019-2021 geht hervor, dass im Durchschnitt indische Haushalte aus 4,5 Personen in ländlichen Gebieten und 4,2 Personen in städtischen Gebieten bestanden. (Government of India 2022)

Aufschluss über die Wohnverhältnisse liefert der letzte Zensus aus dem Jahr 2011: Die Gesamtzahl der Häuser mit Lehmböden lag bei rund 140 Mio., die Anteile der ländlichen und städtischen Häuser mit Lehmböden am Gesamtbestand lagen beim letzten Zensus bei 62 % (ländl. Häuser) und 11 % (städt. Häuser). Auch die Zahl der Räume in den Wohnungseinheiten bzw. Häusern sind vergleichsweise gering. Ein Großteil der Haushalte lebt in Häusern mit nur einem Raum (rund 37 %) oder zwei Räumen (31,7 %). (Government of India 2011)

Der Zensus 2011 ermöglicht zudem einen Blick in den Zustand der Häuser seit der Zählung 2001. Etwa 53,2 % (2001: 50,2 %) werden als Häuser in „gutem“ Zustand, 41,4 % (2001: 44,3 %) als „bewohnbar“ und 5,3 % (2001: 5,5 %) als „baufällig“ betrachtet (Government of India 2013). In Städten sind die Werte etwas besser als auf dem Land. Das Gesamtbild der Daten erfasst jedoch nicht die geringe Größe der meisten Häuser oder ihre Anfälligkeit gegenüber den natürlichen Elementen (Haub und Sharma 2008).

Haushaltsausstattung

Über 53 % aller Haushalte in Indien verfügen über keine Toiletteneinrichtungen, in städtischen Haushalten sind es über 18 %. Kochstellen werden in Indien in 49 % der Haushalte primär mit Brennholz befeuert, Flüssiggas (LPG/PNG) wird in 28,5 % der Haushalte genutzt, wobei in städtischen Gebieten dieser Brennstoff zum Kochen zu einem größeren Anteil verwendet wird. Die große Mehrheit – etwa 80 % der ländlichen Haushalte in Indien – verwenden weiterhin Biomasse basierte Brennstoffe wie etwa Brennholz, Ernterückstände oder Kuhdung. (Government of India 2013)

Die nationale Familiengesundheitserhebung aus den Jahren 2019-2021 ergab, dass große Unterschiede bei der Haushaltsausstattung in Haushalten im ländlichen Raum im Vergleich zum urbanen Raum bestehen: Einen Kühlschrank besaßen demnach nur rund 38 % aller Haushalte im ganzen Land, etwa ein Viertel der Haushalte in ländlichen Gebieten und 63 % der urbanen Haushalte. Waschmaschinen beispielsweise sind nur in etwa 18 % der Haushalte zu finden (36 % der urbanen Haushalte und 9 % der ländlichen Haushalte). (Government of India 2022)

Laut DNA Web (2022) waschen die Dorfbewohner im ländlichen Raum ihre Kleidung immer noch lieber mit der Hand und verwenden irdene Utensilien und kaltes Wasser. Die Mehrheit der Menschen in Indien hält die Waschmaschine, wenn man den Autor*innen von DNA Web (2022) glauben möchte, auch heute noch nicht für notwendig.

Haushaltsgüter, die unterdessen in beinahe allen Haushalten anzutreffen sind, sind Ventilatoren (96,4 % aller Haushalte). Der Kauf von Klimaanlage und Luftkühlern in ländlichen Regionen ist immer noch ein „Traum“ vieler. Nur 16 % der ruralen Haushalte Indiens haben Klimaanlage oder Luftkühler. (Government of India 2022)

IKT-Ausstattung

Die Zensusdaten aus dem Jahr 2011 zeigen, dass nur knapp die Hälfte der indischen Haushalte einen Fernseher besitzt (47,2 %), allerdings stieg der Anteil im Vergleich zum Zensus 2001 (31,6 %) (Bhagat et al. 2018). In Dörfern werden jedoch oft Fernseher von mehreren Haushalten

geteilt, sodass die Zuschauerzahlen größer sind, als die Zensusdaten es vermuten lassen. Zu den beliebtesten Programmen gehören Cricket-Matches, religiöse Programme und Spiel- bzw. Talentshows. (Haub und Sharma 2008)

Darüber hinaus verfügt über die Hälfte der Haushalte über Mobiltelefone, allerdings nur 4 % über Festnetztelefone und gerade einmal 9,4 % über Computer bzw. Laptops (Bhagat et al. 2018). Es ist daher, wie der Gründer der „Digital Empowerment Foundation (DEF)“ berichtete, von einer großen digitalen Analphabetenrate im Land auszugehen. Festnetz-Breitband-Abonnements werden heute von rund 19 Mio. genutzt, über 1 Milliarde Mobilfunkverträge wurden abgeschlossen und die Internetnutzer*innenzahl stiegen ausgehend vom Niveau 2002 (damals bei 1,5 %) auf 29 % der Bevölkerung. Trotzdem ist nach Aldenrath (2019) die „digitale Kluft“ immer noch ein reales Problem und eine Herausforderung in Indien. (Aldenrath 2019)

Strom

Im Jahr 2019 erzielte Indien eine nahezu vollständige Haushaltsanbindung an das Stromnetz (IEA 2021c). 2011 hatten 67,2 % Haushalte Zugang zu Strom im Vergleich zu 56 % im Jahr 2001, allerdings lag der Anteil rural gelegener Haushalte mit Zugang zu Strom 2011 bei nur 55,3 %, während im urbanen Raum beinahe alle Haushalte elektrifiziert waren (Bhagat et al. 2018). Diese statistischen Erhebungen könnten jedoch darüber hinwegtäuschen, dass Stromausfälle in Indien keine Seltenheit sind und viele Haushalte einige Stunden am Tag ohne Strom auskommen müssen (Haub und Sharma 2008). Nichtsdestotrotz hat die zunehmende Elektrifizierung einer aufstrebenden Mittelschicht ermöglicht, moderne Geräte zu besitzen und einen zunehmend digitalisierten Lebensstil zu führen (IEA 2021c).

Seit einigen Jahren fließen hohen Investitionen in den Energiesektor, und die Regierung hat sich ambitionierte Ziele gesetzt, wie etwa 175 Gigawatt an Stromerzeugungskapazitäten aus Wind, Solar, kleinen Wasserkraftwerken und Biomasse bis zum Jahr 2022 zu erzielen. Das wurde zum angestrebten Zeitpunkt aller Wahrscheinlichkeit nach nicht erreicht. Ende 2020 lag der Anteil der erneuerbaren Energien an der gesamten Stromerzeugung bei etwa 10 %. (GIZ 2022)

Auf der Angebotsseite bleibt die Kohle vorerst noch die vorherrschende Kraft im Stromsektor und trug 2019 zu über 70 % zur Gesamterzeugung bei (IEA 2021c).

4.4.11.2 Zukünftige Dynamik repräsentativer Güter

Einige Dynamiken und zukünftige Trends der verschiedenen Güter wurden bereits adressiert und im vorhergehenden Kapitel beschrieben. Für viele Güter ist die derzeitige Datenlage auf nationaler Ebene lückenhaft, veraltet oder nicht verfügbar, sodass keine fundierte Abschätzung aller zukünftigen Konsumgütermengen möglich ist. Nachfolgend soll für drei repräsentative Güter aus den Konsumbereichen Mobilität, Ernährung und Energie eine quantitative Abschätzung zukünftiger Konsummengen basierend auf den SSP-Szenarien und Prognosen aus Studien dargelegt werden.

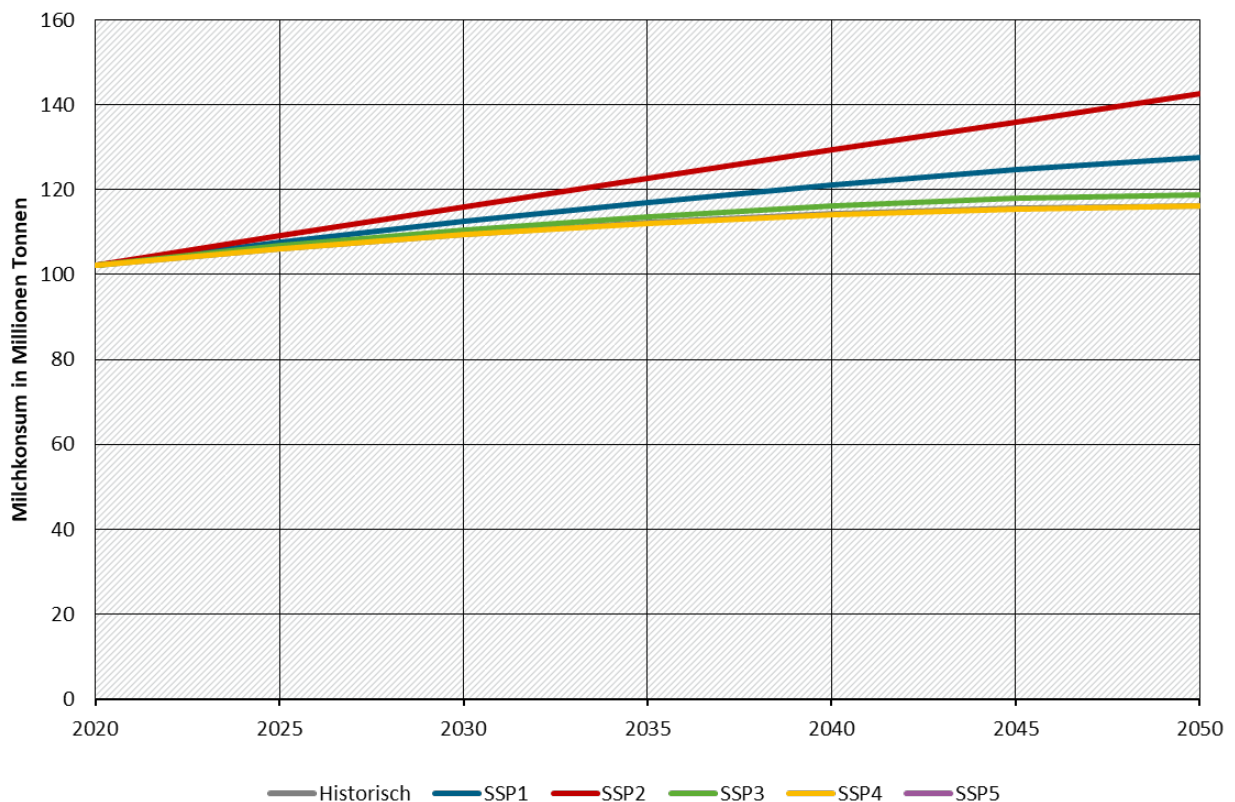
Milch

Wie bereits in Kapitel 4.4.1.3.4 dargelegt wurde, hat der Milchkonsum in Indien mit einem schnellen Tempo zugenommen. 2010 lag der Pro-Kopf-Konsum von Milchprodukten bei rund 48 kg pro Jahr und 2019 bei 74 kg pro Person und Jahr (FAO 2022c). Je nach Quelle sind auch hier wiederum unterschiedliche Mengenangaben in den statistischen Datenbanken und in der Literatur zu finden. USDA etwa legt den inländischen Flüssigmilchkonsum bei rund 81 Millionen Tonnen an (2020) (USDA 2021), was bei einer Bevölkerungszahl von etwa 1,38 Milliarden Menschen (2020) (World Bank 2022b) rund 59 kg Milch pro Person und Jahr entspräche. Für die Berechnung wurde das Konsumniveau von 74 kg pro Person aus dem Jahr 2019 für das

Ausgangsjahr 2020 unterlegt und mittels des prognostizierten Bevölkerungswachstums der SSP-Szenarien bis 2050 skaliert (KC und Lutz 2017; Riahi et al. 2017) (siehe Abbildung 113).

Abbildung 113 zeigt welcher zukünftige Milchkonsum bei Unterstellung der zukünftigen Bevölkerungsentwicklung zu erwarten ist. Im niedrigsten Szenario (SSP5) werden im Jahr 2050 116 Mio. Tonnen flüssiger Milch konsumiert (rund 75 kg pro Person). Im Median (SSP4) liegt der absolute Milchkonsum bei rund 119 Mio. Tonnen (rund 74 kg pro Person) und im höchsten Szenario (SSP3) liegt der Milchkonsum bei rund 143 Mio. Tonnen (72 kg pro Person). Absolut nimmt der Milchkonsum je nach Szenario zwischen 2020 und 2050 um 14-40 % zu. Da im SSP3-Szenario die höchste Bevölkerungszahl prognostiziert wird, liegt der pro-Kopf-Milchkonsum allerdings deutlich niedriger als das heutige Pro-Kopf-Konsumniveau.

Abbildung 113: Szenarien des zukünftigen Milchkonsums, Indien 2020-2050



Quelle: eigene Berechnung auf der Basis von FAO (2022c) und den IIASA-WiC Bevölkerungs-Projektionen (KC und Lutz 2017; Riahi et al. 2017).

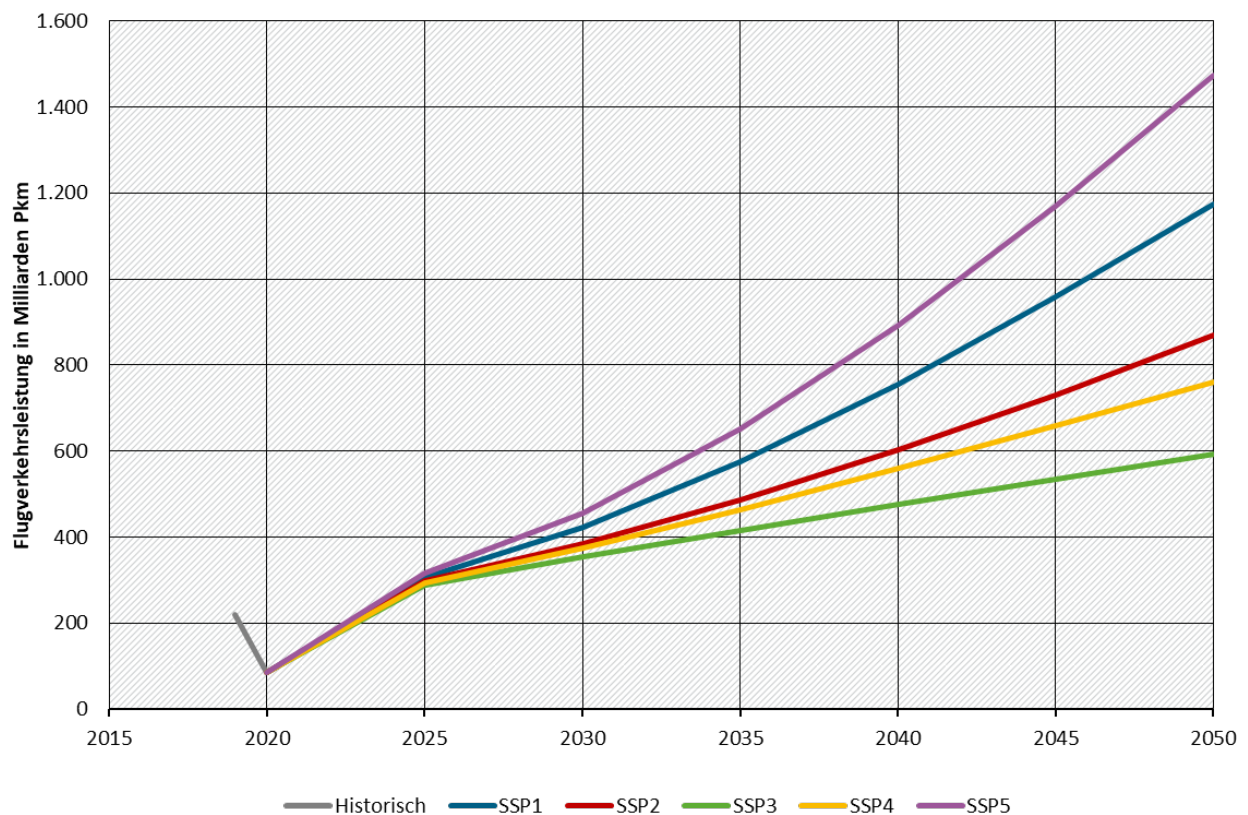
Flug

Die Flugaktivität Indiens ist im Vergleich zu anderen Regionen und Ländern als eher gering einzustufen. Die Passagierzahl hat dennoch innerhalb der letzten knapp 30 Jahren um etwa 1.440 % zugenommen. Im Jahr 2019 wurden über 167 Mio. Passagiere befördert (World Bank 2022d). Die IATA geht in ihren Prognosen von einem rasanten Wachstum aus, wonach Indien bis zum Jahr 2025 zum drittgrößten Luftfahrtmarkt weltweit aufsteigen könnte (IEA 2020b). Bis 2037 errechnet die IATA einen Zuwachs von rund 370 Millionen Passagieren (IATA 2018b). Auch die IEA geht in ihrem Basisszenario von einem "Boost" des Flugverkehrs aus und errechnet eine zukünftige Verachtfachung der zurückgelegten Personenkilometer gegenüber dem heutigen Niveau. Damit würde die Verkehrsleistung von Flugzeugen Indiens auf etwa 1,5 Billionen bis 2050 steigen (IEA 2019).

Für eine Berechnung der potenziellen, zukünftigen Verkehrsleistung des indischen nationalen und internationalen Flugverkehrs wurden die Daten der ICAO (2020) herangezogen. Für die beiden Jahre 2019 und 2020 liegt die gesamte Flugverkehrsleistung bei rund 220 Billionen Pkm (2019) bzw. rund 86 Billionen Pkm (2020). Da das Jahr 2020 auf Grund der Einschränkungen durch die Corona-Pandemie nicht als repräsentativ betrachtet werden kann, wurde das Konsumniveau von 2019 für die weitere Berechnung genutzt. Die zukünftige Verkehrsleistung des Flugverkehrs Indiens wurde basierend auf dem prognostizierten Einkommenswachstum der SSP-Szenarien berechnet (Dellink et al. 2017; Riahi et al. 2017).

Abbildung 114 zeigt die Spannweiten der möglichen zukünftigen Entwicklung des Flugverkehrs in Indien.

Abbildung 114: Szenarien des zukünftigen Flugverkehrs, Indien 2020-2050



Quelle: eigene Berechnungen auf der Basis von ICAO (2020) und den Einkommensprojektionen der OECD auf Basis des ENV-Wachstumsmodells (Dellink et al. 2017; Riahi et al. 2017).

Im Maximalszenario (SSP5) erreicht die Flugverkehrsleistung im Jahr 2050 rund 1,5 Billionen Pkm. Das mittlere Szenario (SSP2) ergibt eine Verkehrsleistung im Jahr 2050 von 870 Mrd. Pkm und im niedrigsten Szenario (SSP3) liegt die Verkehrsleistung bei etwa 592 Mrd. Pkm.

Strom

Der derzeitige Stromverbrauch (2019) des Landes lag nach Einschätzung der IEA bei 1.207 TWh, rund 1 % entfällt auf den Transport, 40,5 % auf Gebäude, knapp 40 % auf die Industrie und 17,7 % auf die Landwirtschaft (IEA 2021c). Der Strombedarf steigt je nach Szenario der IEA (2021c) bis 2040 um 147 % im Szenario SDS (Sustainable Development Scenario) bis 184 % im Szenario IVC (India Vision Case) (siehe Tabelle 55). Nach den von Teske (2019) und seinem Team ermittelten Pfaden für ein 1,5°C-Ziel bzw. ein 2°C-Ziel (siehe Kapitel 4.4.10.5) wird der

Strombedarf für „klassische“ Elektrogeräte (d.h. ohne Power-to-Heat oder E-Mobilität) im Jahr 2050 in beiden Alternativszenarien auf 3.200 TWh/Jahr steigen. Im Vergleich zum 5,0 °C-Pfad könnten die Effizienzmaßnahmen in den 2,0 °C- und 1,5 °C-Szenarien eine Einsparung von rund 1.520 TWh/Jahr bis 2050 bewirken.

Tabelle 55: Zukünftiger Elektrizitätsbedarf Indiens nach Szenarien der IEA und Teske (2019)

		2019	2040 IEA			2050 Teske	
			STEPS	SDS	IVC	5°C	1,5°C bzw. 2°C
Elektrizitätsbedarf	TWh	1.207	3.146	2.980	3.433	4.720	3.200

Quelle: eigene Zusammenstellung der Szenarien von IEA (2021c) und Teske (2019).

4.4.11.3 Umweltwirkungen repräsentativer Güter Indiens

Die im Kapitel zuvor berechneten bzw. beim Strom prognostizierten zukünftigen Konsumniveaus wurden mit den Umweltfaktoren für eine technologisch weit fortgeschrittene Welt im Jahr 2050 verrechnet.

Tabelle 56: Umweltwirkungen des indischen Milchkonsums heute und 2050

Planetare Grenze	Kontrollvariable	Umweltwirkung			Grenzwert/ Budget ⁸¹	Künftiger Anteil an PG	
		Heute (2019)	Ohne tech. Änd. 2050 (SSP5)	Mit tech. Änd. nach Green-Supreme 2050 (SSP2)		2050 (SSP5)	Green Supreme (SSP2)
Klimawandel	CO ₂ [Gt/a] ⁸²	0,70	0,80	0,03	1,2–1,5	62,0%	2,3%
Landnutzung	Waldverlust [km ²]	107,7	122,4	21,6	5.130.000	0,00%	0,00%
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [t/a]	104,8	119,1	162,0	6.200.000	0,00%	0,00%
	Stickstoff [Mio. t/a]	3,8	4,3	4,1	62	7,0%	6,6%
Süßwasser	Süßwasser [Mrd. m ³ /a]	1.089	1.238	1.357	4.000	30,9%	33,9%

Quelle: eigene Berechnungen von ifeu und ecoinvent sowie Darstellung auf der Basis von Steffen et al. (2015) und Dittrich et al. (2020a, 2021a).

Tabelle 56 zeigt die Umweltwirkungen des Milchkonsums, die bezogen auf das Konzept der Planetaren Grenzen relevant sind. Durch den Milchkonsum in Indien werden heute innerhalb

⁸¹ Budget aus heutiger Sicht. Die Grenzwerte werden für 2050 übernommen. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass die Grenzwerte sich verändern können, bspw. durch eine hohe Akkumulation der Grenzwertüberschreitungen in den vorangegangenen Jahren.

⁸² Enthält keine Methan- und Lachgasemissionen.

eines Jahres rund 0,7 Gt CO₂ frei. Werden keine technischen Änderungen unterlegt, so steigen die Umweltwirkungen (SSP5) im Jahr 2050 um 14 % gegenüber heute an.

Bei Unterlegung der technischen Änderungen des GreenSupreme-Szenarios sinken im Jahr 2050 (SSP2) im Vergleich zu heute die CO₂-Emissionen um 95 % und der Waldverlust um 80 %. Die Phosphor- und Stickstoffflüsse steigen allerdings um 55 % und 7 %. Auch die Inanspruchnahme des Süßwasserbudgets nimmt im Vergleich zu heute um 25 % zu.

Im Jahr 2050 könnte sich auf Grund der sinkenden Umweltwirkungen der Anteil der Inanspruchnahme des jährlichen CO₂-Budgets auf 2,3 % reduzieren (SSP2, einschl. technischer Änderungen) bzw. auf 62 % des Budgets erhöhen (SSP5, ohne technische Änderungen).

Bei Betrachtung der global noch zur Verfügung stehenden Waldfläche, könnte der Milchkonsum in Indien im Jahr 2050 einen Anteil von 0,0024 % (SSP5, ohne technische Änderungen) bzw. rund 0,0004 % (SSP2, einschl. technischer Änderungen) des Gesamtbudgets betragen.

Bei den Grenzwerten der biogeochemischen Flüsse könnte der Milchkonsum Indiens, werden keine technischen Änderungen (und SSP5) unterstellt, im Jahr 2050 einen Anteil am Phosphorbudget von <0,00 % und am Stickstoffbudget von 7 % haben. Werden technische Änderungen (und SSP2) berücksichtigt, so liegen die Anteile im Jahr 2050 bei ebenfalls <0,00 % des Phosphorbudgets bzw. 6,6 % des Stickstoffbudgets.

Hinsichtlich des Süßwasserbudgets fallen durch den indischen Milchkonsum im Jahr 2050 zwischen 30,9 % (SSP5; keine technischen Änderungen) und 33,9 % (SSP2, technische Änderungen im GreenSupreme-Szenario) des jährlichen Süßwasserbudgets an, im Vergleich zur heutigen jährlichen Inanspruchnahme von 27 %.

Tabelle 57: Umweltwirkungen des Flugverkehrs in Indien heute und 2050

Planetare Grenze	Kontrollvariable	Umweltwirkung			Grenzwert/ Budget ⁸³	Künftiger Anteil an PG	
		Heute (2019)	Ohne tech. Änd. 2050 (SSP5)	Mit tech. Änd. nach Green-Supreme 2050 (SSP2)		2050 (SSP5)	Green Supreme (SSP2)
Klimawandel	CO ₂ [Gt/a]	0,02	0,16	0,00	1,2 – 1,5	12,1 %	0,02 %
Klimawandel	CO ₂ -Äq. [Gt] inkl. anderer Effekte	0,05	0,31	0,18	1,2 – 1,5	24,3 %	13,4 %
Landnutzung	Waldverlust [km ²]	7,5	50,0	0,42	5.130.000	0,00 %	0,00 %
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [t/a]	0,32	2,2	3,7	6.200.000	0,00 %	0,00 %

⁸³ Budget aus heutiger Sicht. Die Grenzwerte werden für 2050 übernommen. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass die Grenzwerte sich verändern können, bspw. durch eine hohe Akkumulation der Grenzwertüberschreitungen in den vorangegangenen Jahren.

Planetare Grenze	Kontrollvariable	Umweltwirkung			Grenzwert/ Budget ⁸³	Künftiger Anteil an PG	
	Stickstoff [Mio. t/a]	0,00	0,00	0,18	62	0,00 %	0,28 %
Süßwasser	Süßwasser [Mrd. m³/a]	0,05	0,32	0,17	4.000	0,01 %	0,00 %

Quelle: eigene Berechnungen von ifeu und ecoinvent sowie Darstellung auf der Basis von Steffen et al. (2015) und Dittrich et al. (2020a, 2021a).

Tabelle 57 zeigt die Umweltwirkungen des Flugverkehrs in Indien, die bezogen auf das Konzept der Planetaren Grenzen relevant sind. Durch den Flugverkehr werden heute innerhalb eines Jahres rund 0,02 Gt CO₂ frei (bzw. 0,05 Gt CO₂-Äq. wenn andere Effekte mitberücksichtigt werden). Werden keine technischen Änderungen unterlegt, so steigen die Umweltwirkungen (SSP5) im Jahr 2050 um 569 % gegenüber heute an.

Bei Unterlegung der technischen Änderungen des GreenSupreme-Szenarios sinken im Jahr 2050 (SSP2) im Vergleich zu heute die CO₂-Emissionen um 99 %, werden Nicht-CO₂-Effekte mitberücksichtigt steigen diese allerdings um 295 %. Der Waldverlust geht indes um 94 % zurück. Die Phosphor- und Stickstoffflüsse steigen um je 1.037 % und rund 356.000 % (ausgehend von einem niedrigen Niveau). Auch die Inanspruchnahme des Süßwasserbudgets nimmt im Vergleich zu heute um 254 % zu.

Im Jahr 2050 könnte sich auf Grund der sinkenden Umweltwirkungen der Anteil der Inanspruchnahme des CO₂-Budgets durch das Fliegen auf 0,02 % reduzieren (SSP2, einschl. technischer Änderungen) bzw. auf 12,1 % des Budgets erhöhen (SSP5, ohne technische Änderungen) (nur CO₂). Werden jedoch Nicht-CO₂-Effekte mitberücksichtigt, könnten die Anteile am CO₂-Budget bei 13,4 % (SSP2, einschl. technischer Änderungen) bzw. 24,3 % (SSP5, ohne technische Änderungen) liegen.

Bei Betrachtung der global noch zur Verfügung stehenden Waldfläche würde der Flugverkehr Indiens im Jahr 2050 nur sehr geringe Anteile des Gesamtbudgets beanspruchen.

Auch bei den Grenzwerten der biogeochemischen Flüsse läge die Inanspruchnahme des Flugverkehr Indiens, auf sehr niedrigem Niveau.

Hinsichtlich des Süßwasserbudgets fallen durch den Flugverkehr im Jahr 2050 zwischen 0,01 % (SSP5; keine technischen Änderungen) und <0,00 % (SSP2, technische Änderungen im GreenSupreme-Szenario) des jährlichen Süßwasserbudgets an.

Tabelle 58: Umweltwirkungen des Stromverbrauchs in Indien heute und 2050

Planetare Grenze	Kontrollvariable	Umweltwirkung			Grenzwert/ Budget ⁸⁴	Künftiger Anteil an PG	
		Heute (2019)	Ohne tech. Änd. 2050 5°C - Teske	Mit tech. Änd. nach Green- Supreme 2050		2050 5°C - Teske	2050 1,5°C/2°C - Teske

⁸⁴ Budget aus heutiger Sicht. Die Grenzwerte werden für 2050 übernommen. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass die Grenzwerte sich verändern können, bspw. durch eine hohe Akkumulation der Grenzwertüberschreitungen in den vorangegangenen Jahren.

Planetare Grenze	Kontrollvariable	Umweltwirkung			Grenzwert/ Budget ⁸⁴	Künftiger Anteil an PG	
				1,5°C/2°C - Teske			
Klimawandel	CO ₂ [Gt/a]	0,80	3,1	0,00	1,2 – 1,5	243,1 %	0,16 %
Landnutzung	Waldverlust [km ²]	87,1	340,7	2,6	5.130.000	0,01 %	0,00 %
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [t/a]	61,0	238,6	59,2	6.200.000	0,00 %	0,00 %
	Stickstoff [Mio. t/a]	0,82	3,2	0,05	62	5,2 %	0,08 %
Süßwasser	Süßwasser [Mrd. m ³ /a]	3,8	14,8	0,48	4.000	0,37 %	0,01 %

Quelle: eigene Berechnungen von ifeu und ecoinvent sowie Darstellung auf der Basis von Steffen et al. (2015) und Dittrich et al. (2020a, 2021a) sowie IEA (2021c).

Tabelle 58 zeigt die Umweltwirkungen des Stromverbrauchs in Indien, die bezogen auf das Konzept der Planetaren Grenzen relevant sind. Heute werden innerhalb eines Jahres rund 0,8 Gt CO₂ freigesetzt. Werden keine technischen Änderungen unterlegt, so steigen die Umweltwirkungen (SSP5) im Jahr 2050 um 291 % gegenüber heute an.

Bei Unterlegung der technischen Änderungen des GreenSupreme-Szenarios sinken im Jahr 2050 (SSP2) im Vergleich zu heute die CO₂-Emissionen um 100 % und der Waldverlust um 97 %. Die Phosphor- und Stickstoffflüsse sinken ebenfalls, um je 3 % und 94 %. Auch die Inanspruchnahme des Süßwasserbudgets könnte im Vergleich zu heute um 87 % sinken.

Im Jahr 2050 könnte sich auf Grund der sinkenden Umweltwirkungen der Anteil der Inanspruchnahme des CO₂-Budgets auf 0,16 % reduzieren (SSP2, einschl. technischer Änderungen) bzw. auf rund 243 % des Budgets erhöhen (SSP5, ohne technische Änderungen).

Die Beanspruchung der global noch zur Verfügung stehenden Waldfläche durch den Stromverbrauch in Indien im Jahr 2050 läge bei < 0,00 % (sowohl mit als auch ohne technische Änderungen).

Die Inanspruchnahme der biogeochemischen Flüsse reduziert sich, wenn technische Änderungen unterstellt werden. Wenn keine technischen Änderungen unterstellt werden, läge der Anteil im Jahr 2050 im SSP5 allerdings bei rund 5 % des jährlichen Stickstoffbudgets.

Hinsichtlich des Süßwasserbudgets fallen durch den Stromverbrauch im Jahr 2050 zwischen 0,37 % (SSP5; keine technischen Änderungen) und 0,01 % (SSP2, technische Änderungen im GreenSupreme-Szenario) des jährlichen Süßwasserbudgets an, im Vergleich zur heutigen jährlichen Inanspruchnahme von 0,1 %.

4.4.11.4 Fazit

Indien ist ein Schwellenland, das sich in den vergangenen Jahrzehnten äußerst dynamisch entwickelt hat. Es ist gekennzeichnet von einem schnellen Einkommens- und Bevölkerungswachstum und einer Erhöhung und Diversifizierung der Konsumausgaben der Inder*innen.

Bei den meisten Konsumgütern hat die Verbreitung innerhalb der letzten drei Jahrzehnte stark zugenommen. Der Milchkonsum Indiens ist heute der größte weltweit. Die Motorisierung hat sich ebenfalls dynamisch entwickelt, auch wenn motorisierte Zweiräder die Mobilität in Indien dominieren. Auch der Pkw-Besitz und der Anteil an der Verkehrsleistung, der von Pkws zurückgelegt wird, sind gestiegen. Der Flugverkehr bzw. dessen Verkehrsleistung ist im internationalen Vergleich zwar gering, aber Fliegen hat in Indien an Popularität gewonnen, was sich in den steigenden Passagierzahlen widerspiegelt. Während 1990 etwa 11 Mio. Passagiere mit Flugzeugen befördert wurden, stieg die Zahl im Jahr 2019 auf über 167 Mio. Passagiere an; das entspricht einer Verfünfzehnfachung.

Auch wenn Indien insgesamt einen sehr dynamischen Eindruck macht, gibt es innerhalb des Landes große regionale Unterschiede. Diese zeigen sich beispielsweise in den Wohnverhältnissen und bei der Beschaffenheit der Häuser. Etwas mehr als die Hälfte der Häuser Indiens wurden im letzten Zensus im Jahr 2011 als in „gutem“ Zustand befunden. Häuser in urbanen Räumen schneiden hierbei besser ab als in ländlichen Räumen. Deutlicher wird das Stadt-Land-Gefälle bei Betrachtung der Haushaltsausstattung. Nur rund ein Viertel der Haushalte im ländlichen Raum und 63 % der urbanen Haushalte besaßen 2011 einen Kühlschrank, und nur 9 % der ländlichen Haushalte im Vergleich zu 36 % der urbanen Haushalte besaßen eine Waschmaschine.

Zukünftige Prognosen weisen darauf hin, dass insbesondere im Konsumfeld Mobilität in den kommenden Jahrzehnten ein schnelles Wachstum zu erwarten sein wird, da der Mobilitätsbedarf steigt. Auch der Strombedarf könnte auf Basis der Szenarien der IEA bis 2040 um bis zu 184 % zunehmen.

Die voranschreitende Diffusion der Konsumgüter ist mit Umweltwirkungen verbunden, die hinsichtlich einzelner Güter im Jahr 2050 über 5 % des (derzeitigen) jährlichen Stickstoffbudgets (z. B. Milch und Strom) und einen Anteil von über 30 % des jährlichen Süßwasserbudgets (Milch) in Anspruch nehmen könnten.

4.4.12 Länderstudie Südafrika

Südafrika, eine Republik im namensgebenden äußersten Süden des afrikanischen Kontinents, gehört als einziges afrikanisches Land zur Gruppe der Zwanzig (G20), einem informellen Zusammenschluss der wichtigsten Industrie- und Schwellenländer. Es ist nach Nigeria (441 Mrd. \$ BIP) und Ägypten das Land mit dem dritthöchsten Bruttoinlandsprodukt Afrikas. Dieses lag 2021 bei 418 Mrd. \$ und ist damit nur wenig geringer als das BIP Nigerias, das aber mit 211 Mio. Menschen dreieinhalb Mal so viele Einwohner*innen aufweist als Südafrika (60. Mio) (Urmersbach 2022).

Erst 1994 endete das jahrzehntelange Apartheidsregime, das weltweit für seine langanhaltende juristisch fest verankerte rassistische Segregation in die Geschichte eingegangen ist. Seit dem Ende der Apartheid vor fast 30 Jahren ist das Land mit multiplen Krisen konfrontiert. Betrachtet man die Einkommensverteilung, dann gilt Südafrika mit einem Gini-Index von 0,63 als das Land der Welt mit der größten relativen Ungleichheit: Die Hälfte des Gesamtvermögens befindet sich in der Hand der obersten 1 % der Bevölkerung (Sibeko 2021). Das Land stürzte seit 1994 dreimal in Rezessionen und wurde von der COVID-19 Pandemie besonders hart getroffen. Während das Land als der am weitesten entwickelte Wirtschaftsraum Afrikas gilt, lebt gleichzeitig ein Viertel der Bevölkerung in extremer Armut. Bei der Einkommensentwicklung in Südafrika lässt sich seit den 2010er Jahren kein eindeutiger Aufwärtstrend beobachten. Das monatliche Durchschnittseinkommen belief sich im Jahr 2022 auf ca. 1.600\$/ Kopf, was ungefähr dem Wert von 2012 entspricht (CEIC 2022a).

Auch die Entwicklung des CO₂-Äq.-Ausstoßes pro Kopf folgt nur einem leichten Abwärtstrend im letzten Jahrzehnt. Mitte der 1980er Jahre erreichte der Ausstoß ein Hoch mit 9,9 t pro Kopf und befindet sich heute mit 7,5 t pro Kopf wieder auf einem Niveau, welches Mitte der 1970er Jahre bestand (World Bank 2019). Ähnliches gilt für den Primärenergieverbrauch, der 2008 deutlich höher lag als noch 10 Jahre zuvor und heute wieder mit 128.000 kt Öläquivalenten auf einem ähnlichen Wert wie 2012 liegt (Enerdata 2022). Das Land setzt weiter vorrangig auf Kohleverstromung und der staatliche Energiekonzern Eskom ist derzeit nicht in der Lage, den Bedarf von Bevölkerung und Industrie zu decken.

4.4.12.1 Konsum der repräsentativen Güter im Land

Milch

Der Konsum von Milch und Milchprodukten liegt in Südafrika mit 40,8 kg pro Kopf und Jahr über dem Durchschnitt von Afrika gesamt (24,6 kg pro Kopf im Jahr), aber deutlich unterhalb des europäischen Durchschnitts von 178,4 kg pro Kopf pro Jahr (FAO 2022a). Neben Kuhmilch wird in Südafrika ebenso die Milch von Schafen sowie Ziegen konsumiert (Kagurua et al. 2017). In Bezug auf den Konsum von Milchprodukten zeigt sich für Südafrika eine geringe Konsumpräferenz für Käse und Butter, beide Produkte zusammen genommen machen aber nur rund 5% des Konsums von Milchprodukten aus. Frische Milchprodukte sind hingegen für 93% der Konsummenge von verarbeiteten Milchprodukten verantwortlich (OECD 2021a)⁸⁵.

Die Datenlage hinsichtlich des Milchkonsums in Südafrika ist jedoch lückenhaft, lokale Strukturen verkomplizieren eine Beurteilung. Besonders im ländlichen Raum wird in Südafrika Milch vielfach innerhalb von kleinen Strukturen produziert und konsumiert, welche in den offiziellen Statistiken nicht erfasst sind (Mapekula et al. 2009). Milchprodukte werden hier meist über die eigens gehaltenen Kühe oder durch den Ankauf von Erzeugnissen des Viehs von Nachbarn bezogen.

Dementsprechend wird die Milchproduktion von Bauern als einer der wichtigsten Gründe für die Viehhaltung angegeben. Weitere Gründe sind bspw. der Erlös, welcher durch den Verkauf der Tiere erzielt wird sowie deren Nutzung in Zeremonien.

Historisch betrachtet hat sich der Verbrauch von Milch und Milcherzeugnissen in Südafrika losgelöst vom allgemeinen Trend im Durchschnitt Gesamtafrikas entwickelt: Zwischen den Jahren von 1990 bis 2007 gab es einen Anstieg des Verbrauchs von Milch und Milcherzeugnissen, welcher mit + 5,32 % (+ 3,18 kg/Kopf/Jahr) aber erheblich geringer ausfiel als der Konsumanstieg Gesamtafrikas (+27 %). Nach 2007 kam es zu einem Rückgang des Verbrauchs um 4,4 % im Vergleich zur Ausgangslage von 1990. Dieser Rückgang setzte sich 2010 bis 2019 weiter fort mit einer durchschnittlichen Reduktion des Verbrauchs um 13,1 kg/Kopf/Jahr (24,66 %) auf 40,1 kg pro Einwohner*in/Jahr. Die Abnahme des Konsumniveaus von Milch und Milchprodukten fiel somit in Südafrika deutlich höher aus als im Durchschnitt des gesamten afrikanischen Kontinents, wo der Rückgang bei 11 % lag.

Grundsätzlich kann von einem positiven Zusammenhang zwischen dem Einkommen der Haushalte sowie dem Konsum von Milch und Milchprodukten in Südafrika ausgegangen werden (Kagurua et al. 2017). Demnach nutzten Haushalte mit höherem verfügbarem Einkommen häufiger Nahrungsmittel tierischen Ursprungs für die Versorgung mit Proteinen (Labadarios et al. 2005). Diese positive Korrelation konnte besonders zwischen dem Haushaltseinkommen sowie dem Verbrauch von Frischmilch beobachtet werden. Studien bestätigen zudem, dass die

⁸⁵ Genau wie im Rahmen der Betrachtung des globalen Milchkonsums sind die Werte ab 2010 nicht mit den Werten von 1990-2009 vergleichbar, da die zugrundeliegende Berechnungsmethode im Jahr 2010 geändert worden ist.

Entscheidung für oder gegen den Erwerb von Lebensmitteln in Südafrika maßgeblich über deren Preis beeinflusst wird (Ronquest-Ross et al. 2015). Auch der Konsum von Milch und Milchprodukten wird über die Kosten bestimmt und nimmt mit steigendem Preis ab (Kagurua et al. 2017).

Autos (Pkw)

Im Jahr 2018 besaßen 30,6 % der südafrikanischen Haushalte ein eigenes Fahrzeug. 2003 lag der Gesamtanteil der Haushalte mit Pkw noch bei 26 % (Statistics South Africa 2022). Statistiken zeigen, dass Autobesitz in Südafrika mit 232 Autos auf 1.000 Einwohner*innen geringer ausgeprägt ist, also in höher industrialisierten Ländern wie Großbritannien mit 519 Pkw pro 1.000 Einwohner*innen (Our World in Data 2014). Trotzdem steigt der jährliche Absatz von Pkw: lag er 1996 noch bei ca. 30.000 pro Jahr, ist er im Jahr 2016 auf 50.000 angewachsen. In einer Veröffentlichung der Regierungsbehörde für Statistik wurde zudem festgestellt, dass Haushalte in Ballungsgebieten einen wesentlich höheren Fahrzeugbesitz aufweisen (39,4 %) als Haushalte in ländlichen Gebieten mit 14,3 %.

Im Hinblick auf die Automobilproduktion steht Südafrika deutlich an der Spitze im Vergleich zu anderen Ländern des afrikanischen Kontinents: 2020 wurden rund 38 % der in Afrika produzierten Pkw in Südafrika hergestellt. Viele Menschen wünschen sich den Besitz eines privaten Pkw, um ihre eigene Mobilität zu erhöhen. Gerade in städtischen Gebieten führt er jedoch oft zu häufigeren Staus, Zersiedelung, zunehmender Umweltverschmutzung, zusätzlichem Zeitaufwand im Straßenverkehr und infolgedessen zu einem geringeren Maß an Mobilität und Zugänglichkeit sowie zu einer Verringerung der Lebensqualität. Während das Verlangen nach dem Besitz eines eigenen Autos in den Ländern des globalen Norden vor allem in urbanen Gebieten teilweise abnimmt, wird das größte Wachstum an Autobesitz in den nächsten Jahren in Schwellenländern wie Südafrika stattfinden (Luke 2018). Die Absicht, ein Auto zu besitzen, ist gerade auch bei jungen Menschen in Südafrika weiterhin sehr hoch. Diejenigen, die bereits Auto fahren, sehen das eigene Auto als das einzig sinnvolle Mobilitätsmittel an, weil öffentliche Verkehrsmittel nicht als praktische Alternative in Betracht kommen. Diejenigen, die kein Auto besitzen, empfinden das öffentliche Verkehrssystem in Südafrika als so schlecht, dass sie unbedingt auf das Auto umsteigen wollen (Luke 2018).

Betrachtet man den Absatz von Fahrzeugen insgesamt (Diesel und Benzinfahrzeuge) in den letzten 20 Jahren, zeigt sich, dass es vom Jahr 2000 an zu einer jährlichen Zunahme kam. Im Jahr der Weltwirtschaftskrise 2009 und im Pandemiejahr 2020 erlebte die Nachfrage einen starken Dämpfer. Insgesamt liegt der Absatz in den letzten 10 Jahren jährlich zw. 40.000 und 50.000 Fahrzeugen. Zukünftig wird ein wachsender Pkw-Markt in Südafrika erwartet, inklusive eines steigenden Anteiles an Privatpersonen mit eigenem Automobil. Der Umsatz auf dem Markt für Personenkraftwagen wird 2022 voraussichtlich umgerechnet 9,0 Mrd. US\$ erreichen. Es wird erwartet, dass der Umsatz eine jährliche Wachstumsrate von 2,9 % aufweisen wird, was zu einem prognostizierten Marktvolumen von 10,1 Mrd. US\$ bis 2026 führt. Das größte Segment des Marktes sind kleine SUVs mit einem voraussichtlichen Marktvolumen von 4,5 Mrd. US\$ im Jahr 2022. Der Absatz von Personenkraftwagen im Jahr 2026 soll 341.000 Fahrzeuge erreichen (inkl. Fahrzeugverkäufe ins Ausland) (Statista 2022a). Die Elektromobilität steckt in Südafrika hingegen noch in den Kinderschuhen, man geht von einigen wenigen hundert Fahrzeugen in der gesamten Republik aus. Eine Ladeinfrastruktur ist zudem noch kaum entwickelt (Handelsblatt 2017).

ÖPV

Nur 30 % der südafrikanischen Haushalte besitzen ein Auto, daher sind 70 % auf den öffentlichen Verkehr angewiesen. Dabei sind Minibustaxis das meistgenutzte Verkehrsmittel des ÖPV in Südafrika. Diese sind deutlich leichter verfügbar und zugänglicher als die Bahn. Sie machen als informelles Verkehrssystem 67,9 % der gesamten Fahrten aus, manche Quellen geben bis zu 80 % an (BusinessTech 2022).

Der Ausbau der afrikanischen Bahnstrecken fällt meist hinter den anderen Regionen der Welt zurück. Schlechte wirtschaftliche, technologische und institutionelle Bedingungen haben die Bewältigung der Herausforderungen im Ausbau des Schienenverkehrs deutlich eingeschränkt oder gar verschlimmert. Das Ergebnis ist eine veraltete Infrastruktur. Südafrika bildet dabei eher eine Ausnahme. Alle größeren Städte sind mit dem Zug zu erreichen, außerdem wird der sogenannte Metrorail als Regional- und Pendlerzug von Millionen Passagieren täglich genutzt. (African Development Bank 2015)

Dies hat auch mit dem System der Apartheid in Südafrika zu tun, welche ein Erbe der sozialen Segregation und eine stark verzerrte Trennung der Menschen sowohl von ihren Arbeitsplätzen als auch von den meisten sozialen Diensten hinterließ, die für ein produktives Leben erforderlich sind. Während der „Rassentrennung“ wurden Millionen Menschen künstlich weit entfernt von Arbeitsplätzen, Erholungsmöglichkeiten, Einkaufsmöglichkeiten und Gesundheitseinrichtungen angesiedelt (Walters 2013). Daher besteht die Herausforderung nach der Apartheid darin, diese Geografien der Ausgrenzung und Ungleichheit umzustrukturieren und ein effektiveres öffentliches Verkehrssystem zu schaffen.

In den letzten Jahrzehnten gab es eine Vielzahl von stadtplanerischen Programmen, um die Abdeckung und Qualität des ÖPV zu verbessern. Laut einer Studie von Walters (2013) gab die Hälfte der befragten Haushalte an, dass ihr Hauptproblem sei, dass öffentliche Verkehrsmittel entweder nicht verfügbar oder zu weit entfernt waren. Ein Drittel der Haushalte gab an, dass die Sicherheit vor Unfällen und schlechtes Fahrverhalten die größten Verkehrsprobleme waren. Ein Fünftel der Haushalte äußerte zudem, dass die Kosten für den ÖPV ein Problem darstellten. Die Befragten waren zudem unzufrieden mit der Sicherheit in Zügen (63 %), bemängelten fehlende Einrichtungen an den Bushaltestellen (74 %), die Überfüllung der Busse (54 %) und die geringen Taktfrequenzen der Busse außerhalb der Hauptverkehrszeiten. (Walters 2013)

Es fehlt nicht an einer politischen Vision für den Ausbau der öffentlichen Transportinfrastruktur, was die Vielzahl von aufgelegten Programmen beweist: die Strategie Moving South Africa (MSA), Public Transport Strategy (PTS), Integrated Public Transport Network (IPTN). Vielmehr fehlt es an einer wirksamen Umsetzung der Politik durch eine nachhaltige Finanzierung, um die veralteten Bus-, Bahn- und Taxiflotten zu ersetzen. Durch anhaltende Migration aus anderen Ländern Afrikas und einer Landflucht vergrößern sich die Townships und damit steigt auch die Entfernung von den Arbeitsplätzen. Der Druck, Sicherheit und Verfügbarkeit des ÖPNV zu erhöhen, steigt. (saferspaces 2017)

Flüge

Südafrika verfügt über mehrere der verkehrsreichsten Flughäfen des afrikanischen Kontinents. Auf dem gesamten Kontinent wurden im Jahr 2018 213 Millionen Passagiere abgefertigt, in Südafrika waren es rund 24 Mio., was einem Anteil von 11,2 % des gesamten afrikanischen Flugverkehrs entspricht (World Bank 2020). South Africans Airways ist die nach Passagieraufkommen zweitgrößte afrikanische Airline nach Ethiopian Airlines.

Rund 90 % der Passagiere, die auf südafrikanischen Flughäfen abgefertigt werden, fliegen über die Flughäfen Johannesburg, Kapstadt oder Durban. Der Flughafen O.R. Tambo International in der Nähe von Johannesburg dient als wichtigster Flughafen für inländische und internationale Reisen nach/von Afrika und ist der verkehrsreichste Flughafen Afrikas mit einer Kapazität von bis zu 28 Millionen Passagieren pro Jahr. Der Flughafen ist das Drehkreuz der größten internationalen und nationalen Fluggesellschaft Südafrikas, South Africa Airways, sowie einer Reihe von lokalen Fluggesellschaften, darunter Airlink, South African Express und Kulula. Insgesamt betreibt Südafrika vier kommerzielle und eine Reihe von Charter-Airlines (See Africa Today 2022).

Es existieren Statistiken zu beförderten Fluggästen durch südafrikanische Airlines (einschließlich inländischen und internationalen Fluggästen) seit den 1970er Jahren. Wurden damals noch 1,5 Mio. Passagiere befördert, ist seitdem ein jährliches Wachstum des Passagieraufkommens zu verzeichnen, ausgenommen eines starken Rückgangs im COVID-19-Pandemie-Jahr 2020. Ein Jahr zuvor lag das Passagieraufkommen bei 26 Millionen Menschen (The Global Economy 2020). Betrachtet man Passagiere, die von südafrikanischen Flughäfen starten, handelte es sich 2018 um 20 Mio. Personen, wobei 14,4 Mio. dabei auf Inlandsflügen und 6 Mio. auf internationalen Flügen unterwegs waren.

Tolcha et al. (2020) weisen Kausalitäten zwischen wirtschaftlicher Entwicklung und der Nachfrage nach Luftverkehr in Ländern wie Südafrika, Nigeria und Kenia nach. Zum einen kann das Wachstum anderer Branchen die wirtschaftliche Entwicklung stärken, was die Nachfrage nach Luftverkehr (auch von Privatpersonen) erhöhen wird. Andererseits kann auch das Wachstum des und die Investition in den Luftverkehr die wirtschaftliche Entwicklung eines Landes voranbringen, etwa durch eine Stärkung des Tourismus, welcher in Südafrika gut entwickelt ist. In der genannten Studie werden negative Umweltwirkungen dieser Entwicklung jedoch nicht berücksichtigt. Normalerweise korreliert das Wachstum des BIP positiv mit einem stärkeren Flugpassagieraufkommen. Während das BIP in Südafrika im letzten Jahrzehnt von einigen größeren Einbrüchen betroffen war, stieg die Zahl der Passagiere aber weiterhin kontinuierlich an. Es ist von einer weiteren Steigerung der Passagierzahlen in den nächsten Jahren auszugehen (InterVistas 2014).

Weltweit geht die Firma Boeing von einer Vervielfachung des Passagierflugverkehrs (gemessen in Milliarden Personenkilometer) bis 2041 aus. So soll sich das Aufkommen im Vergleich zum Basisjahr 2019 von 8.900 Mrd. km auf über 20.000 Mrd. km bis in zwei Jahrzehnten vergrößert haben. Diese Gesamtentwicklung wird auch an Südafrika nicht vorbeigehen.

Haustiere

Schon die indigene Bevölkerung Südafrikas, die San, sollen Hunde vor 15.000 Jahren gehalten haben, was eine lange Geschichte der Haustierhaltung in Südafrika belegt. Blickt man in die Neuzeit, zeigt sich, dass laut einer Studie Mitte der 1990er Jahre in südafrikanischen Haushalten von einer Hundepopulation von 3,93 Mio. und einer Katzenpopulation von 0,97 Mio. auszugehen war (Odendaal 1994).

Auch in Südafrika werden Haustiere, im Verhältnis zu früher, öfter als „tierische Begleiter“ und aus Hobbyzwecken gehalten, denn aus Nützlichkeitsabwägungen. Man geht 2017 von ca. 9,2 Millionen Hunden in südafrikanischen Haushalten aus, ein Anstieg von 134 % in den letzten drei Dekaden. Zusätzlich gab es 2014 geschätzte 2,4 Millionen Katzen (Oirere 2022). 60% der Haushalte im heutigen Südafrika besitzen wenigstens ein Haustier (House & Garden South Africa 2021).

13 % der Haushalte in Südafrika leben in sog. informellen Siedlungen und Gebäuden, diesen fehlt es oft an sanitären Einrichtungen, sicherer Strom- und Wasserversorgung und hygienischen Verhältnissen. Die Menschen leben in ökonomisch und sozial prekärer Lage. Es wird geschätzt, dass bis zu 85 % aller Haustiere, darunter v.a. Hunde, in den Townships leben. Zusätzlich gibt es ein großes Problem mit Straßenhunden. Allein im Raum Kapstadt wird von einer halben Million Tieren ausgegangen. Durch die Covid-19-Pandemie ist auch in Südafrika, ähnlich wie in vielen Ländern, die Nachfrage nach Haustieren kurzzeitig sprunghaft gestiegen. Die Aussetzung von nicht mehr gewollten Tieren kann das Problem verschärfen (Street Tails 2021).

Die südafrikanische Haustierindustrie setzt 7,1 Milliarden Rand (ca. 400 Mio. €) jährlich um und die Branche erwartet ein Wachstum von 2,5 % in den nächsten fünf Jahren (Thukwana 2021). Im Übrigen macht Hundefutter beim Umsatz mit Haustieren den größten Posten aus. Tierarztkosten können im ersten Jahr zwischen 30.000 – 60.000 Rand (1.600 – 3.300€) betragen (South African Pet Magazine 2022). Diese hohen Kosten zeigen auf, dass die Haustierhaltung in Südafrika mit hohen Mehrausgaben verbunden ist, und somit steigender Wohlstand eine Voraussetzung für einen steigenden Haustierbesitz darstellt. Diesen Zusammenhang verdeutlicht auch die Betrachtung der Dichte von Haustierhandel in verschiedenen Provinzen Südafrikas.

Eine südafrikanische Studie (Shivambu et al. 2021) untersuchte den Import und Handel mit kleinen Säugetieren als Haustiere, der über das Internet und Zoohandlungen im Land vollzogen wird, unter dem Gesichtspunkt, dass Entweichungen und Aussetzungen in anderen Ländern teilweise dazu geführt haben, dass einige dieser Arten invasiv wurden. Die am häufigsten gehandelten Tiere waren dabei die Ratte, das Meerschweinchen, das Europäische Kaninchen und die Hausmaus. Die drei südafrikanischen Provinzen Gauteng, KwaZulu-Natal und Western Cape weisen die höchsten Zahlen an Zoohandlungen und Webseiten mit Haustierhandel auf. Diese sind gleichzeitig die ökonomisch am stärksten wachsenden und bevölkerungsreichsten Provinzen. Der Anstieg, gerade an sogenannten nicht heimischen Haustierarten, steht nachweislich in Verbindung mit Bevölkerungswachstum und der wirtschaftlichen Lage der Menschen. Auf Grund des Anstiegs dieser Arten, besteht auch stets ein Invasionsrisiko, speziell hängt dieses von der Art, ihrem Fortpflanzungsverhalten, der Existenz von Fressfeinden, einem mehr oder weniger breitem Nahrungsspektrum sowie der Klimatoleranz der Art ab.

Baumwolle

Wie bereits dargelegt, bildet Baumwolle als Naturfaser eine wichtige Grundlage für die Textilherstellung. Die Pflanze wird in Südafrika seit dem 17. Jahrhundert angebaut und auch heute besteht in Südafrika weiterhin eine aktive Baumwollindustrie, die in den letzten Jahren sogar stark gewachsen ist.

Der gesamte Textilfaserkonsum in Südafrika lag 2020 bei ca. 90.000 t, dabei machte Baumwolle einen Anteil von 18 % aus (16.500 t), der Rest entfiel vor allem auf Polyester-, HDPE-, Nylon- und Jutefasern. Im Jahr 2013 betrug der Baumwollkonsum in der Republik noch 22.400 t, dieser reduzierte sich bis ins Jahr 2021 auf 12.100 t. Der weltweite Konsum von Baumwolle ist im Vergleich dazu relativ stabil geblieben bzw. leicht gewachsen, von 24 Mio. t im Jahr 2014 auf 25 Mio. t im Jahr 2021. (Shivambu et al. 2021)

Betrachtet man die Entwicklung der Importe und des Konsums von Baumwollfasern seit den 1990er Jahren in Südafrika, zeigt sich deutlich eine Reduktion über den Zeitverlauf (Claassens 2017). Baumwollfasern machen dabei nur ca. 20 % der gesamten Fasernachfrage aus, vermehrt werden Kunstfasern verwendet. Gleichzeitig ist die landeseigene Produktion in den letzten

Jahren stetig gewachsen ist, von 5.300 t im Jahr 2013 auf 43.700 t im Jahr 2019 (Louw 2022). Dabei ist die Importmenge von Baumwolle im letzten Jahrzehnt stetig gesunken und der Export ins Ausland gestiegen. Die gesteigerte Produktionsmenge ist auf ein integriertes Regierungsprogramm zurückzuführen, das die gesamte südafrikanische Baumwollindustrie von den Landwirten bis zu den Einzelhändlern einbezieht und vom Ministerium für Handel und Industrie finanziert wurde. Es ließ die Baumwollproduktion zw. 2012 und 2019 um 800 % wachsen (Louw 2022).

Im Jahr 2015 wurden durch die südafrikanische Statistikbehörde umfangreiche Daten zum Konsum der Haushalte erhoben. Haushalte gaben im Durchschnitt ca. 5.000 Rand (280 €) für Kleidung und Schuhe aus, dies ist ein Anteil von ca. 4,8 % an den jährlichen Gesamtausgaben. Dabei gab es Unterschiede je nach Region und Bevölkerungsgruppe. So wendeten Haushalte aus urbanen ‚informellen‘ Siedlungen mit 9 % einen größeren Teil ihres Einkommens auf als formale urbane Siedlungen, der Anteil lag außerdem bei der Gruppe der „Black African“ deutlich höher als bei der Gruppe „White“. (Statistics South Africa 2015)

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Konsum von Baumwolle in den letzten Jahrzehnten ständig abgenommen hat, während die inländische Produktion gerade in den letzten Jahren stark gestiegen ist. Die Nachfrage der Verbraucher nach Kleidung und Mode ist in den letzten Jahren in Südafrika jedoch stetig gestiegen und es wird ein weiteres jährliches Wachstum von 16,8 % bis 2027 erwartet. Ein großer Teil der Kleidung wird dabei aus China importiert. (Statista 2022b)

Wohnfläche

Daten, die Aufschluss zur Wohnfläche geben, sind ähnlich wie auf globaler Ebene auch für Südafrika nur sehr begrenzt vorhanden. So finden sich weder konkrete Daten über die Wohnfläche pro Kopf noch Daten zu beengtem Wohnraum. Aus diesem Grund werden, wie auch im Rahmen der globalen Betrachtung, verschiedene zusätzliche Indikatoren herangezogen, die zumindest Rückschlüsse auf die Wohnfläche geben können. Hierzu zählen zum einen die durchschnittliche Haushaltsgröße sowie der Anteil der Haushalte, die in Slums wohnen.

Südafrika ist eines der am stärksten urbanisierten Länder Afrikas. Rund 67 % der Bevölkerung leben in Städten (United Nations Human Settlements Programme 2019). Haushalte geben dabei im Durchschnitt 18 % ihres verfügbaren Bruttoeinkommens für das Dach über ihrem Kopf aus und somit weniger als der OECD-Durchschnitt (20 %) (OECD 2022).

Sowohl auf dem Land als auch in den Städten ist der Anteil der Haushalte mit 2-3 Mitgliedern am stärksten (Land: 30,7 %; Stadt: 38,2 %), gefolgt von Haushalten mit 4-5 Mitgliedern (Land: 26,2 %, Stadt: 27,3 %). Während 1-Personen-Haushalte fast gleich stark sowohl im ländlichen Raum als auch in Städten vertreten sind (Land: 22,6 %; Stadt: 23,6 %), überwiegt die Anzahl der Haushalte mit mehr als 6 Mitgliedern mit 20,5 % auf dem Land und ist damit fast doppelt so groß, wie in Städten 11 % (Statista 2021).

Hinsichtlich des Wohnraums pro Kopf lassen sich aufgrund von mangelnder Datenlage keine konkreten Aussagen treffen. Allerdings leben in Südafrika mehr Personen pro Zimmer als im OECD-Gesamtdurchschnitt, welcher bei 1,7 Zimmern pro Person liegt (OECD 2022). Etwa 30 % der Haushalte in Südafrika verfügen über kein oder nur ein Schlafzimmer. Seit Erhebungsbeginn in 1995 ist dieser Anteil sogar leicht gestiegen von ursprünglich rund 27 % (Global Data Lab 2022c).

In einer Studie zur Überbelegung („overcrowding“) in zwei Vorstädten Johannesburgs konnte festgestellt werden, dass bei 57,6 % der untersuchten Haushalte im betrachteten Gebiet die Umstände des Zusammenlebens denen der UN-Habitat Definition von „overcrowding“

entsprachen (Nkosi et al. 2019). Damit liegt die Überbelegungsrate in diesen Gebieten deutlich über dem weltweiten Durchschnitt von 24,2 %. Während des gesamten Untersuchungszeitraums von 2006 bis 2016 hat sich die Überbelegungsrate in den betrachteten Gebieten nicht signifikant geändert.

Für den Durchschnitt des gesamten Landes Südafrika fällt die Überbelegungsrate mit 15,6 % im Jahr 2018 deutlich geringer aus. Südafrika ist aber – neben Madagaskar und Kenia – eines der Länder Afrikas, in dem die größten Schwankungen hinsichtlich der Überbelegung von Haushalten auf kleinem Raum festzustellen sind (Chipeta et al. 2022). In anderen Worten, Haushalte, die von Überbelegung betroffen sind, leben nicht selten in unmittelbarer Nachbarschaft zu solchen Haushalten, auf welche dies nicht zutrifft.

Dieser Umstand sowie die Tatsache, dass lediglich 64 % aller Wohnungen in Südafrika einen privaten Zugang zu einer Toilette mit Wasserspülung haben (OECD 2022), kann einen Ursprung darin haben, dass ein Teil der städtischen Bevölkerung dort in sogenannten Slums lebt. Wie bereits in der globalen Betrachtung festgestellt, liegt der Anteil der Bevölkerung, welcher in Slums lebt, in Afrika deutlich höher als im Rest der Welt. Südafrika liegt hier mit 26,4 % im Jahr 2018 deutlich unter dem Durchschnitt in Sub-Sahara Afrika (56,2 %) und nur leicht über dem weltweiten Durchschnitt von 24 %. Über den Betrachtungszeitraum von 1990 – 2018 hinweg kann auch in Südafrika, genau wie weltweit, ein Rückgang der in Slums lebenden Bevölkerung in Höhe von 43,6 % verzeichnet werden. Dieser liegt deutlich über dem Rückgang im durchschnittlichen Sub-Sahara Afrika, welcher bei lediglich 19,7 % lag. (UN-Habitat 2021)

Im Zeitraum von 2015 bis 2018 kam es zu einem Zuzug in die südafrikanischen Städte. Die Urbanisierungsrate lag im angegebenen Zeitraum bei 1,9 %. Auch in Zukunft wird mit der zunehmenden Migration aus ländlichen Räumen in die Städte Südafrikas ausgegangen, sodass der Anteil der in Städten lebenden Bevölkerung, welcher aktuell bei 67 % liegt, in Prognosen für 2050 auf um die 80 % geschätzt wird (United Nations Human Settlements Programme 2019).

Haushaltsgeräte

Die zunehmende weltweite Verbreitung von Haushaltsgeräten spiegelt sich auch im nationalen Durchschnitt Südafrikas, aber auch auf regionaler Ebene wider. Trotz der relativen Datenknappheit zu diesem Konsumbereich auf dem afrikanischen Kontinent (Cabeza et al. 2018) lässt sich anhand verschiedener Beispielgüter feststellen, dass sich die Verwendung zahlreicher Haushaltsgeräte in Südafrika seit 1990 zunehmend verbreitet hat.

Der Anteil an Haushalten in Südafrika, die über einen Kühlschrank verfügen, ist seit 1992 stetig angestiegen. Während im Jahr 1992 weniger als jeder zweite Haushalt (42,8 %) einen Kühlschrank besaß, waren es im Jahr 2019 78,4 % und im Jahr 2020 79,6 % (Global Data Lab 2022a). Südafrika liegt damit deutlich über dem Mittelwert aus 26 afrikanischen Ländern für den Zeitraum 2017 – 2019, in dem lediglich 31 % der Haushalte einen Kühlschrank besitzen. Gleichzeitig liegt Südafrika damit ungefähr im Durchschnitt der globalen Eigentumsraten von Kühlschränken, der im Jahr 2020 bei rund 80 % lag. In der regionalen Verteilung fällt jedoch auf, dass die Provinz Westkap (Western Cape) mit 96,7 % im Jahr 2019 die höchste Rate an Kühlschränken pro Haushalt besitzt, während die Provinz Ostkap (Eastern Cape) mit 62,6 % die geringste Rate aufweist (ibid.). Dies geht auch damit einher, dass die Provinz Ostkap das geringste GDP per Capita aufweist, während Westkap das zweithöchste GDP per Capita nach der Provinz Gauteng besitzt (Statistics South Africa 2022).

Auch für Waschmaschinen ist ein stetiges Wachstum festzustellen: Im Jahr 1995 besaßen 19,2 % der südafrikanischen Haushalte eine Waschmaschine. Bis zum Jahr 2019 hat sich dieser Anteil nahezu verdoppelt und erreicht 37,8 % (Global Data Lab 2022b). Wie auch Rao und Ummel

(2017) aufzeigen, wird in Südafrika der Besitz eines Kühlschranks dem Besitz einer Waschmaschine vorgezogen. Im Vergleich mit dem afrikanischen Durchschnitt, der in 12 Ländern zwischen 2017 und 2020 bei 16 % lag, ist der Bestand an Waschmaschinen in Südafrika mehr als doppelt so hoch. Im Hinblick auf die Verteilung dieser Haushaltsgeräte sind allerdings große regionale Disparitäten festzustellen: In der Provinz Westkap (Western Cape) besaßen im Jahr 2019 79,8 % der Haushalte eine Waschmaschine, während es im gleichen Jahr in der Provinz KwaZulu Natal nur 22,8 % waren (ibid.).

Im Hinblick auf Kochmöglichkeiten besaßen im Jahr 2021 rund 79 % der Haushalte in Südafrika einen Herd und/oder Ofen (Statista 2022n), wobei 77,7 % der Haushalte elektrisch kochen (Statistics South Africa 2022). Im selben Jahr besaßen ungefähr 28 % eine Spülmaschine (Statista 2022n).

Prognosen zufolge werden die privaten Ausgaben für Haushaltsgeräte in Südafrika in den kommenden Jahren deutlich ansteigen. Während im Jahr 2017 insgesamt 0,23 Milliarden US-Dollar für große Haushaltsgeräte ausgegeben wurden, werden für das Jahr 2025 in derselben Kategorie Ausgaben von 0,71 Milliarden US-Dollar geschätzt (Statista 2022n). Damit ergibt sich ein Umsatzwachstum von 22,3 % im Zeitraum 2022-2025 (ibid.). Im Hinblick auf den Verkauf von Kühlschränken wird zwischen 2022 und 2027 ein jährliches Wachstum von 5,4 % erwartet, im selben Zeitraum für Waschmaschinen hingegen ein jährliches Wachstum von 5,2 % (Statista 2022n).

IKT-Ausstattung

Wie bereits in der globalen Betrachtung dargelegt, lässt sich weltweit in den letzten Jahrzehnten eine kontinuierlich steigende Verbreitung von elektronischer Informations- und Kommunikationstechnik beobachten. Da Südafrika als das gemeinhin wirtschaftlich am stärksten entwickelte Land in Subsahara-Afrika gilt, liegt die Verbreitung von Informations- und Kommunikationstechnologie erwartungsgemäß über dem afrikanischen Durchschnitt. Über 60 % des Internetdatenverkehrs auf dem afrikanischen Kontinent gehen von Südafrika aus.

Was die Nutzung von Computern betrifft, so lag deren Verbreitung 2001 noch bei 8,6 % aller Haushalte. Zehn Jahre später hatte sich dieser Wert auf ca. 21 % gesteigert. Das starke Wachstum wurde jedoch nicht fortgesetzt, denn im Jahr 2019 lag der Wert nur bei ca. 22 % und damit 5 Prozentpunkte über dem afrikanischen Durchschnitt (ITU DataHub 2022b).

Im Jahr 2020 nutzten 70 % der Südafrikaner*innen regelmäßig das Internet, während es zwanzig Jahre zuvor noch 5,3 % waren (ITU DataHub 2022c). Der häufigste Zugang erfolgte dabei über mobile Endgeräte. In der Republik wird 77 % des gesamten Datenverkehrs über mobile Geräte wie Smartphones abgewickelt, 21 % entfallen auf Laptops und PCs und 2 % auf andere Geräte (Statista 2022c). Im Jahr 2002 gab es in Südafrika nur ca. 2.700 Festnetz-Breitbandanschlüsse, dieser Wert ist ca. 20 Jahre später auf 1.3 Mio. angewachsen, er dient hier als ein Proxy für die Existenz von Wifi-Routern (World Bank 2021e).

Basierend auf Daten der Independent Communications Authority of South Africa lässt sich auch die Zunahme von Handys und mobilen Endgeräten, hier gemessen an den sogenannten „mobile cellular subscriptions“ nachvollziehen. Der Indikator zeigt den Zugang zum öffentlichen Telefonnetz durch mobile Geräte mit Postpaid- und Prepaid-Abonnements. Im Jahr 2002 gab es noch 8 Mio. solcher Abonnements für einen öffentlichen Mobiltelefondienst (z. B. durch SIM-Karten), im Jahr 2021 waren es bereits ca. 100 Mio. bei 60 Mio. Einwohner*innen. Außerdem belegen Daten, dass im gleichen Jahr 99 % der Haushalte ein Mobiltelefon besaßen (Miyajima 2022).

Betrachtet man die TV-Geräte, wird auch hier deutlich, dass die Prozentzahl der Haushalte in Südafrika, die ein solches Gerät besitzen, in der Vergangenheit stetig zugenommen hat. Lag sie im Jahr 2000 noch bei 60 %, ist sie im Jahr 2019 auf 78 % angewachsen (Global Data Lab 2022d).

Der Zugang zum Internet für jeden Menschen ist eines der SDGs für 2030. Mit fortschreitender globaler Digitalisierung wird auch eine weitere Zunahme des Internetverkehrs und der elektronischen Informations- und Kommunikationstechnik in Südafrika erwartet, wie dies bereits in den letzten Jahren festzustellen war.

Strom

84 % der Menschen in Südafrika hatten im Jahr 2020 Zugang zu Elektrizität. Damit ist dieser Prozentsatz seit 2014 nicht mehr gestiegen, damals lag er bei 86 % (World Bank 2022g). Die Elektrifizierungsrate der ländlichen Bevölkerung ist dabei teilweise deutlich geringer und liegt bei 66,9 %, somit haben 33,1 % der ländlichen Bevölkerung keinen Zugang zu Elektrizität. Der Gesamtstromverbrauch stieg im Jahr 2021 um 2,3 % auf 197 TWh, nachdem er 2020 um 5 % gesunken war. Er blieb zwischen 2017 und 2019 stabil bei rund 200 TWh und schwankte von 2010 bis 2015 zwischen 207 und 216 TWh (Enerdata 2022). Die Industrie ist der Hauptstromverbraucher (52 %), gefolgt vom Haushaltssektor (20 %) und dem Dienstleistungssektor (15 %). Betrachtet man den Gesamtelektrizitätsverbrauch des Landes, liegt Südafrika mit 210.000 GWh / Jahr auf dem afrikanischen Kontinent auf Platz 1 und im weltweiten Vergleich auf Platz 22. Der Pro-Kopf-Stromverbrauch erreichte 2007 einen Höchststand von 4 500 kWh, bevor er bis 2021 auf 3.284 kWh sank (etwa das Zehnfache des Durchschnitts in der Subsahara) (Enerdata 2022).

In Südafrika herrschte im Jahr 2022 eine Energiekrise. In den letzten Jahren kam es immer wieder zu Stromausfällen und sogenannten „Lastabwürfen“ (engl. load shedding). Dies bedeutet, dass für mehrere Stunden täglich in verschiedenen Regionen der Strom abgeschaltet wird, um eine komplette Netzüberlastung zu verhindern. Der südafrikanische Strommarkt wird dominiert von der Firma Eskom Holdings, welche sich zu 100 % im Staatsbesitz befindet. Die Firma ist der größte Stromproduzent auf dem afrikanischen Kontinent und gehört weltweit zu den zehn Firmen mit dem größten CO₂-Ausstoß. Ein Grund dafür ist, dass Eskom die Elektrizität zu 83 % über Kohleverstromung gewinnt, 6 % entfallen auf Pumpspeicherkraftwerke, 5 % auf Gaskraftwerke, die restlichen 6 Prozent vor allem auf Atomstrom, dann auf Wind und Solarenergie (International Energy Agency 2022). Die derzeitigen Abschaltungen sind auch der Tatsache geschuldet, dass an den Kraftwerken und Netzen Wartungen durchgeführt werden, die jahrzehntelang vernachlässigt wurden. Medienberichten zufolge hat Eskom durch Missmanagement und Korruption seit dem Ende der Apartheid Schuldenberge in Milliardenhöhe angehäuft (Ndenze 2022).

Südafrika ist eine von Dürre bedrohte Region, weshalb Wasserkraft kein großes Potenzial verspricht. Das Land verfügt aber über sehr windige Küstenregionen und auch über starke Sonneneinstrahlung, es bietet hohes Potenzial für Wind- und Solarenergie. 2021 wurde der Bau von erneuerbaren Elektrizitätsanlagen mit 2.600 MW angekündigt. Derzeit besteht ein Strommangel von geschätzten 6.000 MW, der sich in der mangelnden Versorgung der Haushalte und der Industrie niederschlägt. Erneuerbare könnten einen Weg aus der Energiekrise aufzeigen und dazu beitragen, die bislang sehr hohen Emissionen des Energiesektors zu senken. (ZAWYA 2022)

4.4.12.2 Zukünftige Dynamik der repräsentativen Güter

Die vorangegangene Analyse zeigt, dass in Südafrika der Konsum einiger Güter in den vergangenen Jahren deutlich angestiegen ist. Während der Konsum in Hinblick auf Autos und Haushaltsgeräten seit Betrachtungsbeginn 1990 weitestgehend kontinuierlich stieg, flachte für andere Konsumgüter wie IKT ab 2010 der Konsumanstieg – parallel zur Stagnation der Einkommensentwicklung – ab.

Im Folgenden wird eine Schätzung der Konsumententwicklung in Südafrika auf Basis von Bevölkerungs- und Einkommensentwicklung vorgenommen. Dem zugrunde gelegt werden dabei die Entwicklungsdaten der Shared Socioeconomic Pathways. Diese gehen für Südafrika von einem starken Einkommenswachstum (pro Kopf) um rund 150 % zwischen 2020 und 2050 aus. Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 1,0 – 3,9 % und somit einem (in vier von fünf Szenarien) leicht stärkerem Wachstum als im globalen Durchschnitt. Das prognostizierte Bevölkerungswachstum liegt zwischen 4 – 18 % und damit unter dem global prognostizierten Durchschnitt.

Da nicht für alle repräsentativen Güter eine ausreichende Datengrundlage für die Schätzung vorliegt, erfolgt diese exemplarisch für die Güter Milchkonsum, ÖPV-Nutzung und Stromverbrauch. Die Ergebnisse der Projektion sind in Tabelle 59 zusammengefasst.

Tabelle 59: Entwicklung des Konsums ausgewählter Güter in Südafrika

Szenario		Konsum Milch und Milchprodukte (Basisdaten 2020)	Nutzung öffentlicher Verkehr (Basisdaten 2005)	Stromverbrauch (Basisdaten 2020)
Ausstattung Basisjahr	absolut	2,42 Megatonnen	991 Mio. Pkm	193 Twh
	pro Kopf	40,8 kg	20,7 Pkm	3.254 kwh
SSP1	absolut	6,52 Megatonnen	5.382 Mio. Pkm	563,3 Twh
	pro Kopf	104,5 kg	86,3 Pkm	9.036 kwh
SSP2	absolut	5,47 Megatonnen	4.409 Mio. Pkm	472,5 Twh
	pro Kopf	86,8 kg	69,9 Pkm	7.495 kwh
SSP3	absolut	4,07 Megatonnen	3.174 Mio. Pkm	356,8 Twh
	pro Kopf	66,1 kg	51,5 Pkm	5.790 kwh
SSP4	absolut	4,89 Megatonnen	3.877 Mio. Pkm	427,1 Twh
	pro Kopf	86,9 kg	68,9 Pkm	7.593 kwh
SSP5	Absolut	8,09 Megatonnen	6.820 Mio. Pkm	694,3 Twh
	pro Kopf	123,9 kg	104,5 Pkm	10.637 kwh

Quelle: eigene Berechnungen auf der Basis von FAO (2022a) und Enerdat (2022) sowie den IIASA-WIC Bevölkerungsprojektionen (KC und Lutz 2017; Riahi et al. 2017) und den Einkommensprojektionen der OECD auf Basis des ENV-Wachstumsmodells (Dellink et al. 2017).

Der Konsum von Milch und Milchprodukten lag in Südafrika in 2020 bei 40,8 Kg pro Kopf (FAO 2022a; OECD 2021a). Bis 2050 könnte dieser insbesondere durch einen deutlichen Einkommensanstieg auf das rund 1,6- bis 3-fache Niveau ansteigen. Auch der erwartete

Bevölkerungsanstieg in Südafrika trägt zu dem Anstieg der absoluten Konsumzahlen bei. Unter Berücksichtigung der Einkommens- und Bevölkerungsentwicklung kann die absolute Menge konsumierter Milchprodukte in Südafrika auf bis zu 8,1 Megatonnen ansteigen.

Seitens der FAO wird für Südafrika ein Anstieg der Milchproduktion in Südafrika um rund 16 % bis 2031 prognostiziert (im Vergleich zu 2021). Entsprechende Projektionen für den Konsum von Milch sind nicht vorhanden. Für frische Milchprodukte, Käse und Butter werden Wachstumsraten um 12 – 31 % bis 2031 prognostiziert, mit einem besonders starken Anstieg des Konsums von Butter (OECD und FAO 2021). Diese Wachstumsraten liegen somit deutlich unterhalb der hier geschätzten Wachstumsraten auf Basis der SSP Bevölkerungs- und Eigentumsentwicklungen.

Der südafrikanische Stromverbrauch lag in 2020 bei 193 Twh (Enerdata 2022). Bei einer Fortschreibung des aktuellen Verbrauchs mit Prognosen zur Bevölkerungs- und Beschäftigungsentwicklung ergibt sich für 2050 ein Stromverbrauch von 356 – 694 Twh. Dies entspricht einem jährlichen Wachstum von 2,1 – 4,4 %.

Daten für die Nutzung des öffentlichen Schienenverkehrs in Südafrika sind nur bis 2005 verfügbar und betrugen zu diesem Zeitpunkt 991 Mio. Personenkilometer (World Bank 2007). Bis 2050 könnte diese Menge auf bis zu 6,8 Mrd. Personenkilometer anwachsen. Historische Daten zeigen jedoch die Sensibilität dieser Schätzung für makroökonomische Rahmenbedingungen und weitere Faktoren auf. So sanken zwischen 2000 und 2005 die verzeichneten Personenkilometer im ÖPV trotz steigenden Einkommens im selben Zeitraum. Zwischen 2010 und 2020 wurde zudem in den SSP-Szenarien von einem BIP-Wachstum von 3,9 – 4,1 % jährlich ausgegangen. Tatsächlich wuchs das BIP in dem Zeitraum jedoch nur um 1,2 % jährlich, das Pro-Kopf-Einkommen nahm sogar ab (World Bank 2022a).

4.4.12.3 Umweltwirkungen

Eine Fortschreibung des aktuellen Konsumniveaus in Bezug auf Milch und Milchprodukte, ÖPV-Nutzung und Stromverbrauch auf Basis der Bevölkerungs- und Einkommensentwicklung in Südafrika zeigt starke Wachstumsdynamiken in absoluten sowie Pro-Kopf-Konsummengen auf. Die Auswirkungen, die ein solch dynamischer Anstieg des Milchkonsums auf die planetaren Grenzen haben kann, ist in Tabelle 60 zusammengefasst.

Tabelle 60: Umweltwirkungen des Konsums von Milch- und Milchprodukten in Südafrika heute und 2050

Planetare Grenze	Kontrollvariable	Umweltwirkung			Grenzwert/ Budget	Künftiger Anteil an PG	
		Heute (2020)	Ohne tech. Änd. 2050 (SSP5)	Mit tech. Änd. nach Green-Supreme 2050 (SSP2)		2050 (SSP5)	Green Supreme (SSP2)
Klimawandel	CO ₂ [Gt/a] ⁸⁶	0,001	0,004	0,00	1.2 – 1.5	0,33 %	0,01 %

⁸⁶ Enthält keine Methan- und Lachgasemissionen.

Land-nutzung	Waldverlust [km ²]	7,2	24,0	15,8	5.130.000	0,00 %	0,00 %
Biogeo-chemische Flüsse	Phosphor [t/a]	0,24	0,82	0,76	6.200.000	0,00 %	0,00 %
	Stickstoff [Mio. t/a]	0,01	0,04	0,03	62	0,07 %	0,04 %
Süßwasser	Süßwasser [Mrd. m ³ /a]	0,28	0,92	0,62	4.000	0,02 %	0,02 %

Quelle: eigene Berechnungen von ifeu und ecoinvent sowie Darstellung auf der Basis von Steffen et al. (2015) und Dittrich et al. (2020a, 2021a).

Bereits heute belastet der Konsum von Milch- und Milchprodukten die planetaren Grenzen mit einem CO₂-Ausstoß von rund 1,3 Megatonnen. Ohne technologischen Wandel könnte dies auf 4,3 Megatonnen im Median im Jahr 2050 ansteigen. Unter Berücksichtigung eines umfassenden technologischen Wandels kann der CO₂-Ausstoß trotz steigender Konsummengen jedoch deutlich reduziert und mit maximal 0,1 Megatonnen im Jahr 2050 auf ein Zehntel des heutigen Konsumlevels oder weniger reduziert werden (Methan und Lachgasemissionen werden nicht berücksichtigt).

Auch in Bezug auf andere Umweltwirkungen wird sich die Auswirkung des südafrikanischen Konsums bis 2050 deutlich steigern, auf das 3-fache des heutigen Niveaus im Maximum (SSP5) im Jahr 2050, sofern keine umfangreichen technologischen Umstellungen erfolgen. Durch die Umstellung der Produktionstechnologien wie im GreenSupreme-Szenario vorgesehen können die Umweltwirkungen des Milchkonsums abgeschwächt werden. In allen anderen Umweltbereichen wird jedoch die Reduktion der Umwelteinflüsse durch den starken Konsumanstieg überkompensiert.

Wenngleich auch der Stromverbrauch in Südafrika in den kommenden Jahren deutlich steigen wird, so lassen sich in diesem Falle, im Vergleich zum Konsum von Milch, die Umweltwirkungen durch technologischen Wandel deutlich stärker reduzieren. Die Umweltwirkungen aus dem Stromverbrauch heute und im Jahr 2050 sind in Tabelle 61 dargestellt. Heute belastet der Stromverbrauch die planetaren Grenzen mit einem CO₂-Ausstoß von rund 128 Megatonnen CO₂, 0,6 Mrd. Liter Süßwassernutzung und Stickstoffflüssen in Höhe von 0,13 Mio. Tonnen. Ohne technologischen Wandel könnte dies um das 3,5-fache bis 2050 ansteigen (in SSP5).

Insbesondere die CO₂-Emissionen des Stromverbrauchs im Jahr 2050 können durch eine Umstellung auf Erneuerbare Energien maßgeblich reduziert werden. Aber auch in den anderen Umweltwirkungen kann durch die Umstellung der Produktionstechnologien, wie im GreenSupreme-Szenario angenommen, die Umweltwirkung in signifikanten Umfang abgeschwächt werden, insbesondere in Bezug auf die Umwandlung von Forstfläche und den Stickstoffflüssen. Hier können die Emissionen im Vergleich zu den heutigen Umweltwirkungen auf 3 – 6 % des Niveaus im Jahr 2020 gesenkt werden. Lediglich in Bezug auf die Emission von biochemischen Flüssen in Form von Phosphor kann auch im GreenSupreme-Szenario die Umweltwirkung im Vergleich zum heutigen Niveau nur leicht reduziert werden, da die Umweltwirkung der technologischen Verbesserung durch einen starken Anstieg des Konsumniveaus abgeschwächt wird.

Tabelle 61: Umweltwirkungen des Stromverbrauchs in Südafrika heute und 2050

Planetare Grenze	Kontrollvariable	Umweltwirkung			Grenzwert/ Budget	Künftiger Anteil an PG	
		Heute (2020)	Ohne tech. Änd. 2050 (SSP5)	Mit tech. Änd. nach Green-Supreme 2050 (SSP2)		2050 (SSP5)	Green Supreme (SSP2)
Klimawandel	CO ₂ [Gt/a]	0,13	0,46	0,00	1,2 – 1,5	35,8%	0,02%
Landnutzung	Waldverlust [km ²]	13,9	50,1	0,39	5.130.000	0,00%	0,00%
Biogeochemische Flüsse	Phosphor [t/a]	9,8	35,1	8,7	6.200.000	0,00%	0,00%
	Stickstoff [Mio. t/a]	0,13	0,47	0,01	62	0,76%	0,01%
Süßwasser	Süßwasser [Mrd. m ³ /a]	0,60	2,2	0,07	4.000	0,05%	0,00%

Quelle: eigene Berechnungen von ifeu und ecoinvent sowie Darstellung auf der Basis von Steffen et al. (2015) und Dittrich et al. (2020a, 2021a).

Die Umweltwirkungen der Nutzung des Öffentlichen Personenverkehrs in Südafrika sind in Tabelle 62 dargestellt. Auch im Falle umfangreichen technologischen Wandels werden einige Umweltwirkungen durch den ansteigenden Mobilitätsbedarf stark steigen. So steigt die Umweltbelastung durch biochemische Flüsse auf mehr als das Doppelte im Jahr 2050 an (in SSP2). Auch in Bezug auf die Nutzung von Süßwasser steigt der Bedarf aufgrund des Konsumanstiegs stärker, als durch die technische Transformation kompensiert werden kann. In Bezug auf die CO₂-Emissionen aus dem Transport sowie den Flächenverbrauch kann die Umweltbelastung im Vergleich zum heutigen Niveau jedoch durch die Transformation deutlich reduziert werden.

Tabelle 62: Umweltwirkungen der ÖPV-Nutzung in Südafrika heute und 2050

Planetare Grenze	Kontrollvariable	Umweltwirkung			Grenzwert/ Budget	Künftiger Anteil an PG	
		Heute (2020)	Ohne tech. Änd. 2050 (SSP5)	Mit tech. Änd. nach Green-Supreme 2050 (SSP2)		2050 (SSP5)	Green Supreme (SSP2)

Klima- wandel	CO ₂ [Mt/a]	0,16	0,6	0,00	1.200 – 1.500	0,00 %	0,03 %
Land- nutzung	Waldverlust [km ²]	0,03	0,12	0,00	5.130.000	0,00 %	0,00 %
Biogeo- chemische Flüsse	Phosphor [kg/a]	8,7	32,9	19,2	6.200.000	0,00 %	0,00 %
	Stickstoff [Tsd. t/a]	0,53	2,0	1,1	62.000	0,00 %	0,00 %
Süßwasser	Süßwasser [Mio. m ³ /a]	0,63	2,4	0,85	4.000.000	0,00 %	0,00 %

Quelle: eigene Berechnungen von ifeu und ecoinvent sowie Darstellung auf der Basis von Steffen et al. (2015) und Dittrich et al. (2020a, 2021a).

4.4.12.4 Zwischenfazit

Die Betrachtung verschiedener Konsumgüter in Südafrika hat gezeigt, dass ein allgemeiner Anstieg in deren Quantität und Verteilung zwischen 1990 und heute festzustellen ist. In manchen Bereichen war das Wachstum kontinuierlich, beispielsweise im Hinblick auf Autos und Haushaltsgeräte. In anderen Konsumbereichen, wie in der IKT-Ausstattung und im Zugang zu Strom, war das Wachstum in den 2000er Jahren besonders stark und hat in den 2010er Jahren nachgelassen.

Es wurde deutlich, dass es große regionale Unterschiede im Zugang zu und in der Verteilung von Konsumgütern gibt. So werden Milchprodukte in ländlichen Räumen überwiegend lokal bezogen, während in städtischen Gebieten längere Lieferketten angewendet werden. Ebenso ist die Rate an Autos und Haushaltsgeräten wie Kühlschränken in urbanen Gebieten deutlich höher als in ländlichen Räumen.

Südafrika gilt gemessen an der Einkommensverteilung als das Land der Welt, mit der größten relativen Ungleichheit. Die Konsumraten spiegeln auch die vorhandenen sozialen Unterschiede in der Bevölkerung wider. In informellen Siedlungen wie Townships ist der Zugang zu Strom- und Wasserversorgung deutlich geringer und die hygienischen Bedingungen signifikant mangelhafter. Gleichzeitig sind hier Konsumgüter wie die verfügbare Wohnfläche deutlich schwächer verteilt und mehr Straßentiere vorhanden. Diese Divergenzen sind in Teilen auf das Erbe der Apartheid zurückzuführen.

Teilweise ist die Verbreitung von Konsumgütern von der Entwicklung des BIP entkoppelt. So konnten sich trotz einiger Einbrüche im BIP des Landes in den letzten Jahren manche Sektoren kontinuierlich entwickeln. Unter anderem stieg die Anzahl an Flugpassagieren trotz verschiedener wirtschaftlicher Rückgänge stetig an. In anderen Sektoren wie im Milchkonsum hingegen ist ein Rückgang des Verbrauchs im Vergleich zu 1990 festzustellen.

Zugleich bleibt Südafrika eines der wirtschaftlich stärksten Länder des Kontinents, der Konsum überschreitet überwiegend die Durchschnittswerte: Das Fluggastaufkommen sowie die Verteilung von IKT- und Haushaltsgeräten zählen zu den höchsten Werten im Vergleich zu anderen afrikanischen Ländern.

Für zukünftige Konsummuster wird prognostiziert, dass die verschiedenen Märkte deutlich anwachsen werden. Große Infrastrukturvorhaben z. B. im Bereich des Schienen- oder Flugverkehrs werden vermutlich zu einer stärkeren Mobilität und einem stärkeren Austausch von Waren beitragen. Zusammen mit dem Bevölkerungswachstum und der ansteigenden Urbanisierungsrate ergeben sich hier neue politische und wirtschaftliche Herausforderungen, die vor allen Dingen die Umweltbilanz und sozioökonomische Verteilungsfragen betreffen werden.

4.5 Schlussfolgerungen

4.5.1 Zusammenfassung und Vergleich der Konsumdynamiken

In den vergangenen 30 Jahren ist die Nachfrage nach allen untersuchten repräsentativen Gütern gestiegen. Dabei ist der Anstieg der Bevölkerung ein wichtiger Faktor: Lebten 1990 noch 5,3 Mrd. Menschen, so waren es 2020 bereits 7,8 Mrd. Menschen (+47 %). Ein weiterer Faktor ist das Einkommen pro Person, das im selben Zeitverlauf um rund 67 % anstieg. Beide Faktoren beeinflussen die Nachfrage nach vielen der ausgewählten Güter stark. Bei einzelnen Gütern treten auch Sättigungseffekte bzw. Substitutionseffekte auf oder weitere Faktoren beeinflussen die Nachfrage:

- ▶ Milch: Der direkte Zusammenhang zwischen Einkommen und Milchkonsum zeigt sich vor allem in Ländern mit niedrigen und mittleren Einkommen. Mit zunehmendem Einkommen treten Sättigungseffekte auf. Zudem nehmen kulturelle Essgewohnheiten, mit dem Milchkonsum verknüpfte Narrative sowie die Substitution durch Milchalternativen eine relevante Rolle ein.
- ▶ Pkw: Die Anzahl der global genutzten Pkw nimmt stark zu, insbesondere in China. Dies zeigt sich an der Motorisierungsrate (Anzahl der Pkw pro 1.000 Einwohner*innen) und an der Anzahl der genutzten Pkw, die im Jahr 2019 bei rund 1,2 Mrd. Fahrzeugen liegt. Zudem werden die Fahrzeuge in einzelnen Regionen schwerer und leistungstärker. Gleichzeitig sind weiterhin deutliche Unterschiede nach Einkommensgruppen zu erkennen: Während der Grad der Motorisierung in einkommensstarken Ländern sehr hoch ist, ist der Besitz von privaten Fahrzeugen in Schwellenländern wie China und Indien und in Entwicklungsländern geringer und ein Privileg der einkommensstärkeren Bevölkerungsschichten. Zusätzlich steigen Fahrzeiten und -entfernungen, insbesondere in urbanen Räumen aufgrund von Zersiedelung und Verkehrsstaus (Stead und Pojani 2017).
- ▶ ÖPV: Der ÖPV spielt weltweit eine wichtige Rolle in der täglichen Mobilität, die spezifischen öffentlichen Verkehrsträger sind indessen von Region zu Region sehr unterschiedlich. So stieg beispielsweise die Verkehrsleistung des weltweiten Schienenverkehrs an, auch wenn regional unterschiedliche Trends beobachtet werden können. Zwischen der Verkehrsleistung öffentlicher Verkehrsmittel wie der Bahn und dem Einkommen pro Person ist zwar kein direkter, signifikanter Zusammenhang erkennbar, höhere Einkommen führen tendenziell aber zu einer wachsenden Transportnachfrage. Dies wiederum kann dazu führen, dass die ÖPV-Infrastruktur ausgebaut und verbessert wird. (ITF 2021)

- ▶ **Flug:** Seit 1990 hat sich die Anzahl der beförderten Passagiere weltweit bis 2019 mehr als vervierfacht, die Verkehrsleistung stieg um das 4,6-fache im selben Zeitraum an. Nur ein Bruchteil der Weltbevölkerung nimmt allerdings am internationalen Flugverkehr teil. Der Zusammenhang zwischen Einkommen und Fliegen ist signifikant: In Ländern mit niedrigem Einkommen nutzen nur 1,6 % der Bevölkerung das Flugzeug, während in Ländern mit oberen mittleren Einkommen rund ein Viertel und in Ländern mit hohem Einkommen 100 % der Bevölkerung das Flugzeug (theoretisch einmal im Jahr) nutzen. Im Vergleich zu den anderen gewählten Gütern zeigt sich, dass die Nachfrage nach Flügen sehr stark gestiegen ist.
- ▶ **Baumwolle:** Nach wie vor zählt Baumwolle zu den am häufigsten genutzten Naturfasern in der Textilindustrie, auch wenn sie zunehmend durch synthetische Fasern ersetzt wird. Dennoch steigen die globalen Produktionsmengen. Der derzeitige Verbrauch der Spinnereien liegt bei umgerechnet 3 kg pro Person und Jahr. Die zentralen Treiber dieser Entwicklung sind nicht leicht festzumachen, allerdings ist festzustellen, dass der Baumwollkonsum in ähnlichem Verhältnis wie die Bevölkerung wächst. Einkommen und kulturell bedingte Präferenzen haben einen weiteren Einfluss auf den Konsum von Baumwollprodukten. Fast Fashion ist ein Problem insbesondere in reichen Regionen wie Europa, Nordamerika und Australien.
- ▶ **Wohnfläche:** Die durchschnittliche Pro-Kopf-Wohnfläche steigt insbesondere, aber nicht ausschließlich in Ländern mit hohem Einkommen seit Jahren an. Dieser Anstieg hat unter anderem dazu geführt, dass die absolute globale Wohnfläche heute doppelt so groß ist wie noch 1990. Eine abnehmende Haushaltsgröße und der Bau immer größerer Häuser gelten als wichtigste Treiber.
- ▶ **Haushaltsausstattung:** Auch die Ausstattung mit Haushaltsgütern ist global seit 1990 deutlich gestiegen. Mittlerweile gehört der Besitz eines Kühlschranks in Haushalten mit einem oberen mittleren oder hohen Einkommen in vielen Regionen der Welt zum Standard, auch der Besitz einer Waschmaschine nimmt mit steigendem Einkommen zu. Während in Ländern mit einem hohen Ausstattungsgrad eine zunehmende Sättigungstendenz auf einem hohen Niveau erkennbar ist, liegt in einigen Ländern, insbesondere auf dem afrikanischen Kontinent, die Ausstattung mit Haushaltgeräten weiterhin deutlich unter dem weltweiten Durchschnitt.
- ▶ **IKT-Geräte:** Die Verbreitung von IKT-Technologien verdeutlicht die hohe globale Bedeutung dieser Technologien: Bereits 2015 hatte rechnerisch jeder Mensch auf der Erde mindestens ein mobiles Gerät (Malmodin und Lundén 2018). Seit Beginn der 2000er Jahre zeigt sich auch bei Ländern mit niedrigen Einkommen eine hohe Wachstums- und Aufholtdynamik insbesondere bei TV-Geräten und Handys. Bei anderen Gütern, wie dem Besitz von Computern, zeigt sich der Unterschied zwischen Einkommensgruppen jedoch noch deutlicher.
- ▶ **Strom:** Die Nachfrage nach Strom hat sich zwischen 1990 und 2020 weltweit mehr als verdoppelt. Verschiedene Gründe sind hierfür relevant: so wurden Haushalte, die bislang

insbesondere im ländlichen Raum noch nicht am Stromnetz angeschlossen waren, zunehmend an die Netze angeschlossen; Unterbrechungen der Stromversorgung existieren zwar noch, es ist aber davon auszugehen, dass sie seltener als noch vor 30 Jahren sind. Ferner stieg auch die Nachfrage der Haushalte nach Strom aufgrund der Zunahme der elektrischen Endgeräte.

- **Haustiere:** In den vergangenen 30 Jahren ist die Anzahl der Haustiere angestiegen, wobei unterschiedliche Trends in den verschiedenen Regionen zu beobachten sind. Die Nachfrage nach Haustieren, allen voran Hunde und Katzen, ist stärker von anderen Faktoren (Lebensphase, Wohnregion, Lebensumstände) geprägt als vom Einkommen. Im Jahr 2018 gab es weltweit vermutlich 373 Mio. Katzen und 471 Mio. Hunde, ohne streunende Tiere.

Die historischen Trends und die Analyse der relevanten Einflussfaktoren zeigen, dass eine einfache Trendfortschreibung der Nachfrage nicht angemessen ist. In diesem Forschungsprojekt wurde daher eine Fortschreibung unter Berücksichtigung des sich verlangsamen Bevölkerungswachstums und des steigenden Einkommens unternommen. Hierzu wurde auf die Szenarien der Shared Socioeconomic Pathways zurückgegriffen. Die Ergebnisse wurden, soweit möglich, mit existierenden Szenarien zur Nachfrageentwicklung der repräsentativen Güter verglichen. Über alle repräsentativen Güter zeigt sich, dass die Nachfrage bis 2050 stark ansteigen wird. In Abhängigkeit der hinterlegten Wachstumsszenarien ist von einer Verdopplung auszugehen, bei maximalen Einkommens- und Bevölkerungswachstum sogar von einer Vervierfachung. Im Einzelnen:

- **Milch:** Im Jahr 2050 ergibt sich in Abhängigkeit der zugrunde gelegten Bevölkerungsdynamiken und des Pro-Kopf-Milchkonsum (zwischen 99 kg und 225 kg Milchprodukte) eine absolute Konsummenge von 987 – 1.927 Megatonnen. Der höchste Wert entspricht dem rund 3,5-fachen der heutigen globalen Konsummenge. Die jährliche Wachstumsrate des Milchkonsums läge bei (minimal) 1,0 % und (maximal) 3,9 %. Ein Vergleich mit anderen Studien zeigt eine tendenzielle Überschätzung des zukünftigen Milchkonsums. Unter Berücksichtigung von Sättigungseffekten und anderen Einflüssen dürfte der Milchkonsum im Jahr 2050 eher im unteren Bereich der Schätzung liegen.
- **Pkw:** Mit zunehmenden Einkommen steigt der Pkw-Besitz. Der Zusammenhang ist signifikant. Prognosen der UNEP gehen davon aus, dass sich der Bestand von leichten Nutzfahrzeugen bis zum Jahr 2050 verdoppeln wird. 90 % dieses Wachstums wird dabei auf Nicht-OECD-Länder entfallen (UNEP 2020). Auch die Organisation erdölexportierender Länder (OPEC) geht von einem Anstieg der Pkw-Zahlen insbesondere in China, Indien und anderen asiatischen Staaten auf weltweit über 2 Milliarden im Jahr 2045 aus (Moriarty 2021; OPEC 2020). Eigene Abschätzungen auf der Basis des SSP5 Szenario würden im Jahr 2050 die höchsten Fahrzeugbestände mit rund 4,2 Milliarden Pkw ergeben, im mittleren Szenario (SSP2) würde der Bestand bis 2050 auf rund 2,7 Milliarden Pkw ansteigen, im Vergleich zu rund 1,2 Mrd. Pkw im Jahr 2019. Langzeittrends des globalen Individualverkehrs zeigen einen klaren Zusammenhang zwischen BIP-Wachstum und Verkehrsleistung. Es gibt zahlreiche Schätzungen zur zukünftigen Verkehrsleistung aller

Verkehrsträger, wonach diese auf 81 bis über 100 Billionen Pkm im Jahr 2050 ansteigen wird (Teske et al. (2021) und IEA (2019)).

- ▶ **ÖPV:** Die Prognosen der Nachfrage nach ÖPV sind aufgrund der regionalen Unterschiedlichkeit des ÖPV heterogen. OECD und ITF berechnen für 2050 beispielsweise eine weltweite Verkehrsleistung alleine für das außerstädtische Schienennetz von rund 15,7 Billionen Pkm (ITF 2019b). Wird auf Basis der Shared Socioeconomic Pathways (SSP) (Dellink et al. 2017; Riahi et al. 2017) und der vorliegenden Daten vom Internationalen Eisenbahnverband (UIC) ausgehend vom Jahr 2019 die Schienenverkehrsleistung bis 2050 fortgeschrieben, so wird im Maximalszenario (SSP5) eine Verkehrsleistung von 14,7 Billionen Pkm erzielt.
- ▶ **Flug:** Die Nachfrage nach Flügen steigt sehr wahrscheinlich besonders stark. Eigene Berechnungen auf der Basis der SSP-Szenarien liegen zwischen (minimal) 15,5 Billionen Pkm und (maximal) 30,8 Billionen Pkm im Jahr 2050. Das von der ICAO als „am wahrscheinlichsten“ betrachtete Szenario (erarbeitet vor der Corona-Pandemie) unterstellt einen Zuwachs von jährlich 4,4 %. Damit würde sich die Verkehrsleistung alle 16 Jahre verdoppeln und bis 2050 sogar rund 34 Billionen Pkm erreichen (Bopst et al. 2019b). Die Nutzung des Luftverkehrs ist und bleibt weiterhin ungleich verteilt. Zu erwarten ist, dass das Wachstum sich sehr unterschiedlich auf die Weltregionen verteilen und insbesondere im asiatisch-pazifischen Raum und im Mittleren Osten wachsen wird (Bopst et al. 2019b).
- ▶ **Baumwolle:** Das durchschnittliche jährliche Wachstum liegt in den verschiedenen SSP-Szenarien bei zwischen 0,4 und 0,9 %. Für die gesamten Textilfasern weltweit gehen Studien allerdings von einem weitaus höheren Wachstum aus, wobei ein Teil der Nachfrage durch synthetische Fasern gedeckt wird. Die zukünftige Nachfrage nach Baumwolle liegt, eigenen Berechnungen auf der Basis der SSP-Szenario zufolge, zwischen 27 und 31 Mio. Tonnen im Jahr 2050. Prognosen der OECD und FAO gehen von einem Gesamtverbrauch der Spinnereien von 28 Mio. Tonnen Baumwolle allein bis 2030 aus (OECD und FAO 2021). Auch das internationale Zentrum für landwirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit prognostiziert ein vergleichsweise hohes Wachstum der Baumwollnachfrage, das fortgeschrieben bis 2050 sogar 38 Mio. Tonnen ergäbe (Hudson et al. 2020). Diese Werte umfassen die gesamte Nachfrage nach Baumwolle. Der Anteil, der für Kleidung genutzt wird, liegt je nach Schätzung zwischen einem und zwei Dritteln.
- ▶ **Wohnfläche:** Aufbauend auf der regionalen Betrachtung des Status Quo und der historischen Entwicklung der Wohnfläche pro Kopf wurde die zukünftige Entwicklung auf Basis der Einkommensdynamik für das Jahr 2050 geschätzt. Diese geschätzte Wohnfläche lag im weltweiten Durchschnitt 2020 bei 14,8 m² und steigt bis zum Jahr 2050 auf 20 – 46 m². Insgesamt ergibt sich eine gesamte Wohnfläche von (minimal) 202 und (maximal) 395 Milliarden m² (2020: Schätzwert 116 Mrd. m²).
- ▶ **Haushaltsgüter:** Mit steigendem Einkommen steigt der Besitz von Haushaltsgütern wie Kühlschränken, Öfen, Herden etc., bis Sättigungsgrenzen erreicht werden. Bis zum Jahr 2050 ist somit aufgrund des anzunehmenden steigenden Einkommens mit einem deutlichen

Anstieg des Konsums von Haushaltsgütern zu rechnen. Unter der Annahme, dass sich die Pro-Kopf-Ausstattung mit Haushaltswaren mit steigendem Einkommen der Ausstattung in Deutschland im Jahr 2020 annähert, ergibt sich für 2050 ein Schätzwert für die globale Ausstattung mit Haushaltsgütern in Höhe von 0,5 Kühlschränken, 0,4 Waschmaschinen, 0,3 Kochstellen, 0,3 Kaffeemaschinen und 0,2 Spülmaschinen (im Median). Dies entspricht nahezu einer Verdopplung im Vergleich zu 2020.

- ▶ IKT-Geräte: Die Konsumtrends sind je nach IKT-Produkt heterogen. Manche Güter wie TV-Geräte oder Handys haben sich schnell und eher unabhängig vom Einkommen verbreitet, andere Güter wie Computer hingegen finden sich überproportional in reichen Ländern. Aufbauend auf der Betrachtung der Verbreitungsdynamiken wurden für 2050 Schätzwerte für die mediane globale Ausstattung mit IKT in Höhe von 2,4 mobilen Geräten, 0,5 Computern, 0,4 TV-Geräten, 0,2 Wifi-Routern und 0,1 Druckern bestimmt.
- ▶ Strom: Die Nachfrage nach Strom wird stark ansteigen, weil sich verschiedene Trends überlagern. So ist von einer weiteren Steigerung der Netzanbindungen auszugehen, so dass mehr Menschen Strom nachfragen. Ferner ist von einem weiterhin steigenden Verbrauch aufgrund der weiteren Verbreitung der klassischen elektronischen Güter wie Haushaltsgroßgeräte oder IKT-Güter (wie zuvor beschrieben) auszugehen. Zudem steigt die Nachfrage, weil Güter, die gegenwärtig noch mit fossilen Rohstoffen betrieben, zukünftig mit Strom betrieben werden (Heizung, Autos), um Treibhausgasemissionen einzusparen. Der gegenläufige Trend, Produkte effizienter zu machen bzw. Stromverluste zu mindern, wird den Anstieg der Stromnachfrage mindern, jedoch nicht umkehren. Szenarien gehen von einer globalen Nachfrage im Jahr 2050 zwischen 55 und über 70 Tausend TWh aus (2020: 27 Tsd. TWh).
- ▶ Haustiere: Auch die Nachfrage nach Haustieren wird voraussichtlich steigen. Aufgrund der mangelhaften Datenlage ist die Quantifizierung der zukünftigen Nachfrage weniger belastbar als bei den anderen repräsentativen Gütern. Wird ein ähnliches Verhältnis zwischen Haustieren und Bevölkerung auch in der Zukunft unterstellt, so steigt die Anzahl der Haustiere um 12,5 % und maximal 30 % auf 0,95 bzw. 1,09 Mrd. Hunde und Katzen im Jahr 2050.

4.5.2 Die globale Nachfragedynamik vor dem Hintergrund nachhaltiger Konsummuster

Im Kapitel 3 wurden anschlussfähige, nachhaltige Konsummuster identifiziert. Ausgangspunkt war der Durchschnittskonsum, der aus dem Szenario GreenSupreme abgeleitet wurde (siehe Kapitel 3.6). Die Variationen der Nachfrage nach Konsumgütern zeigten, dass Spielraum besteht, einzelne repräsentative Konsumgüter verstärkt nachzufragen, ohne die aktuell bestehenden planetaren Grenzen zu überschreiten. Allerdings ist es nicht innerhalb der planetaren Grenzen möglich, alle repräsentativen Güter überdurchschnittlich nachzufragen. Herausforderungen bestanden bei der Ernährung und den Flügen. Keine der Diäten, die Willett et al. (2019) untersucht haben, bleibt innerhalb aller Grenzwerte. Selbst eine vegane Ernährung, kombiniert mit technologischen Verbesserungen und der Halbierung der Lebensmittelabfälle, überschreitet die Grenzen der biogeochemischen Flüsse. Die Flüge überschreiten aufgrund der sonstigen

Effekte, die auch nach einer Umstellung auf synthetische Kraftstoffe fortbestehen, die Grenze Klimawandel bereits bei sehr kurzen Strecken.

In der folgenden tabellarischen Übersicht (Tabelle 63) wird einerseits der Durchschnittswert des nachhaltigen Konsums innerhalb der planetaren Grenzen, abgeleitet aus GreenSupreme, und andererseits der mittlere Durchschnittswert, basierend auf dem SSP2, sowie der maximale Wert, basierend auf dem SSP5, verglichen. Es zeigt sich, dass die durchschnittlichen zukünftigen Verbräuche der meisten repräsentativen Güter pro Person im Jahr 2050 *geringer* sein werden als die durchschnittlichen Verbräuche in GreenSupreme. Viele Entwicklungs- und Schwellenländer werden, basierend auf den SSP-Szenarien, das Einkommensniveau, das in GreenSupreme beschrieben ist, nicht erreichen. Entsprechend wird das Nachfrageniveau, das in GreenSupreme für Deutschland beschrieben ist, in Entwicklungs- und Schwellenländern nicht erreicht werden.

Eine Ausnahme sind die Flüge. Die zukünftige Nachfrage in den mittleren Szenarien wird das nachhaltige Niveau um ein Vielfaches überschreiten. Auch das nachhaltige Niveau der Mobilität mit Pkw wird im Szenario SSP5 überschritten.

Tabelle 63: Vergleich der durchschnittlichen, nachhaltigen Konsummengen in GreenSupreme und der Konsummengen, abgeleitet aus aktuellen Trends

	Nachhaltiges Konsumniveau	Konsummuster Trend Mittel (SSP2)	Konsummuster Trend Maximum (SSP 5)
Bevölkerung global	9,69 Mrd.	9,16 Mrd.	8,56 Mrd.
Einkommen / Person	32,5 Tsd. \$	25,2 Tsd. \$	42,3 Tsd. \$
Milch (Milchäquivalente, einschl. Milchprodukte)	239 kg/Person	137 kg/Person	225 kg / Person
Auto	6.700 Pkm / Person	Rd. 6.000 Pkm / Person	Rd. 9.500 Pkm / Person
ÖPV	3.300 Pkm / Person	Rd. 1.100 Pkm/ Person	Rd. 1.800 Pkm / Person
Flug	Rd. 250 Pkm / Person	Rd. 2.400 Pkm / Person	Rd. 3.700 Pkm / Person
Baumwolle	7 kg/ Person	Voraussichtlich eher konstant bei rd. 3,2 kg /Person	
Wohnfläche	41 m ² / Person	28 m ² / Person	46 m ² / Person
Haushaltsausstattung	Dt. Durchschnitt	weniger	
IKT-Geräte	Dt. Durchschnitt	weniger	
Strom	1.714 kWh /Pers	1.224 kWh/ Person*	[Rd. 1.600 kWh/Person**]
Haustiere	Rd. 0,5 Tiere / Pers	Rd. 0,1 Tiere / Person	Rd. 0,1 Tiere / Person

Quelle: eigene Zusammenstellung auf Basis diverser Quellen; Bevölkerung und Einkommen – nachhaltiges Konsumniveau nach Dittrich et al. (2024a); * nach Teske et al. (2019) ist in Nicht-OECD-Ländern sowohl der Strombedarf der Haushalte als auch sonstige Sektoren, wie GDH (ohne Industrie), Mobilität etc. enthalten (siehe Kapitel 4.4.10.5); ** nach IEA (2021a) ist Strom im Gebäudesektor enthalten, allerdings ist nicht der gesamte Endenergieverbrauch von Haushalten abgedeckt (daher nur eingeschränkt vergleichbar).

4.5.3 Konsummuster und planetare Grenzen

Wird die errechnete Nachfrage nach den repräsentativen Gütern im Jahr 2050 vor dem Hintergrund des Konzepts der Planetaren Grenzen bewertet, so zeigt sich vor allem die Relevanz einer ambitionierten technischen Transformation. In der folgenden tabellarischen Übersicht (Tabelle 64) werden die Umweltwirkungen, die im Rahmen der planetaren Grenze relevant sind,

- c) der mittleren Nachfrage (SSP2) mit den Faktoren, die sich auf der Basis der Transformation in GreenSupreme ergeben, und
- d) der hohen Nachfrage (SSP5) mit den aktuellen Faktoren, d.h. ohne Transformation zusammengefasst.

Beide Rechnungen sind nur eingeschränkt „richtig“, weil das SSP2 nicht so ambitioniert ist wie GreenSupreme und weil das SSP5 durchaus auch transformative Elemente enthält. Die Hochrechnungen zeigen jedoch eine Spannweite der Umweltwirkungen auf, die im Rahmen des Konzepts der Planetaren Grenzen relevant und mit den repräsentativen Gütern verbunden sind.

Tabelle 64: Umweltwirkungen, niedrige (SSP2) und hohe Abschätzung (SSP5)

	Klimawandel (CO ₂ - Emissionen) [Gt] SSP2/SSP5	Waldverlust [km ²] SSP2/SSP5	Süßwasser [Mrd. m ³ /a] SSP2/SSP5	P-Flüsse [t/a] SSP2/SSP5	N-Flüsse [Mio. t / a] SSP2/SSP5
Milch	0,02 / 1,02	3.626 / 5.730	142,0 / 219,5	175,4 / 194,7	5,7 / 9,8
Auto	0,08 / 24,56	133,8 / 6.419	27,2 / 87,3	1.470 / 916,9	1,58 / 13,8
ÖPV (nur Bahn)	0,01 / 1,03	4,4 / 83,9	1,2 / 6,0	35,4 / 112,1	0,75 / 1,7
Flug	0,01 / 3,3	9,5 / 1.045	3,9 / 6,7	83,6 / 45,0	4,0 / 0,01
Flug (CO ₂ -Äq. inkl. andere Effekte)	4,2 / 9,8	-	-	-	-
Baumwolle	0,01 / 0,19	4,9 / 29,1	310,5 / 293,8	37,05 / 28,3	0,93 / 1,03
Wohnfläche	0,29 / 3,5	180 / 468,9	24,7 / 42,5	452,2 / 500,5	1,25 / 4,3
Haushalts- ausstattung	0,00 / 0,21	15,4 / 37,9	0,88 / 2,4	22,6 / 24,4	0,06 / 0,23
IKT-Geräte	0,01 / 1,2	13,8 / 126,9	15,9 / 28,2	1.536 / 1.988	0,45 / 1,9
Strom*	0,1 / -	1.103 / -	39 / -	13.200 / -	2,3 / -
Haustiere	0,01 / 0,4	81,2 / 107,9	10,1 / 11,0	85,4 / 103,3	0,46 / 0,69
Summe rd.	4,7 / 41,8⁺	5.172 / 14.048⁺	575 / 697⁺	17.098 / 3.913⁺	17,5 / 33,5⁺
<i>Zum Vergleich: planetare Grenze</i>	<i>1,2–1,5 Gt (jährlich)</i>	<i>5.130.000 km² (Budget ab 2020)</i>	<i>4.000 Mrd. m³ (jährliches Budget, aktuell)</i>	<i>6.200.000 t (jährliches Budget, aktuell)</i>	<i>62 Mio. t (jährliches Budget, aktuell)</i>

Quelle: eigene Berechnungen auf Basis diverser Quellen; *nach Teske; ⁺ohne Strom

Es bestätigt sich dabei, dass der Konsum der repräsentativen Güter innerhalb der planetaren Grenzen, wie sie aktuell im Konzept der Planetaren Grenzen definiert werden, weniger problematisch ist, wenn eine ambitionierte Transformation der Produktionstechnologien, wie in GreenSupreme beschrieben, gelingt. Die einzige Ausnahme sind die Phosphorflüsse, die sich durch den Umstieg auf PtX-Technologien erhöhen und über die Energiebedarfe auf viele Güter auswirken.

Trotz der Annahme großer Verbesserungen im Hinblick auf die Einhaltung planetarer Grenzen bleibt die Ernährung, die von Willett et al. (2019) übernommen wurde, problematisch. Keines der Ernährungsmuster bleibt innerhalb der planetaren Grenzen für Stickstoff und Phosphor. Sehr problematisch bleiben ferner Flüge aufgrund der Nicht-CO₂-Effekte auf das Klima, die auch bei einer Umstellung auf synthetische Kraftstoffe fortbestehen.

In Bezug auf einige Güter wird trotz ambitionierter Transformation die globale Umweltwirkung deutlich steigen. Beispielsweise wird in Bezug auf den Wohnraumbedarf eine Reduktion der Umweltwirkung pro Wohnfläche durch einen deutlichen Anstieg des absoluten Bedarfs überkompensiert. Auch in Bezug auf den globalen Milchkonsum kann die Transformation die deutlich steigenden Umweltwirkungen nur geringfügig mindern.

Insgesamt zeigt sich, dass – relativ zu den abgeleiteten planetaren Grenzen – mit Ausnahme der Dimension Klimawandel, alle Grenzen eingehalten werden könnten, wenn Ernährung außen vor gelassen wird. Die für den Klimawandel definierte Grenze, die sich aus dem deutschen Durchschnitt – der GreenSupreme-Bürger*innen – ableitet (siehe Kapitel 3.3.1), lässt nur wenig Handlungsspielraum zu. Ohne eine technische Transformation würde bei Zunahme der Konsumgüter die planetare Grenze Klimawandel durch allein ein bzw. wenige Konsumgüter in den Konsumfeldern Mobilität und Wohnen überschritten werden. Selbst in einer Welt, die eine ambitionierte technische Transformation vollzogen hat, in der Energie nicht mehr durch die Verbrennung von fossilen Rohstoffen nutzbar gemacht wird, sondern mittels erneuerbarer Energiequellen, bleiben neben der Ernährung (Willett et al. 2019) die Mobilität und das Wohnen weiterhin die umweltwirksamsten Konsumfelder. Dies gilt insbesondere, wenn die Nicht-CO₂-Effekte von Flügen einbezogen werden. Flüge sind mit Abstand für die meisten Treibhausgase verantwortlich und fast nicht mehr innerhalb der planetaren Grenzen möglich.

Bei Betrachtung des Waldverlusts durch den Konsum der repräsentativen Güter müssen einige Annahmen und Unsicherheiten mitberücksichtigt werden. Wird von einer jährlichen Inanspruchnahme von 14.048 km² (ohne Transformation) ausgegangen, so läge die kumulierte Inanspruchnahme im Jahr 2050 bei 421.440 km² (rund 12 % des gegenwärtigen, verbleibenden Budgets). Allerdings sei darauf verwiesen, dass die zehn ausgewählten repräsentativen Güter nicht alle Güter ausreichend gut abdecken (siehe Kapitel 3.1.2). So fehlen beispielsweise Güter, die vorwiegend aus Holz bestehen, wie beispielsweise Möbel, Pappe, Papier und Papierprodukte. Diese hätten gerade auf die Umwandlung von Waldflächen eine größere Auswirkung. Die Grenzen für die Treibhausgasemissionen und für die Waldflächen könnten deshalb gut begründet auch enger gezogen werden als unsere Grenzen in diesem Projekt. Angesichts der Auswirkungen des Klimawandels auf die gegenwärtigen Wälder könnte auch strikter argumentiert werden, z. B., dass gar keine Waldfläche netto umgewandelt werden darf. Wald würde somit als Kohlenstoffsенke geschützt, aber nicht mehr als Substitut für andere (treibhausgasintensivere) Rohstoffe (z. B. für den Bau) nutzbar sein.

Weiters fehlen im Spektrum der ausgewählten repräsentativen Güter etwa Dienstleistungen wie die Wasseraufbereitung oder Schwimmbäder, die bei der Inanspruchnahme des Süßwassers Auswirkungen haben. Auch mit Blick auf die biogeochemischen Flüsse sind Annahmen bzw.

Unsicherheiten zu berücksichtigen. Sowohl in Bezug auf die Phosphor- als auch die Stickstoffflüsse muss mit durchaus größeren Gesamtumweltwirkungen gerechnet werden, da die Grenzen für die Ernährung sehr eng gesetzt werden, so wie sie von Willett et al. (2019) übernommen wurde. Die Ernährung wurde in Tabelle 64 nicht aufgenommen, da im Projekt die Ergebnisse der EAT-Lancet Studie genutzt wurden und die Milch ergänzend betrachtet wurde. Allerdings soll an dieser Stelle noch einmal darauf verwiesen werden, dass alle Diätformen nach Willett et al. (2019) – und damit allein das Konsumfeld Ernährung – zu einer Überschreitung der planetaren Grenzen von Stickstoff und Phosphor führt. Die Ergebnisse für die Phosphorflüsse zeigen auch hier deutlich, dass durch ein Ausbleiben der technischen Transformation über die Hälfte des jährlichen Budgets durch die zehn repräsentativen Güter in Anspruch genommen würde.

4.5.4 Fazit

In diesem Bericht wurden die Nachfragetrends für die zehn repräsentativen Güter Milch, Pkw, ÖPV, Flug, Wohnfläche, Haushaltsgüter, IKT-Güter, Strom, Baumwolle und Haustiere zwischen 1990 und 2020 beschrieben. Es zeigten sich regionale Unterschiede bei der Nachfrage nach diesen Gütern. Gleichzeitig wurde deutlich, dass die steigende Nachfrage stark durch ein steigendes Einkommen getrieben wird. Bei einigen Gütern sind aber auch die Bevölkerungsanzahl oder andere Faktoren ebenfalls relevant (z. B. sinkende Haushaltsgrößen oder Sättigungseffekte ab einem bestimmten Konsumniveau).

Die Nachfragetrends wurden anhand der SSP-Szenarien unter Berücksichtigung von Einkommens- und Bevölkerungswachstum fortgeschrieben und die Ergebnisse wurden mit Szenarien oder Prognosen aus der Literatur verglichen. Die zukünftigen Zuwächse der Nachfrage nach den repräsentativen Gütern sind beachtlich und liegen, je nach Gut, zwischen einem Anstieg um 50 % und einer Vervierfachung der aktuell nachgefragten Gütermengen.

Werden die Umweltwirkungen, die im Konzept der Planetaren Grenzen relevant sind, für die nachgefragten Gütermengen berechnet, so zeigt sich die Relevanz der technischen Änderungen zu einer treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Produktionsweise. Diese Transformation ist Voraussetzung für einen nachhaltigen Konsum innerhalb der planetaren Grenzen. Mit einer ambitionierten technischen Transformation sind die meisten auf das Konzept der Planetaren Grenzen bezogenen Umweltwirkungen trotz steigender Mengennachfrage niedriger als ohne Transformation. Die steigenden Nachfragemengen und die mit ihnen verbundenen Ressourceninanspruchnahmen bzw. Umweltwirkungen sind weniger „bedrohlich“ für die Stabilität der Erdsysteme, wenn die Transformation zu einer postfossilen Wirtschaftsweise weltweit gelingt. Aus dem Kapitel kann geschlussfolgert werden, dass es sowohl eine sehr ambitionierte technische Transformation zu einer defossilisierten Welt bzw. einem THG-neutralen Energiesystem als auch einen ausgewogenen Umgang mit hoch umweltrelevanten Konsumfeldern (Mobilität, Wohnen und Ernährung) von Nöten sind. Gleichwohl müssen diese Schlussfolgerungen vor dem Hintergrund betrachtet werden, dass nicht mitberücksichtigte oder nicht absehbare Umwelt-, Produktions- und Konsum-Veränderungen (z. B. die (Aus)-Wirkungen des Klimawandels, veränderte Ressourcenbedarfe durch Transformation der Produktion, Reboundeffekte) unbekannte Größen im betrachteten System darstellen, so dass die Schlussfolgerungen des Projektes immer unter diesen Vorbehalten zu lesen sind.

5 Zusammenfassung und Fazit zum Projekt

Ziel des Forschungsprojekts war es, ausgehend vom Konzept der Planetaren Grenzen zukünftige nachhaltige Konsummuster innerhalb der planetaren Grenzen zu identifizieren. Ist ein nachhaltiger Konsum innerhalb planetarer Grenzen möglich? Und wie eng ist der Korridor, in dessen Rahmen sich die Konsummuster bewegen müssen? Um den Handlungsspielraum zu erhöhen, wurde von einer ambitionierten technischen Transformation ausgegangen.

Die planetaren Grenzen wurden mit Hilfe des Gleichheitsprinzips auf jährliche Pro-Kopf-Budgets heruntergebrochen. Die Konsummuster werden durch repräsentative Güter abgebildet, deren Umweltwirkungen auf Grundlage der ecoinvent-Ökobilanzdatenbank ermittelt wurden. Dabei wurden die Umweltwirkungen sowohl basierend auf der heutigen überwiegend fossilen Technologie als auch für eine zukünftige treibhausgasneutrale Welt abgeschätzt. Als Szenario für die Annahmen zur zukünftigen Technologie wurde das GreenSupreme-Szenario aus dem Forschungsprojekt REFINE verwendet. Im Anschluss wurden die als nachhaltig eingeschätzten Konsumniveaus der zu erwartenden Wachstumsdynamik insbesondere in Schwellenländern gegenübergestellt.

Die Konsumfelder Ernährung, Mobilität und Wohnen ziehen gegenwärtig die größten Umweltwirkungen nach sich. Durch den heutigen privaten Konsum der repräsentativen Güter in Deutschland werden die planetaren Grenzen für den Klimawandel (sowohl CO₂ also auch CH₄/N₂O) sowie das jährliche Phosphor- und Stickstoffbudget bereits deutlich überschritten; die anderen im Projekt betrachteten Grenzen werden durch die repräsentativen Güter allein noch nicht überschritten.

Die entwickelten zukünftigen anschlussfähigen Konsummuster decken ein Spektrum unterschiedlicher Konsumausprägungen für die repräsentativen Konsumgüter ab. Zunächst wurde ein durchschnittliches Konsummuster für 2050 auf Basis des heutigen durchschnittlichen Konsums und Annahmen des GreenSupreme-Szenarios entwickelt. Basierend darauf wurden Narrative für sechs verschiedene Haushalte mit unterschiedlichen Konsumausprägungen entwickelt.

Auch in einer zukünftigen, defossilisierten Welt stellen Ernährung, Mobilität und Wohnen die relevantesten Konsumfelder in Bezug auf die Einhaltung der planetaren Grenzen dar. In der Mobilität wird auch in Zukunft Antriebsenergie für Auto, ÖPV und Flugzeug gebraucht. Bei der Produktion der Fahrzeuge und in der Erzeugungskette der Antriebsenergie entstehen relevante Mengen von CO₂-Emissionen, Waldfläche wird zudem umgewandelt und Stickstoff freigesetzt. Flüge sind auch in den zukünftigen Konsummustern kaum vertretbar, wenn die Nicht-CO₂-Effekte berücksichtigt werden. Das Fliegen ist mit Abstand für die meisten Treibhausgase verantwortlich und kaum innerhalb der planetaren Grenzen möglich. Für wenige Konsummuster konnte gezeigt werden, dass eine Person über viele Jahre Treibhausgasemissionen „aufsparen“ und andere Konsumposten reduzieren muss, um weiterhin das Flugzeug innerhalb der planetaren Grenzen nutzen zu können.

Auch bei der Produktion von Baustoffen, die im Konsumfeld Wohnen in die Wohnfläche eingehen, werden weiterhin relevante Mengen CO₂-Emissionen sowie Stickstoff freigesetzt, Waldfläche umgewandelt und zudem Süßwasser verbraucht.

Für die Ernährung wurden die Annahmen der EAT-Lancet-Studie von Willett et al. (2019) übernommen. Keiner der Ernährungsformen gelingt es, die Grenzen für Phosphor und Stickstoff einzuhalten. Die Ernährung ist für einen Großteil der Stickstoff- und Phosphorflüsse, der Methan- und Lachgasemissionen sowie für einen hohen Süßwasserverbrauch verantwortlich.

Das Konsumfeld Bekleidung ist nur bezogen auf die Dimension Süßwasser relevant, sofern Baumwollfasern genutzt werden. IKT- oder Haushaltsgeräte ebenso wie die genutzte Strommenge fallen hinsichtlich der Einhaltung der planetaren Grenzen kaum ins Gewicht. Nur die Haustiere haben einen etwas größeren Effekt auf die Dimensionen Stickstoff und Süßwasser.

Das heißt, auch in einer Welt, in der Energie nicht mehr durch die Verbrennung von fossilen Rohstoffen nutzbar gemacht wird, sondern mittels erneuerbarer Energiequellen, bleiben Ernährung, Mobilität und Wohnen weiterhin die umweltwirksamsten Konsumfelder. Wenn in einem der drei zentralen Konsumfelder deutlich über dem Durchschnitt konsumiert wird, muss zwangsläufig auch eines oder die beiden anderen zentralen Konsumfelder eingeschränkt werden. Eine ambitionierte Transformation mit einer vollständigen Umstellung auf erneuerbare Energien ist die Voraussetzung dafür, dass es überhaupt Konsummuster ähnlich der gegenwärtigen Konsummuster gibt, die die Grenze für die CO₂-Emissionen einhalten.

Eine wichtige Einschränkung bei der Interpretation der Ergebnisse liegt darin, dass die repräsentativen Güter nur einen Teil des privaten Konsums abdecken. Für die CO₂-Emissionen konnte dieser Anteil sowohl für heute als auch für 2050 abgeschätzt werden und eine Restgröße ermittelt werden. Für die anderen Umweltwirkungen war dies mangels fehlender Daten nicht möglich.

Im Rahmen des Projektes wurden ferner weltweite Nachfragetrends und -dynamiken sowie zukünftige Mengen der repräsentativen Güter und die von ihnen ausgehenden Umweltwirkungen abgeschätzt. Die Darstellung der Umweltwirkungen bezog sich dabei auf eine hohe und damit pessimistischere Entwicklung ohne (weitgehende) Transformation (SSP5) und eine mittlere, optimistische Entwicklung mit Transformation (SSP2).

Es zeigt sich, dass in den vergangenen 30 Jahren die Nachfrage nach allen untersuchten repräsentativen Gütern gestiegen ist. Insbesondere der Anstieg der Bevölkerung sowie das Einkommen pro Person beeinflussen die Nachfrage nach vielen der ausgewählten Güter.

Die globale Produktion von Milch verzeichnet seit 1990 ein starkes und stetiges Wachstum. Mit zunehmendem Einkommen treten allerdings Sättigungseffekte auf. Im Konsumfeld Mobilität zeigen sich sehr dynamische Entwicklungen. Die Anzahl der genutzten Pkws hat global stark zugenommen. Der Grad der Motorisierung ist vor allem in einkommensstarken Ländern sehr hoch. In Schwellen- und Entwicklungsländern nimmt der Grad der Motorisierung ebenfalls zu, teilweise ist die Schere zu einkommensstarken Ländern jedoch sehr groß. Der ÖPV spielt weltweit eine wichtige Rolle, wenngleich sich die spezifischen Verkehrsträger im regionalen Vergleich stark unterscheiden. In den letzten Jahren wurden in einigen Schwellenländern verstärkt Investitionen in den Ausbau des Schienennetzes getätigt und der Ausbau von Hochgeschwindigkeitsstrecken vorangebracht. Seit den 1990er Jahren stieg die Anzahl der beförderten Passagiere per Flugzeug weltweit bis zum Jahr 2019 um das Vierfache, während die Verkehrsleistung um das 4,5-fache im selben Zeitraum anstieg. Allerdings nimmt nach wie vor nur ein Bruchteil der Weltbevölkerung am internationalen Flugverkehr teil.

Im Konsumfeld Wohnen ist ein Anstieg der Pro-Kopf-Wohnfläche zu verzeichnen – seit den 1990er Jahren hat sich die absolute globale Wohnfläche verdoppelt. Eine abnehmende Haushaltsgröße und der Bau immer größer werdender Häuser sind dabei die wesentlichen Treiber für diesen Trend. In Bezug auf die Haushaltsausstattung gehört der Besitz eines Kühlschranks in Haushalten mit oberen mittleren oder hohen Einkommen zum Standard, auch der Besitz einer Waschmaschine nimmt mit steigendem Einkommen stetig zu. Während sich in den Ländern mit hohen Ausstattungsgraden Sättigungstendenzen abbilden, liegt in einigen Ländern, insbesondere auf dem afrikanischen Kontinent, die Ausstattung mit Haushaltgeräten

weiterhin deutlich unter dem weltweiten Durchschnitt. Die Betrachtung der historischen Entwicklung der Verbreitung von IKT-Technologien verdeutlicht die hohe globale Bedeutung dieser Technologien. Bereits 2015 hatte rein rechnerisch jeder Mensch auf der Erde mindestens ein mobiles Gerät. Ferner ist weltweit die Erzeugungsmenge von Strom stark angestiegen – zwischen 1990 bis 2020 hat sie sich verdoppelt. Bei der Erzeugung von Strom dominierten in den vergangenen 30 Jahren fossile Energieträger in (Heiz-)Kraftwerken – viele Regionen sind nach wie vor von fossilen Energieträgern abhängig. Noch im Jahr 2020 hatten rund 9 % aller Menschen weltweit keinen Zugang zu Elektrizität.

In diesem Forschungsprojekt wurde darüber hinaus eine Trendfortschreibung bzgl. des Güterwachstums unter Berücksichtigung des sich verlangsamen Bevölkerungswachstums und des steigenden Einkommens unternommen. Hierzu wurde auf die Szenarien der Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) zurückgegriffen. Die Ergebnisse wurden, soweit möglich, mit existierenden Szenarien zur Nachfrageentwicklung der repräsentativen Güter verglichen. Über alle repräsentativen Güter zeigt sich, dass die Nachfrage bis 2050 stark ansteigen wird. Bis zum Jahr 2050 ist mit einem starken Anstieg der Verkehrsleistung der Flüge zu rechnen; aufgrund des anzunehmenden steigenden Einkommens auch mit einer Verdopplung des Konsums von Haushaltsgütern. Die Nachfrage nach Strom wird ebenso stark ansteigen, da sich verschiedene Trends überlagern.

Im Vergleich zu den ermittelten Durchschnittswerten für einen nachhaltigen Konsum 2050 (aus dem GreenSupreme-Szenario) zeigt sich, dass die über die SSPs berechneten zukünftigen durchschnittlichen Verbräuche der meisten repräsentativen Güter pro Person im Jahr 2050 *geringer* sein werden und dabei im Schnitt innerhalb der planetaren Grenzen liegen könnten. Auch hier gilt die Einschränkung für das Konsumfeld Ernährung. Zudem muss berücksichtigt werden, dass die Werte nur einen Durchschnitt abbilden. Für viele Länder, insbesondere für Industrieländer, ist davon auszugehen, dass der Durchschnitt oberhalb der als nachhaltig angenommenen Werte aus GreenSupreme liegen wird. Hier wird deutlich, dass trotz des zu erwartenden Wachstums in Entwicklungsländern das Konsumniveau der Industrieländer im Durchschnitt (noch) nicht erreicht wird.

Eine Ausnahme sind die Flüge. Die zukünftige Nachfrage in den mittleren Szenarien wird das nachhaltige Niveau um ein Vielfaches überschreiten. Auch das nachhaltige Niveau der Mobilität mit Pkw wird im Szenario SSP5 überschritten. Der Anstieg des globalen Güterwohlstandes zieht Umweltwirkungen nach sich, die im Rahmen der planetaren Grenzen relevant sind.

Dabei wird die Relevanz einer ambitionierten Transformation verdeutlicht, wie sie das GreenSupreme-Szenario beschreibt. Selbst in einer Welt, die eine ambitionierte technische Transformation vollzogen hat, in der Energie nicht mehr durch die Verbrennung von fossilen Rohstoffen nutzbar gemacht wird, sondern mittels erneuerbarer Energiequellen, sind Ernährung, Mobilität und Wohnen weiterhin die umweltwirksamsten Konsumfelder. Dies gilt insbesondere, wenn die Nicht-CO₂-Effekte von Flügen einbezogen werden. Flüge sind mit Abstand für die meisten Treibhausgase verantwortlich und innerhalb der planetaren Grenzen fast nicht möglich.

Insgesamt zeigt sich, dass – relativ zu den abgeleiteten planetaren Grenzen – mit Ausnahme der Dimension Klimawandel, alle Grenzen eingehalten werden könnten, wenn die Ernährung nicht berücksichtigt wird. Die für den Klimawandel definierte Grenze, die sich aus dem deutschen Durchschnitt ableitet, lässt nur wenig Handlungsspielraum zu. Ohne eine technische Transformation würde bei Zunahme der Konsumgüter die planetare Grenze Klimawandel durch

allein ein bzw. wenige Konsumgüter in den Konsumfeldern Mobilität und Wohnen überschritten werden.

Aus den globalen Fortschreibungen der repräsentativen Konsumgüter für das Jahr 2050 und die Quantifizierung der Umweltwirkungen in vier Dimensionen des Konzeptes der planetaren Grenzen, lassen sich Kernbotschaften ableiten, auch wenn diese unter den bereits genannten Vorbehalten zu lesen sind:

- ▶ Global anschlussfähige Konsumniveaus innerhalb der planetaren Grenzen setzen sowohl eine sehr ambitionierte technische Transformation zu einer treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Welt voraus als auch einen ausgewogenen Umgang mit den umweltrelevanten Konsumfeldern Mobilität und Wohnen. Die Grenzen für Stickstoff- und Phosphorflüsse werden durch den Konsumbereich Ernährung überschritten.
- ▶ Ein gutes Leben, das beinahe innerhalb der planetaren Grenzen bleibt, ist möglich, wenn auch mit Anpassungen in den individuellen Konsumgewohnheiten bzw. Lebensstilen. So ernähren sich die Menschen beispielsweise fleischreduzierter und gesünder, reduzieren Lebensmittelabfälle, wohnen auf kleinerem Raum und nutzen stärker Rad, ÖPV bzw. Sharing-Angebote für ihre Wege. Zudem fragen sie verstärkt nachhaltige, langlebige und reparierbare Produkte nach.
- ▶ Wie das GreenSupreme-Szenario beschreibt, müssen Potenziale einer effizienteren Nutzung von Energie weitgehend gehoben und der Ausbau der erneuerbaren Energien zügig voranschreiten. Änderungen der Technologien hin zu einer treibhausgasneutralen und ressourcensparsamen Wirtschaft müssen nicht nur in Deutschland, sondern weltweit stattfinden.

Nicht betrachtete und nicht absehbare unbekannte Größen, Unsicherheiten und Einschränkungen müssen bei den Ergebnissen berücksichtigt werden. Im Folgenden werden einige Unsicherheiten und Einschränkungen genannt:

- ▶ Die Annahme, dass die konkreten planetaren Grenzen zukünftig konstant bleiben, ist nicht zwingend gegeben. Im Rahmen des Projektes konnten keine zukünftigen planetaren Grenzen definiert werden.
- ▶ Die Grenzen für die Treibhausgasemissionen und für die Waldflächen könnten gut begründet auch enger gezogen werden als unsere Grenzen in diesem Projekt. Würde Wald als Kohlenstoffspeicher genutzt werden, stünde er nicht mehr als Substitut für andere (treibhausgasintensivere) Rohstoffe zur Verfügung. Ähnlich könnte bezüglich der Treibhausgasemissionen argumentiert werden, dass im Jahr 2050 weniger bzw. keine CO₂-Emissionen mehr zulässig werden, da das CO₂-Budget bis 2050 aufgebraucht wurde.
- ▶ Im Projekt konnten (noch) nicht alle Dimensionen des Konzeptes der Planetaren Grenzen berücksichtigt werden. Möglicherweise werden durch die Aufnahme weiterer Dimensionen die möglichen nachhaltigen Lebensstile weiter eingengt.

- ▶ Die Umweltwirkungen der sonstigen Güter, die nicht durch die repräsentativen Güter abgedeckt werden (Sockelbeitrag), konnten nur bezogen auf die Treibhausgasemissionen berechnet werden, nicht jedoch für die anderen Umweltwirkungen.
- ▶ Weitere Umweltwirkungskategorien für die repräsentativen Güter und Konsummuster wurden zusätzlich ausgewertet. Allerdings werden in den Ökobilanzen nur wenige explizite Umstellungen angenommen, die prozessbedingt zu Veränderungen der Versauerungspotenziale bzw. Feinstaubemissionen führen. Die Änderungen sind überwiegend energiebedingt. Außerdem sind Werte, anhand derer die Ergebnisse plausibilisiert werden könnten, rar.
- ▶ (Aus-)Wirkungen des Klimawandels sowie notwendige Anpassungen und damit einhergehende Veränderungen der Ressourcenbedarfe (etwa durch eine Transformation der Produktion) stellen Unsicherheiten dar.
- ▶ Dimensionen, die durch das Konzept der Planetaren Grenzen nicht unmittelbar thematisiert wurden, wie beispielsweise die Rohstoffinanspruchnahme, wurden nicht explizit untersucht. Auch lokale Grenzen konnten im Forschungsvorhaben nicht thematisiert werden.
- ▶ Die planetaren Grenzen wurden mit Hilfe des Gleichheitsprinzips auf Pro-Kopf-Budgets heruntergebrochen. Aus der Perspektive der Umweltgerechtigkeit könnte auch eine andere Verteilung diskutiert werden, die beispielsweise die historische Verantwortung oder lokale Umweltbedingungen einbezieht.

Es bleibt Aufgabe aufbauender Forschungsarbeiten, das Konzept der Planetaren Grenzen als Instrument zur Identifikation nachhaltiger Lebensstile bzw. Konsummuster zu hinterfragen. Wird das Konzept seiner Aufgabe gerecht? Welche Aspekte sollten zusätzlich betrachtet werden, um Nachhaltigkeit ganzheitlich zu erfassen?

Ein weiterer Ansatzpunkt für zukünftige Forschung liegt in den durch die repräsentativen Güter nicht erfassten Konsumgütern und Investitionen. In diesem Projekt konnte nur für CO₂-Emissionen eine Restgröße ermittelt werden. Ein vollständigeres Bild könnte durch zusätzliche Top-Down-Berechnungen basierend auf mit Szenarien gestützten Input-Output-Modellierungen ermittelt werden.

Dennoch lassen die Ergebnisse dieses Berichts trotz der genannten Einschränkungen und Unsicherheiten zumindest einen gewissen Optimismus zu: Gelingt die technische Transformation, so wird es vermutlich zukünftig global verallgemeinerbare Konsummuster geben, die mit heutigen Konsummustern in Deutschland vergleichbar sind und ein gutes Leben innerhalb oder nahe der planetaren Grenzen ermöglichen.

A Anhang zu Kapitel 3: Betrachtung weiterer Umweltwirkungen

Neben den Grenzwerten aus dem Konzept der Planetaren Grenzen (KPG) werden nachfolgend zwölf weitere Ressourcen- bzw. Wirkungskategorien betrachtet. Die bereits vorgestellten nachhaltigen Konsummuster bzw. Personas werden entsprechend in Bezug zu den Ressourcen- bzw. Wirkungskategorien gesetzt, wodurch weitere relevante Umweltwirkungskategorien aufgezeigt werden können, die im Rahmen des Projektes nicht betrachtet wurden.

Die weiteren Ressourcen- bzw. Wirkungskategorien sind der kumulierte Rohstoffaufwand, der kumulierte Energieaufwand, Naturraumbeanspruchung / Landnutzung mit und ohne Gewichtung nach Naturnähe (Hemerobie), das Treibhauspotenzial (Global warming potential, GWP), das Versauerungspotenzial, photochemisches Ozonbildungspotenzial, das Eutrophierungspotenzial (aquatische und terrestrisch), das Ozonabbaupotenzial und die Feinstaubfraktionen (PM₁₀ und PM_{2,5}).

Die Ressourcen- bzw. Wirkungskategorien werden zunächst beschrieben. Hierbei werden Referenz- bzw. Grenzwerte benannt, die zur Einordnung der Ergebnisse herangezogen werden. Darauf aufbauend werden die durchschnittlichen Faktoren für die repräsentativen Güter im Jahr 2050, basierend auf der Methodik, die in Kapitel 3.4 beschrieben ist, dokumentiert. Abschließend werden die anschlussfähigen Konsummuster, die im Kapitel 3.7.3 beschrieben wurden, hinsichtlich der 12 Ressourcen- bzw. Wirkungskategorien unter Berücksichtigung der Referenz- bzw. Grenzwerte ausgewertet.

A.1 Weitere betrachtete Ressourcen- bzw. Wirkungskategorien

Kumulierter Rohstoffaufwand

Der Rohstoffindikator beschreibt die Summe aller Rohstoffaufwendungen zur Bereitstellung eines Produktes (Herstellung und Transport inkl. Energierohstoffe) entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Ausgedrückt wird er in Gewichtseinheiten, gebräuchlich ist Tonne pro Tonne. Wasser und Luft werden dabei nicht mitberücksichtigt. (Giegrich et al. 2012; Kosmol et al. 2012)

Als Vergleichswert dient der Primärrohstoffkonsum (Raw Material Consumption, RMC). Dieser umfasst die Masse der Rohstoffe entlang der Wertschöpfungskette aller Waren und Dienstleistungen, die innerhalb eines Jahres in den Endkonsum fließen. 2019 lag der Primärrohstoffkonsum für Deutschland bei 1.328 Mio. Tonnen (UBA 2022c).

- Vergleichswert für Deutschland (2019): rd. 16 Tonnen / Person
- Vergleichswert globaler Durchschnitt (2019): 12,5 Tonnen / Person

Als Vergleichswert für die zukünftige Inanspruchnahme dient auch hier der Primärrohstoffkonsum. Aus dem GreenSupreme-Szenario geht der abiotische RMC 2050 mit 3,6 Tonnen pro Person im Projekt RESCUE hervor (Dittrich et al. 2020a). Dieser Wert wird im folgenden als Referenzwert verwendet. Es ist jedoch anzumerken, dass der Wert mit Unsicherheit behaftet und als sehr niedrig einzuschätzen ist. Aktuellere Rechnungen im Projekt REFINE (Dittrich et al. 2024a; b) kommen beispielsweise auf einen Wert von 5,4 Tonnen pro Person.

- Vergleichswert (2050): 3,6 Tonnen (abiotisch) / Person

Kumulierter Energieaufwand

Der kumulierte Energieaufwand umfasst die gesamte Primärenergie, die für Herstellung, Nutzung sowie Beseitigung eines Produkts notwendig ist. Neben energetischer Nutzung werden nichtenergetischer Verbrauch (z. B. Erdöl für die Herstellung von Kunststoffen) sowie stoffgebundener Energieinhalt berücksichtigt. (Giegrich et al. 2012; Kosmol et al. 2012; UBA 2022c)

Als Vergleichswert dient der gegenwärtige (2020) Primärenergieverbrauch Deutschlands, der bei rund 3.304 TWh liegt (AGEB 2022).

- Vergleichswert (2020): 39,73 MWh / Person

Im GreenSupreme-Szenario wurde nur der zukünftige Endenergiebedarf (nicht der Primärenergieverbrauch) im Szenariojahr 2050 ausgewiesen, dieser liegt bei 1.366 TWh (Dittrich et al. 2020a).

- Vergleichswert (2050): 19 MWh / Person

Naturraumbeanspruchung/ Flächenbelegung

Anders als bei der im Projekt genutzten Dimension Landnutzung, die nach Steffen et al. (2015) den Fokus auf den Erhalt der ursprünglichen Waldflächen setzt, wird hier die absolute, direkte Flächeninanspruchnahme bzw. -belegung betrachtet. Die Einheit der Flächennutzung ist bei diesem Ansatz Fläche×Nutzungsdauer. (Fehrenbach et al. 2015, 2021)

Als Vergleichswerte können verschiedene Ansätze dienen. In einem eng definierten Ansatz kann beispielsweise nur die Siedlungs- und Verkehrsfläche herangezogen werden, während eine weite Definition der Naturraumbeanspruchung von der Gesamtfläche abzüglich der Naturschutzgebiete ausgehen kann.

Für den nationalen Vergleichswert dient die derzeit genutzte Siedlungs- und Verkehrsfläche von 51.813 km² (Destatis 2021h) (eng definiert) und die Gesamtfläche Deutschlands (inkl. marine Flächenanteile) abzüglich der Naturschutzgebiete (BFN 2020) (weit definiert).

- Vergleichswert (2021): 623,05 m² / Person (National; eng definiert)
- Vergleichswert (2019): 3.982 m² / Person (National; weit definiert)

Für einen globalen Vergleichswert wurde die Siedlungsfläche des World Settlement Footprints aus Marconcini et al. (2020) für das Jahr 2015 herangezogen (eng definiert). Zusätzlich wurde die gesamte geschützte Fläche (terrestrisch und maritim) zur gesamten Erdoberfläche ins Verhältnis gesetzt (protectedplanet 2023) (weit definiert).

- Vergleichswert (2015): 174,15 m² / Person (Global; eng definiert)
- Vergleichswert (2023): 57.371 m² / Person (Global; weit definiert)

Im GreenSupreme-Szenario ist die Siedlungsneuinanspruchnahme rückläufig, allerdings steigt die Inanspruchnahme von Flächen für Wohn- und Nichtwohngebäude sowie für Verkehrs- und Erholungsflächen an. Insgesamt liegt die Siedlungs- und Verkehrsfläche im Jahr 2050 bei 52.488 km². (Dittrich et al. 2020a)

- Vergleichswert (2050): 729,99 m² / Person (eng definiert)

Ein zukünftiger Vergleichs- oder Referenzwert kann sich auch an dem Vorschlag orientieren, dass 30 % der Fläche (Land bzw. Wasser) unter Schutz gestellt werden soll (Bundesregierung 2021).

- Vergleichswert (Ziel; 2050): 3.481 m² / Person (weit definiert)

Hemerobie

Die Hemerobie leitet sich aus den beiden griechischen Wörtern hémeros (gezähmt, kultiviert) und bíos (leben) ab und kann Aussagen über das Maß der Kultivierung bzw. den Kultivierungsgrad von Ökosystemen und Landschaften treffen. Die Hemerobie beschreibt innerhalb der Wirkungskategorie „Naturraumbeanspruchung“ potenziell negative Umweltwirkungen mit Bezug zur Flächennutzung. Im Hemerobiekonzept wird die „Naturferne“ (bzw. das Naturfernepotenzial) einer Landnutzung bewertet, sobald auf der Fläche eine Form von Produktion stattfindet (z. B. forstlich genutzter Wald, Agrarland, Rohstoffabbauflächen) oder eine sonstige Beanspruchung innerhalb der Systemgrenzen erfolgt (z. B. Deponie, Siedlungen). Die Naturferne wird dabei gegenüber einer Fläche in natürlichem, von Menschen unbeeinflussten Zustand bewertet und je nach Nutzung in die Hemerobieklassen II (naturnah) bis VII (nicht natürlich, artifiziell) eingeordnet⁸⁷. (Fehrenbach et al. 2015, 2021)

Auf Ebene der Sachbilanzen wird die Flächenbelegung über alle Lebenswegabschnitte betrachtet (auch Flächenbelegungen durch etwaige Vorketten) und schließlich einer oder mehreren Hemerobieklassen zugewiesen. Die gewichteten Anteile werden mit den Charakterisierungsfaktoren nach Fehrenbach et al. (2015) verrechnet und damit die potenzielle Wirkung quantifiziert (= Wirkungsindikatorwert bzw. Naturfernepotenzial).

Als Vergleichswert dient die Naturflächenbelegung, die sich aus der Verrechnung der Landnutzungsarten des Bezugsraumes Deutschland mit den entsprechenden Charakterisierungsfaktoren (die den jeweiligen Hemerobieklassen zuordenbar sind) aus Fehrenbach et al. 2015 bzw. (2019) ergeben (siehe Tabelle 65). Hieraus kann für Deutschland ein Wert von 11,5 Mio. ha*a Naturflächenbelegung abgeleitet werden.

- Vergleichswert (2020): 1.386 m² * Jahr Naturflächenbelegung (=Naturfernepotenzial) / Person; Dabei handelt es sich um artifizielle Flächen-Äquivalente (aF-Äq.)(Fehrenbach et al. 2019).

Tabelle 65: Basisdaten für die Ableitung des Vergleichswertes für Deutschland im Jahr 2020

Landnutzung	Hemerobie-Klasse	Deutschland (2020) [ha]
Wald /Forst	IV	11.018.307
Ackerland	VI	12.593.810
Grünland	IV	6.771.026
Feuchtgebiete	IV	741.863
Siedlungsfläche	50% VII, 50% V	4.628.955

⁸⁷ Hemerobiekategorie I lässt per Definition keine Nutzung zu und ist mit einem ahemeroben Zustand (keine anthropogenen Einflüsse) gleichzusetzen. Es handelt sich um ein Ökosystem, in welches der Mensch nicht eingreift. (Fehrenbach et al. 2021)

Landnutzung	Hemerobie-Klasse	Deutschland (2020) [ha]
Andere Flächen	50 % VII, 50% V	36.161

Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Fehrenbach et al. (2019), UNFCCC (2022), Eurostat (Eurostat 2022c)

Treibhauspotenzial (engl. Global Warming Potential, GWP)

Das GWP₁₀₀ gibt die Klimawirkung einer Substanz über einen gewählten Zeithorizont (hier 100 Jahre) relativ zur Referenzsubstanz Kohlendioxid (CO₂) wieder. Das GWP stellt somit die kombinierte Wirkung verschiedener Emissionen dar, die zum Treibhauseffekt beitragen. Dies ermöglicht es, die nationalen Gesamtemissionen in Kohlendioxid-Äquivalenten (CO₂-Äq.) auszuweisen. (IPCC 2013, 2021; UBA 2022d)

Die Gesamtemissionen⁸⁸ Deutschlands im Jahr 2020 lagen bei rund 729 Mio. Tonnen CO₂-Äq. (UBA 2022e). Aus der Konsumperspektive der Umweltökonomischen Gesamtrechnung (UGR) lagen die THG-Emissionen im Jahr 2020 bei rund 870 Mio. Tonnen CO₂-Äq. (Destatis 2022c).

- Vergleichswert (2020; territorial, nach NIR): 8,77 Tonnen CO₂-Äq. / Person
- Vergleichswert (2020; Konsumperspektive, nach UGR): 10,46 Tonnen CO₂-Äq. / Person

Für das Jahr 2050 wurden nach GreenSupreme für Deutschland rund 42,9 Mio. Tonnen CO₂-Äq. ermittelt (Dittrich et al. 2020a), nach dem Konzept der UGR einschließlich Vorketten 33 Mio. Tonnen CO₂-Äq.

- Vergleichswert (2050; territorial, nach NIR): 0,6 Tonnen CO₂-Äq. / Person
- Vergleichswert (2050; Konsumperspektive, nach UGR): 0,46 CO₂-Äq. / Person

Versauerungspotenzial (engl. Acidification Potential, AP)

Das Versauerungspotenzial beschreibt die Wirkung versauernder Emissionen (vor allem Schwefeldioxid, Stickoxide und Ammoniak) und ist damit ein Maß für die Umweltwirkung der Versauerung von Böden und Gewässern. Die Wirkungen versauernder Substanzen sind unter anderem das Freisetzen toxischer Substanzen in Gewässern, die Auswaschung von Nährstoffen und das Waldsterben. (ptj/enArgus o.J.)

Nach dem Multikomponentenprotokoll (1999) zur UNECE-Luftreinhaltekonvention, das die jährlichen Emissionen durch Einführung nationaler Höchstmengen begrenzt, hat sich Deutschland im Zuge der Novellierung des Protokolls (2012) verpflichtet, die Schwefeldioxid-Emissionen bis zum Jahr 2020 im Vergleich zum Jahr 2005 um 21 % zu mindern. Zudem legt die NEC-Richtlinie (EU 2016/2284) eine Minderungspflicht für das Jahr 2030 relativ zum Jahr 2005 von -58 % fest. Das Ziel der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie sieht unter anderem auch vor, die Emissionen von Stickstoffoxiden (NO_x) und Ammoniak (NH₃) deutlich zu reduzieren. Seit den 1990er Jahren ist das Versauerungspotenzial (berechnet über die Emissionsabgaben von SO₂, NH₄ und NO₂), ausgedrückt in Säure-Äquivalenten, um 78,2 % reduziert worden und lag 2020 bei 59.879,2 Tonnen SO₂-Äq. (UBA 2022f; UNECE 1999).

- Vergleichswert (2020): 0,72 kg SO₂-Äq. / Person

⁸⁸ Ohne Kohlendioxid-Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft.

Photochemisches Ozonbildungspotenzial (Sommersmog) (engl. Photochemical Ozone Creation Potential, POCP)

Die photochemische Ozonbildung, auch als Sommersmog bekannt, bezeichnet die Belastung der bodennahen Luftschichten durch eine hohe Ozonkonzentration. Das Ozon wird dabei durch Vorläuferstoffe, wie flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), Kohlenmonoxid (CO) und Stickoxiden (NO_x), unter Einfluss der Sonneneinstrahlung in der Troposphäre gebildet. Hohe Konzentrationen von bodennahem Ozon schädigen die Vegetation, die menschlichen Atemwege und künstliche Materialien durch Reaktion mit organischen Stoffen. (BMUV 2022; EC 2021)

Grundsätzlich gibt es Konzentrations- und Expositionsschwellenwerte für Ozon in Deutschland, diese sind allerdings keine rechtsverbindlichen Grenzwerte, sondern Zielwerte, Langzeitzielwerte, Informationsschwellen oder Alarmschwellen (Dauert et al. 2020).

Diese Werte bzw. Schwellen sind durch eine zeitliche Dimension begrenzt. So sind die Zielwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit mit einem Ozonwert über 120 µg/m³ (höchster täglicher 8-Stundenmittelwert) an höchstens 25 Tagen im Kalenderjahr, gemittelt über 3 Jahre, festgelegt. (Kessinger et al. 2021)

Die photochemische Ozonbildung ist äußerst dynamisch und wird nach Goedkoop et al. (2009) in kg C₂H₄-Äq. bzw. kg Ethylen angegeben. Für die Einordnung der Sachbilanzen konnte allerdings kein sinnvoll anwendbarer Vergleichswert gefunden werden.

Eutrophierungspotenzial (aquatisch, terrestrisch) (engl. eutrophication Potential, EP)

Die Eutrophierung beschreibt die übermäßige Zufuhr von Pflanzennährstoffen (anorganische Phosphor- und Stickstoffverbindungen) in Gewässer und Böden. Eine erhöhte Nährstoffzufuhr bzw. Überdüngung kann zu verstärktem Pflanzenwachstum und folglich zu einer Überproduktion an Biomasse führen, die das Gleichgewicht von Nahrungsketten beeinflusst. Sowohl aquatische als auch terrestrische Ökosysteme werden durch Nährstoffeinträge beeinflusst.

In aquatischen Ökosystemen kann die Nährstoffzufuhr zur Sauerstoffzehrung bis hin zum -mangel führen. In terrestrischen Ökosystemen kann sie sich dauerhaft nachteilig auf die Verfügbarkeit von Wasser und anderen Elementen auswirken und somit unter Umständen Arten, die auf nährstoffarme Bedingungen spezialisiert sind, verdrängen. (Busch et al. o.J.; Giegrich et al. 2012; UBA 2021f)

Mit Bezug zu den aquatischen Ökosystemen Deutschlands werden die Nord- und Ostsee als stark eutrophiert eingestuft. Grund dafür sind bzw. waren beispielsweise übermäßige Nährstoffeinträge durch unbehandeltes Abwasser und Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft. Regionale Meeresschutzabkommen (HELCOM – Ostsee und OSPAR – Nordostatlantik) oder auch die EU-Wasserrahmenrichtlinien (2000) und die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (2008) enthalten Maßnahmen, die zur Überprüfung der Einhaltung festgelegter Schwellen- bzw. Orientierungswerten und folglich zur Reduktion des Nährstoffeintrages (vor allem aus der Landwirtschaft) beitragen sollen. (UBA 2021f)

Da insbesondere Phosphor als Indikator für die Eutrophierung dienen kann, könnte als Vergleichswert die im Projekt genutzte Grenze für die Dimension der biogeochemischen Flüsse verwendet werden. Nach Steffen et al. (2015) liegt die planetare Grenze für Phosphor bei 6,2 Tg/Jahr. Allerdings lässt sich daraus für die Einordnung der Sachbilanzen kein sinnvoll anwendbarer Vergleichswert ableiten.

Ozonabbaupotential (engl. Ozone Depletion Potential, ODP)

Das Ozon in der Stratosphäre hat die regulierende Funktion, die ultraviolette Strahlung der Sonne zu filtern. Ozonabbauende Stoffe haben oft eine lange Lebensdauer, weshalb es mehrere Jahrzehnte dauern kann, bis sich der Ozonabbau in der Stratosphäre erholt (Bjørn und Hauschild 2015). Das ODP gibt den relativen Effekt des Abbaus der Ozonschicht in der Stratosphäre durch die Freisetzung bestimmter Stoffe wieder (mit Bezug zum Montreal-Protokoll). Damit drückt es die Wirkung aus, die durch die Emission eines ozonabbauenden Stoffes im Verhältnis zur Emission des gleichen Gewichtes an CFC-11 entstehen würde. (WMO 2014)

Referenzsubstanz für die ozonzerstörende Wirkung ist Trichlorfluormethan (CFC-11 oder R11, welches den ODP-Wert 1 besitzt). Die äquivalente Wirkung anderer Substanzen wird üblicherweise in kg CFC-11-Äq. ausgedrückt. Für den Bericht wurde die Wirkung in kg CFC-11-Äq. für die jeweiligen Güter aus Ökobilanzdatensätzen ermittelt. Da durch das Montreal-Protokoll bis heute 99 % der ozonzerstörenden Substanzen verboten wurden, hat die akute Dringlichkeit zum Schutz der Ozonschicht nachgelassen (Dittrich et al. 2021a).

Bjørn und Hauschild (2015) ziehen den Mittelwert aus der in Rockström et al. (2009) angegebenen Bandbreite für die planetare Grenze heran (5-10 % Reduktion der atmosphärischen Ozonkonzentration gegenüber dem vorindustriellen Niveau) und leiten eine globale Normalisierungsreferenz ab.

► Vergleichswert: 0,078 kg CFC-11-Äq. / Jahr / Person

Feinstaub

Feinstaub besteht aus einem Gemisch an festen und flüssigen Partikeln und wird abhängig von deren Größe in unterschiedliche Fraktionen eingeteilt. Unterschieden werden PM₁₀ (engl. particulate matter, pm) mit einem maximalen Durchmesser von 10 µm und PM_{2,5} mit einem maximalen Durchmesser von 2,5 µm, wobei PM_{2,5} eine Teilmenge von PM₁₀ darstellt. Beide Staubfraktionen werden in Deutschland flächendeckend gemessen. Zu den Hauptemittenten gehören Hausfeuerungsanlagen, Gewerbebetriebe, industrielle Anlagen und der Straßenverkehr. Auf Grund der Wirkung auf die menschliche Gesundheit werden insbesondere die Feinstaubfraktionen PM₁₀ und PM_{2,5} durch die Luftreinhaltepolitik reguliert. Europaweit gelten Grenzwerte für PM₁₀ (Tagesgrenzwert bei 50 µg/m³, darf nicht öfter als 35-mal im Jahr überschritten werden; der Jahresmittelwert darf maximal 40 µg/m³ betragen) und PM_{2,5} (Jahresmittelwert von 25 µg/m³). (UBA 2022g; h)

Die derzeitigen Feinstaubbelastungen liegen bei (UBA 2022i):

- PM₁₀ (2020): 180.200 Tonnen (Reduktion seit 1995 -47,4%)
- PM_{2,5} (2020): 81.200 Tonnen (Reduktion seit 1995 -59,9%)

Ab dem Jahr 2030 gilt in Deutschland gemäß der neuen NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 außerdem eine Emissionsreduktionsverpflichtungen für PM_{2,5} von -43 % gegenüber 2005 (2005: 121.000 Tonnen) (EUR-Lex 2016; UNECE 1999).

Als Vergleichswerte dient daher für PM₁₀ der derzeitige Stand (2020), und für PM_{2,5} der für die Jahre ab 2030 geltende Zielwert von 68.970 Tonnen pro Jahr.

► Vergleichswert für PM₁₀ (2020): 2,17 kg / Jahr / Person

► Vergleichswert für PM_{2,5} (2030): 0,96 kg / Jahr / Person

A.2 Ressourceninanspruchnahme und Umweltwirkungen der repräsentativen Güter

Tabelle 66 und Tabelle 67 zeigen die Umweltwirkungen der repräsentativen Güter, wie sie auf der Basis der in Kap. 3.4 beschriebenen Arbeiten ausgewiesen wurden. Ein Vergleich der Güter ist aufgrund der unterschiedlichen Einheiten der Güter bzw. Gütergruppen nicht sinnvoll. Die Tabelle dokumentiert die Faktoren, wie sie in die Berechnung des Durchschnittskonsums der verschiedenen Personas im Kapitel 3.7.3 eingehen.

Tabelle 66: Umweltwirkungen nach Gütern im Jahr 2050 (Teil 1)

Güter	KRA [kg / Einheit Gut]	KEA [MJ / Einheit Gut]	Land- nutzung [m²a / Einheit Gut]	Hemerobie [m²a / Einheit Gut]	GWP100 [kg CO ₂ -Äq. / Einheit Gut]	Versauer- ungs- potential [g SO ₂ -Äq. / Einheit Gut]
E-Auto [Pkm]	0,20	1,68	0,02	0,01	0,00	0,19
Kraftstoff- auto [Pkm]	0,32	6,98	0,03	0,02	0,01	0,61
ÖPV [Pkm]	0,09	1,64	0,01	0,01	0,00	0,43
E-Fahrrad [Pkm]	0,03	0,25	0,00	0,00	0,00	0,04
Flug (nur CO ₂) [Pkm]	0,04	2,63	0,01	0,01	0,00	0,37
Wohnfläche konventionell [m²]	38,46	105,03	3,50	0,97	1,34	13,30
Wohnfläche Holzhaus [m²]	18,20	104,65	13,25	2,75	0,67	11,06
Strom [kWh]	0,05	4,28	0,01	0,00	0,01	0,09
Haushalts- geräte [Index]	58,80	544,18	3,91	1,86	2,96	64,16
Baumwolle [kg]	3,04	90,23	7,45	2,40	2,75	71,14
Synthetische Stoffe [kg]	3,91	130,41	0,64	0,31	0,15	7,52
IKT [Index]	752,33	1196,08	13,80	6,97	6,20	457,72
Haustier [kg Hundefutter]	2,66	24,12	1,04	0,31	0,33	5,92

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis, ifeu und ecoinvent

Tabelle 67: Umweltwirkungen nach Gütern im Jahr 2050 (Teil 2)

Güter	Photochem. Ozonbildung spotenzial [g Ethylen/ Einheit Gut]	Eutrophieru ngspotenzial (terr.) [g PO ₄ -Äq. / Einheit Gut]	Eutrophieru ngspotenzial (aqu.) [g PO ₄ -Äq. / Einheit Gut]	Ozonabbaup otenzial [kg CFC-11-Äq. / Einheit Gut]	Feinstaubfra ktion PM10 [g PM ₁₀ -Äq. / Einheit Gut]	Feinstaubfra ktion PM2,5 [g PM _{2,5} -Äq. / Einheit Gut]
E-Auto [Pkm]	0,27	0,01	0,08	0,06	0,16	0,12
Kraftstoffauto [Pkm]	0,02	0,07	0,09	0,31	0,68	0,59
ÖPV [Pkm]	-0,04	0,07	0,01	0,06	0,55	0,53
E-Fahrrad [Pkm]	0,00	0,00	0,02	0,01	0,03	0,02
Flug (nur CO ₂) [Pkm]	-0,03	0,06	0,01	0,07	0,43	0,42
Wohnfläche konventionell [m ²]	0,24	1,50	1,86	3,21	21,92	19,42
Wohnfläche Holzhaus [m ²]	0,40	1,35	1,41	2,78	20,43	18,22
Strom [kWh]	0,00	0,01	0,02	0,12	0,06	0,05
Haushalts- geräte [Index]	9,36	4,81	42,48	27,99	63,42	43,07
Baumwolle [kg]	-1,07	14,02	93,42	95,33	37,89	37,03
Synthetische Stoffe [kg]	0,74	0,65	1,60	11,73	5,45	4,50
IKT [Index]	45,54	30,71	339,51	72,22	321,32	287,18
Haustier [kg Hundefutter]	-0,09	0,94	1,84	6,09	5,71	4,92

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von ecoinvent

A.3 Weitere Umweltwirkungen der betrachteten Konsummuster

A.3.1 GreenSupreme Durchschnittsbürger*in

Tabelle 68 zeigt die Umweltwirkungen pro Person und die möglichen Grenz- bzw. Referenzwerte. Der bei der Bewertung der Konsummuster (s. Abbildung 115) genutzte Referenzwert ist in der Tabelle unterstrichen.

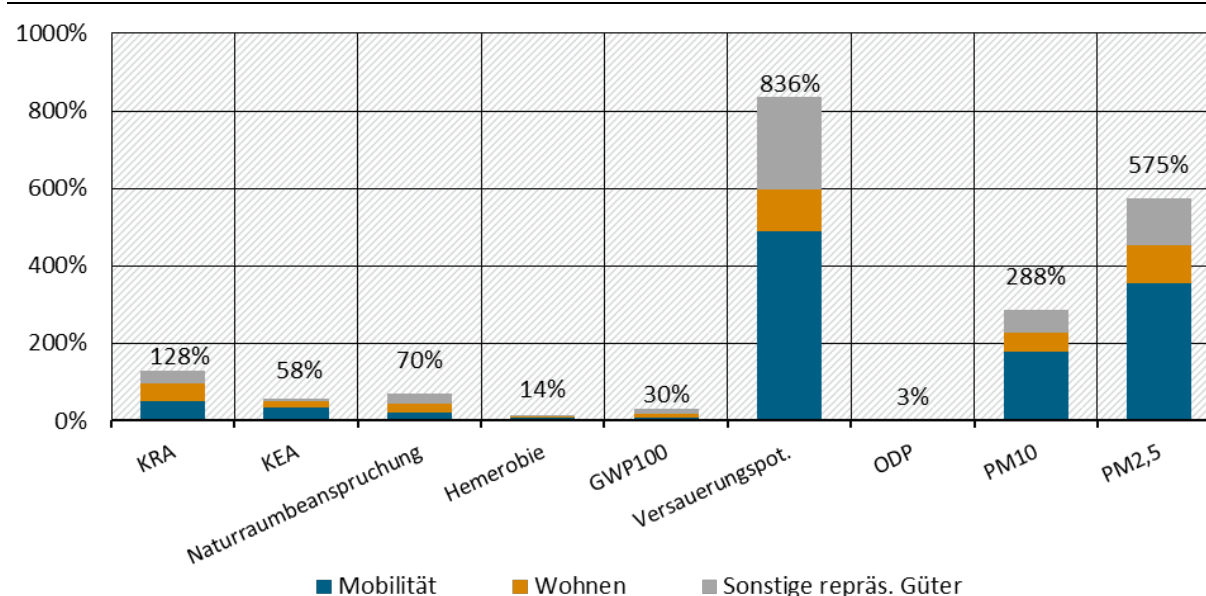
Tabelle 68: Umweltwirkungen des Konsums des GreenSupreme Durchschnitts (ohne Ernährung) im Jahr 2050

Umweltwirkung	Durchschnittlicher Konsum der repräsentativen Güter (2050)	Vergleichswerte
KRA [t]	4,6	2019, National: 15,98 t RMC / Person 2019, Global: 12,5 t RMC / Person <u>2050, National: 3,6 t RMC (abiotisch) / Person</u>
KEA [MWh]	11,08	2020: 39,73 MWh / Person <u>2050: 19 MWh / Person</u>
Naturraumbeanspruchung [m ² a]	510,2	2021, National (eng definiert): 623,05 m ² a / Person <u>2050: 730 m²a / Person (eng definiert)</u> 2050 Ziel: 3.481 m ² / Person
Naturraumbeanspruchung, hemerobiegewichtet [m ² a]	197,9	<u>2020: 1.386 m²a / Person</u>
GWP ₁₀₀ [t CO ₂ -Äq.]	0,18	2020 (NIR): 8,77 t CO ₂ -Äq. / Person 2020 (UGR): 10,46 t CO ₂ -Äq. / Person <u>2050 (NIR): 0,6 t CO₂-Äq. / Person</u> 2050 (UGR): 0,46 CO ₂ -Äq. / Person
Versauerungspotenzial [kg SO ₂ -Äq.]	6,0	<u>2020: 0,72 kg SO₂-Äq. / Person</u>
Photochem. Ozonbildungspotenzial [kg Ethylen]	1,7	NA
Eutrophierungspotenzial (terrestrisch) [kg PO ₄ -Äq.]	0,8	NA
Eutrophierungspotenzial (aquatisch)	2,0	NA

Umweltwirkung	Durchschnittlicher Konsum der repräsentativen Güter (2050)	Vergleichswerte
[kg PO ₄ -Äq.]		
Ozonabbaupotenzial [kg CFC-11-Äq.]	0,003	<u>2050: 0,078 kg CFC-11-Äq. / Jahr / Person</u>
Feinstaub [kg PM ₁₀ -Äq.]	6,2	<u>2020: 2,17 kg / Jahr / Person</u>
Feinstaub [kg PM _{2,5} -Äq.]	5,5	<u>2030: 0,96 kg / Jahr / Person</u>

Quelle: Eigene Zusammenstellung, ifeu

Abbildung 115: Der Konsum des/der GreenSupreme Durchschnittsbürger*in relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung)



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; Anmerkung: Für die folgenden Konsummuster wird Ernährung nicht betrachtet, da dieser Bereich durch die EAT-Lancet Studie abgedeckt ist.

Die repräsentativen Güter decken zwar wichtige Konsumbereiche gut ab, jedoch nicht alle. Beispielsweise ist die Ernährung nicht enthalten, aber auch Infrastrukturen für viele Dienstleistungen (u.a. Gesundheit, Bildung) sind nicht enthalten.

Vor dem Hintergrund ist der relativ hohe KRA im Vergleich zu Top-Down-Quantifizierungen des RMC pro Kopf aus dem Projekten RESCUE auffällig. Anzumerken ist allerdings, dass für die Quantifizierungen zwei unterschiedliche methodische Ansätze gewählt wurden, die methodisch nicht direkt miteinander vergleichbar sind. Abweichungen sind daher nicht überraschend. Der RMC pro Kopf aus RESCUE ist zudem vermutlich eher unterschätzt bzw. sehr niedrig angesetzt; so kommt das Nachfolgeprojekt REFINE auf einen Wert, der knapp 2 Tonnen höher liegt (siehe Kapitel 3.1). Der KRA der repräsentativen Güter wird dagegen vermutlich eher überschätzt, da nicht alle der ambitionierten Annahmen aus dem GreenSupreme-Szenario in die ecoinvent-Datenbank übertragen werden konnten. Bei der sehr umfassenden Anpassung wurde das Augenmerk vor allem auf den Energieeinsatz und die Treibhausgasemissionen (s. Kapitel 3.1.3) gelegt. Annahmen aus GreenSupreme zur Veränderung der Recyclingquoten und der Materialeffizienz im Bau wurden beispielsweise nicht übernommen, daher sind die

nachfolgenden Vergleiche mit einer gewissen Vorsicht zu bewerten. Wie Abbildung 115 zeigt, überschreitet der/ die Durchschnittsbürger*in die Vergleichswerte beim KRA (128 %), beim Versauerungspotenzial (836 %) und bei den Feinstaubfraktionen PM₁₀ (288 %) und PM_{2,5} (575 %).

A.3.2 Familie Yilmaz

Familie Yilmaz hat ein unterdurchschnittliches Mobilitätsverhalten, viele Wege werden mit dem E-Auto zurückgelegt. Auch die Wohnfläche von 35 m² pro Person liegt unter dem Durchschnitt. Allerdings liegt sowohl der Stromverbrauch als auch die Ausstattung mit IKT deutlich über dem Durchschnitt. Insgesamt kann die Familie durch ihren Konsum alle planetaren Grenzen im Jahr 2050 einhalten. Tabelle 69 zeigt, dass durch den Konsum der repräsentativen Güter Umweltwirkungen entstehen, die mit Ausnahme des Versauerungspotenzials und der Feinstaubfraktionen PM₁₀ und PM_{2,5}, über dem Durchschnitt liegen.

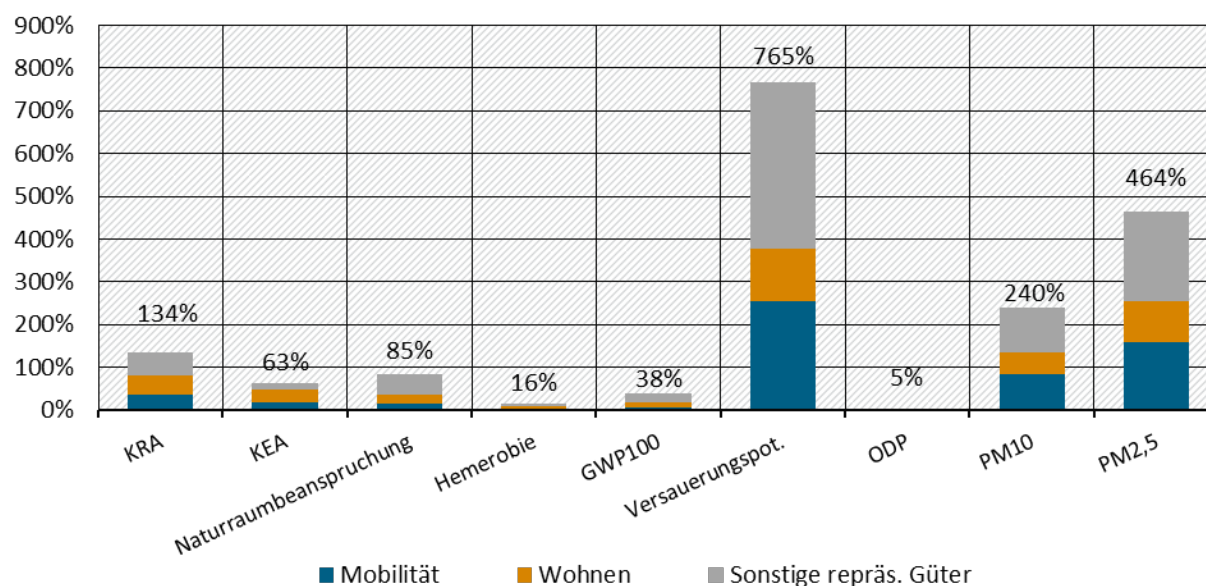
Tabelle 69: Familie Yilmaz – zusätzliche Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050

Umweltwirkung	Familie Yilmaz	Durchschnitt	Vergleichswerte
KRA [t]	4,82	4,61	2019, National: 15,98 t RMC / Person 2019, Global: 12,5 t RMC / Person <u>2050, National: 3,6 t RMC (abiotisch) / Person</u>
KEA [MWh]	12,02	11,08	2020: 39,73 MWh / Person <u>2050: 19 MWh / Person</u>
Naturraumbeanspruchung [m ² a]	620,4	510,2	2021, National (eng definiert): 623,05 m ² a / Person <u>2050: 730 m²a / Person (eng definiert)</u> 2050 Ziel: 3.481 m ² / Person
Hemerobie [m ² a]	217,7	197,9	<u>2020: 1.386 m²a / Person</u>
GWP ₁₀₀ [t CO ₂ -Äq.]	0,23	0,18	2020 (NIR): 8,77 t CO ₂ -Äq. / Person 2020 (UGR): 10,46 t CO ₂ -Äq. / Person <u>2050 (NIR): 0,6 t CO₂-Äq. / Person</u> 2050 (UGR): 0,46 CO ₂ -Äq. / Person
Versauerungspotenzial [kg SO ₂ -Äq.]	5,5	6,0	<u>2020: 0,72 kg SO₂-Äq. / Person</u>
Photochem. Ozonbildungspotenzial [kg Ethylen]	1,6	1,7	NA
Eutrophierungspotenzial (terrestrisch) [kg PO ₄ -Äq.]	0,7	0,8	NA

Umweltwirkung	Familie Yilmaz	Durchschnitt	Vergleichswerte
Eutrophierungspotenzial (aquatisch) [kg PO ₄ -Äq.]	2,3	2,0	NA
Ozonabbaupotenzial [kg CFC-11-Äq.]	0,004	0,003	<u>2050: 0,078 kg CFC-11-Äq. / Jahr / Person</u>
Feinstaub [kg PM ₁₀ -Äq.]	5,2	6,2	<u>2020: 2,17 kg / Jahr / Person</u>
Feinstaub [kg PM _{2,5} -Äq.]	4,4	5,5	<u>2030: 0,96 kg / Jahr / Person</u>

Quelle: Eigene Zusammenstellung, ifeu

Abbildung 116: Der Konsum der Familie Yilmaz relativ zu den Vergleichswerten



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; Anmerkung: Für die hier dargestellten Konsummuster wird Ernährung nicht betrachtet, da dieser Bereich durch die EAT-Lancet Studie abgedeckt ist.

Wie Abbildung 116 zeigt überschreitet die Familie Yilmaz die Vergleichswerte beim KRA (134 %), beim Versauerungspotenzial (765 %) und bei den Feinstaubfraktionen PM₁₀ (240 %) und PM_{2,5} (464 %).

A.3.3 Ehepaar Schmitt

Das Ehepaar ist viel unterwegs und nutzt Bus und Bahn, E-Fahrrad und E-Auto, etwa alle 10 Jahre wird auch geflogen. Insgesamt fällt das Bedürfnisfeld Mobilität allerdings unterdurchschnittlich aus. Hilda und Tarik Schmitt wohnen in einem Holzhaus mit einer Wohnfläche von 150 m² (á 75 m² pro Person), was deutlich über dem Durchschnitt von 41 m² liegt. Deutlich überdurchschnittliche ist auch der um 46 % höhere Stromverbrauch auf Grund der regelmäßigen Nutzung der vielen Haushalts- und IKT-Geräte. Tabelle 70 zeigt, dass durch den Konsum der repräsentativen Güter Umweltwirkungen entstehen, die für die

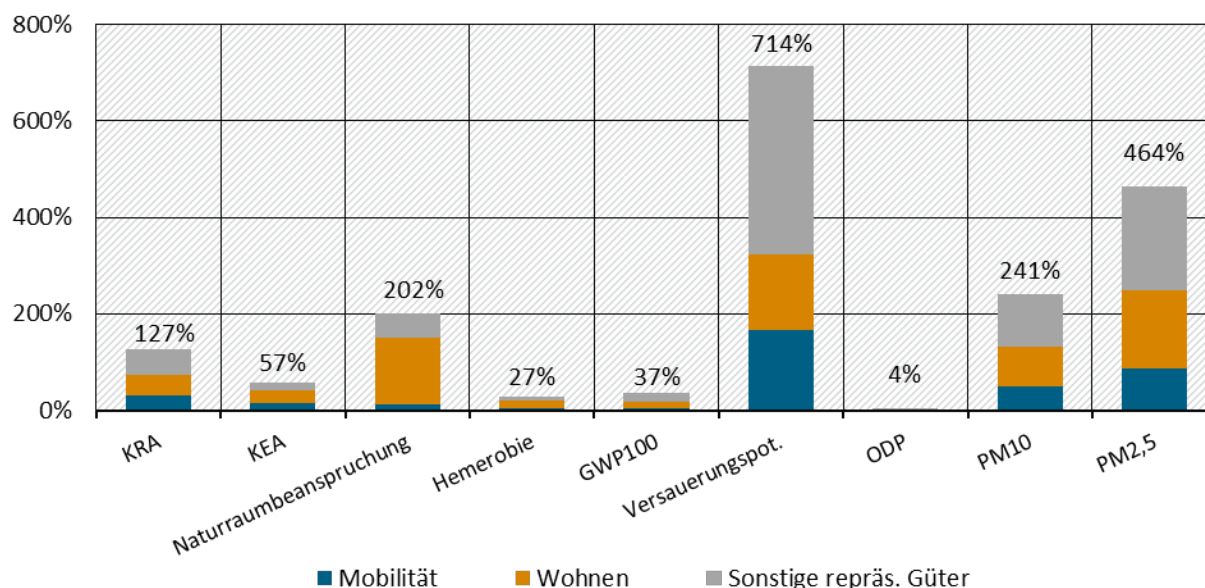
Naturraumbeanspruchung, die Hemerobie, GWP₁₀₀ und ODP sowie für das Eutrophierungspotenzial (aquatisch) über dem Durchschnitt im Jahr 2050 liegen.

Tabelle 70: Ehepaar Schmitt – zusätzliche Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050

Umweltwirkung	Ehepaar Schmitt	Durchschnitt	Vergleichswerte
KRA [t]	4,58	4,61	2019, National: 15,98 t RMC / Person 2019, Global: 12,5 t RMC / Person <u>2050, National: 3,6 t RMC (abiotisch) / Person</u>
KEA [MWh]	10,47	11,08	2020: 39,73 MWh / Person <u>2050: 19 MWh / Person</u>
Naturraumbeanspruchung [m ² a]	1.472	510,2	2021, National (eng definiert): 623,05 m ² a / Person <u>2050: 730 m²a / Person (eng definiert)</u> 2050 Ziel: 3.481 m ² / Person
Hemerobie [m ² a]	376,5	197,9	<u>2020: 1.386 m²a / Person</u>
GWP ₁₀₀ [t CO ₂ -Äq.]	0,22	0,18	2020 (NIR): 8,77 t CO ₂ -Äq. / Person 2020 (UGR): 10,46 t CO ₂ -Äq. / Person <u>2050 (NIR): 0,6 t CO₂-Äq. / Person</u> 2050 (UGR): 0,46 CO ₂ -Äq. / Person
Versauerungspotenzial [kg SO ₂ -Äq.]	5,1	6,0	<u>2020: 0,72 kg SO₂-Äq. / Person</u>
Photochem. Ozonbildungspotenzial [kg Ethylen]	1,4	1,7	NA
Eutrophierungspotenzial (terrestrisch) [kg PO ₄ -Äq.]	0,6	0,8	NA
Eutrophierungspotenzial (aquatisch) [kg PO ₄ -Äq.]	2,1	2,0	NA
Ozonabbaupotenzial [kg CFC-11-Äq.]	0,003	0,003	<u>2050: 0,078 kg CFC-11-Äq. / Jahr / Person</u>
Feinstaub [kg PM ₁₀ -Äq.]	5,2	6,2	<u>2020: 2,17 kg / Jahr / Person</u>
Feinstaub [kg PM _{2,5} -Äq.]	4,5	5,5	<u>2030: 0,96 kg / Jahr / Person</u>

Quelle: Eigene Zusammenstellung, ifeu

Abbildung 117: Der Konsum des Ehepaars Schmitt relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung)



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; Anmerkung: Für die hier dargestellten Konsummuster wird Ernährung nicht betrachtet, da dieser Bereich durch die EAT-Lancet Studie abgedeckt ist.

Wie Abbildung 117 zeigt überschreitet das Ehepaar Schmitt die Vergleichswerte beim KRA (127 %), bei der Naturraumbeanspruchung (202 %), beim Versauerungspotenzial (714 %) und bei den Feinstaubfraktionen PM₁₀ (241 %) und PM_{2,5} (464 %).

A.3.4 Chris Bassey

Chris Bassey ist beruflich viel unterwegs und nutzt dafür sein mit synthetischen Kraftstoffen betriebenes Auto. Etwas mehr als durchschnittlich viele Wege legt er außerdem mit dem ÖPV zurück. Da er meist nicht zu Hause ist, liegen sein Stromverbrauch und die Nutzung von Haushaltsgeräten unter dem Durchschnitt. Was die sonstigen Bedürfnisfelder betrifft, so legt Chris Bassey viel Wert auf Mode und besitzt überdurchschnittlich viele Kleidungsstücke. Seine Technikaffinität zeigt sich auch in der Nutzung vieler tragbarer, technischer Geräte – etwa doppelt so viel wie der Durchschnitt. Tabelle 71 zeigt, dass durch den Konsum der repräsentativen Güter Umweltwirkungen entstehen, die für den KRA, KEA, und für die Feinstaubfraktionen PM₁₀ und PM_{2,5} über dem Durchschnitt im Jahr 2050 liegen.

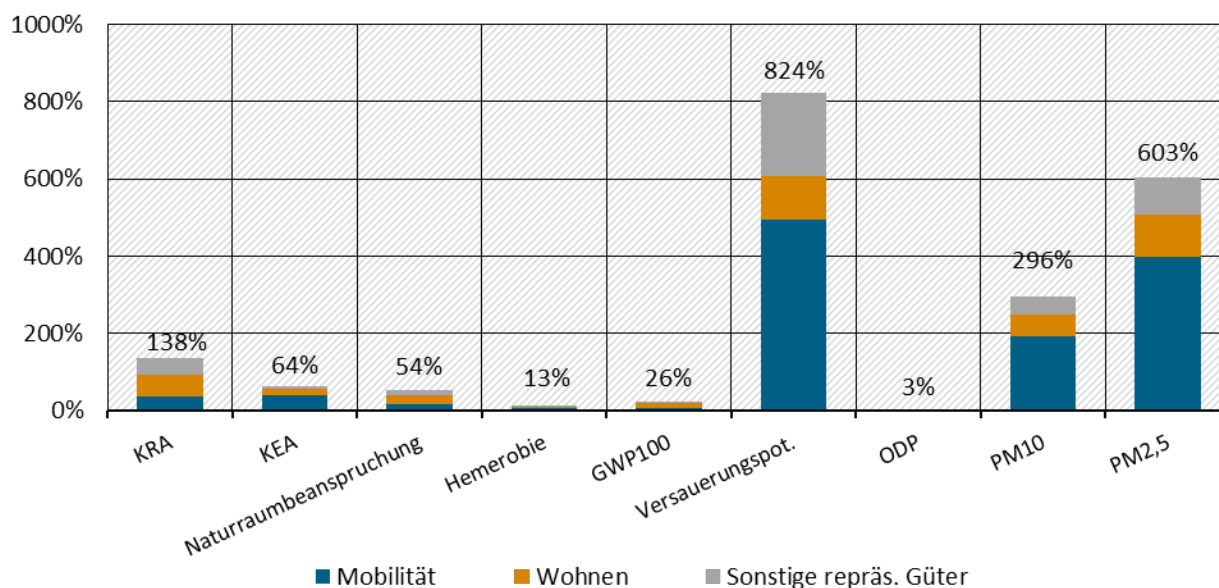
Tabelle 71: Chris Bassey – zusätzliche Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050

Umweltwirkung	Chris Bassey	Durchschnitt	Vergleichswerte
KRA [t]	4,96	4,61	2019, National: 15,98 t RMC / Person 2019, Global: 12,5 t RMC / Person <u>2050, National: 3,6 t RMC (abiotisch) / Person</u>

Umweltwirkung	Chris Bassey	Durchschnitt	Vergleichswerte
KEA [MWh]	12,13	11,08	2020: 39,73 MWh / Person <u>2050: 19 MWh / Person</u>
Naturraumbeanspruchung [m²a]	395,8	510,2	2021, National (eng definiert): 623,05 m²a / Person <u>2050: 730 m²a / Person (eng definiert)</u> 2050 Ziel: 3.481 m² / Person
Hemerobie [m²a]	178,6	197,9	<u>2020: 1.386 m²a / Person</u>
GWP ₁₀₀ [t CO ₂ -Äq.]	0,15	0,18	2020 (NIR): 8,77 t CO ₂ -Äq. / Person 2020 (UGR): 10,46 t CO ₂ -Äq. / Person <u>2050 (NIR): 0,6 t CO₂-Äq. / Person</u> 2050 (UGR): 0,46 CO ₂ -Äq. / Person
Versauerungspotenzial [kg SO ₂ -Äq.]	5,9	6,0	<u>2020: 0,72 kg SO₂-Äq. / Person</u>
Photochem. Ozonbildungspotenzial [kg Ethylen]	0,07	1,7	NA
Eutrophierungspotenzial (terrestrisch) [kg PO ₄ -Äq.]	0,8	0,8	NA
Eutrophierungspotenzial (aquatisch) [kg PO ₄ -Äq.]	1,9	2,0	NA
Ozonabbaupotenzial [kg CFC-11-Äq.]	0,003	0,003	<u>2050: 0,078 kg CFC-11-Äq. / Jahr / Person</u>
Feinstaub [kg PM ₁₀ -Äq.]	6,4	6,2	<u>2020: 2,17 kg / Jahr / Person</u>
Feinstaub [kg PM _{2,5} -Äq.]	5,8	5,5	<u>2030: 0,96 kg / Jahr / Person</u>

Quelle: Eigene Zusammenstellung, ifeu

Abbildung 118: Der Konsum von Chris Bassey relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung)



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; Anmerkung: Für die hier dargestellten Konsummuster wird Ernährung nicht betrachtet, da dieser Bereich durch die EAT-Lancet Studie abgedeckt ist.

Wie Abbildung 118 zeigt überschreitet Chris Bassey die Vergleichswerte beim KRA (138 %), beim Versauerungspotenzial (824 %) und bei den Feinstaubfraktionen PM₁₀ (296 %) und PM_{2,5} (603 %).

A.3.5 Familie Kaulatz

Die sechsköpfige Familie nutzt den ÖPV als vorrangige Mobilitätsform, vor allem für Urlaubsreisen. Mit ihren rund 6.000 Pkm im Jahr liegen sie deutlich über dem Durchschnitt. Im Alltag werden die Wege zur Kita und zur Schule mit dem E-Lastenfahrrad bewältigt. Während der Wohnraum unterdurchschnittlich ausfällt, liegt die Familie in puncto Ausstattung mit Haushaltsgeräten und beim Stromverbrauch über dem Durchschnitt. Bei der Kleidung liegt die Familie ebenfalls über dem Durchschnitt. Tabelle 72 zeigt, dass durch den Konsum der repräsentativen Güter Umweltwirkungen entstehen, die alle unter dem Durchschnitt im Jahr 2050 liegen.

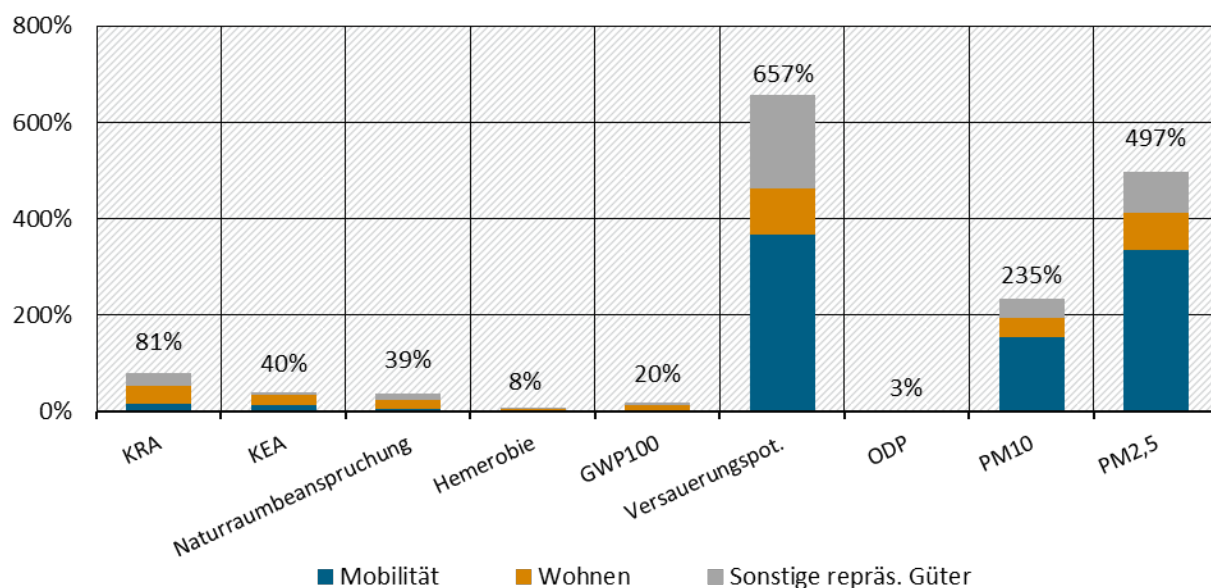
Tabelle 72: Familie Kaulatz – zusätzliche Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050

Umweltwirkung	Familie Kaulatz	Durchschnitt	Vergleichswerte
KRA [t]	2,9	4,61	2019, National: 15,98 t RMC / Person 2019, Global: 12,5 t RMC / Person 2050, National: 3,6 t RMC (abiotisch) / Person
KEA [MWh]	7,6	11,08	2020: 39,73 MWh / Person 2050: 19 MWh / Person

Umweltwirkung	Familie Kaulatz	Durchschnitt	Vergleichswerte
Naturraumbeanspruchung [m²a]	281,8	510,2	2021, National (eng definiert): 623,05 m²a / Person <u>2050: 730 m²a / Person (eng definiert)</u> 2050 Ziel: 3.481 m² / Person
Hemerobie [m²a]	112,4	197,9	<u>2020: 1.386 m²a / Person</u>
GWP ₁₀₀ [t CO ₂ -Äq.]	0,12	0,18	2020 (NIR): 8,77 t CO ₂ -Äq. / Person 2020 (UGR): 10,46 t CO ₂ -Äq. / Person <u>2050 (NIR): 0,6 t CO₂-Äq. / Person</u> 2050 (UGR): 0,46 CO ₂ -Äq. / Person
Versauerungspotenzial [kg SO ₂ -Äq.]	4,7	6,0	<u>2020: 0,72 kg SO₂-Äq. / Person</u>
Photochem. Ozonbildungspotenzial [kg Ethylen]	-0,14	1,7	NA
Eutrophierungspotenzial (terrestrisch) [kg PO ₄ -Äq.]	0,7	0,8	NA
Eutrophierungspotenzial (aquatisch) [kg PO ₄ -Äq.]	1,6	2,0	NA
Ozonabbaupotenzial [kg CFC-11-Äq.]	0,002	0,003	<u>2050: 0,078 kg CFC-11-Äq. / Jahr / Person</u>
Feinstaub [kg PM ₁₀ -Äq.]	5,1	6,2	<u>2020: 2,17 kg / Jahr / Person</u>
Feinstaub [kg PM _{2,5} -Äq.]	4,8	5,5	<u>2030: 0,96 kg / Jahr / Person</u>

Quelle: Eigene Zusammenstellung, ifeu

Abbildung 119: Der Konsum der Familie Kaulatz relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung)



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; Anmerkung: Für die hier dargestellten Konsummuster wird Ernährung nicht betrachtet, da dieser Bereich durch die EAT-Lancet Studie abgedeckt ist.

Wie Abbildung 119 zeigt überschreitet die Familie Kaulatz die Vergleichswerte beim Versauerungspotenzial (657 %) und bei den Feinstaubfraktionen PM₁₀ (235 %) und PM_{2,5} (497 %).

A.3.6 Familie Nowak

Die kleine Familie Nowak weist in den meisten Bedürfnisfeldern ein unterdurchschnittliches Konsummuster auf. Die Familie hat ein unterdurchschnittliches bzw. beim ÖPV leicht überdurchschnittliches Mobilitätsverhalten. Nur selten leisten sich Claire Nowak und ihr Sohn Adrien einen Flug nach Korsika. In dem Haus, in dem sie wohnen, hält die Hausgemeinschaft zusammen – Kleidung und Spielsachen werden weitergegeben, so dass Adrien auch ohne Neukäufe gut ausgestattet ist. Die Familie liegt somit beim Stromverbrauch über dem Durchschnitt, bei allen anderen Konsumgütern jedoch unter dem Durchschnitt. Tabelle 73 zeigt, dass durch den Konsum der repräsentativen Güter Umweltwirkungen entstehen, die für die Naturraumbeanspruchung über dem dem Durchschnitt im Jahr 2050 liegen.

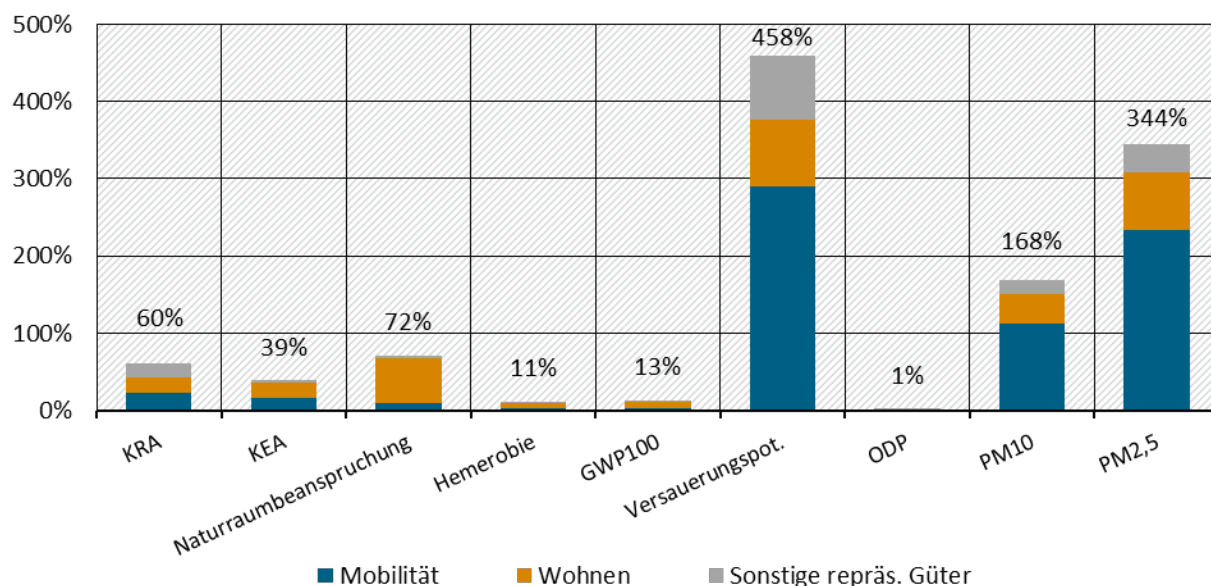
Tabelle 73: Familie Nowak – zusätzliche Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050

Umweltwirkung	Familie Nowak	Durchschnitt	Vergleichswerte
KRA [t]	2,17	4,61	2019, National: 15,98 t RMC / Person 2019, Global: 12,5 t RMC / Person <u>2050, National: 3,6 t RMC (abiotisch) / Person</u>
KEA [MWh]	7,33	11,08	2020: 39,73 MWh / Person

Umweltwirkung	Familie Nowak	Durchschnitt	Vergleichswerte
			<u>2050: 19 MWh / Person</u>
Naturraumbeanspruchung [m²a]	522,7	510,2	2021, National (eng definiert): 623,05 m²a / Person <u>2050: 730 m²a / Person (eng definiert)</u> 2050 Ziel: 3.481 m² / Person
Hemerobie [m²a]	147,6	197,9	<u>2020: 1.386 m²a / Person</u>
GWP ₁₀₀ [t CO ₂ -Äq.]	0,08	0,18	2020 (NIR): 8,77 t CO ₂ -Äq. / Person 2020 (UGR): 10,46 t CO ₂ -Äq. / Person <u>2050 (NIR): 0,6 t CO₂-Äq. / Person</u> 2050 (UGR): 0,46 CO ₂ -Äq. / Person
Versauerungspotenzial [kg SO ₂ -Äq.]	3,3	6,0	<u>2020: 0,72 kg SO₂-Äq. / Person</u>
Photochem. Ozonbildungspotenzial [kg Ethylen]	0,6	1,7	NA
Eutrophierungspotenzial (terrestrisch) [kg PO ₄ -Äq.]	0,4	0,8	NA
Eutrophierungspotenzial (aquatisch) [kg PO ₄ -Äq.]	0,9	2,0	NA
Ozonabbaupotenzial [kg CFC-11-Äq.]	0,001	0,003	<u>2050: 0,078 kg CFC-11-Äq. / Jahr / Person</u>
Feinstaub [kg PM ₁₀ -Äq.]	3,7	6,2	<u>2020: 2,17 kg / Jahr / Person</u>
Feinstaub [kg PM _{2,5} -Äq.]	3,3	5,5	<u>2030: 0,96 kg / Jahr / Person</u>

Quelle: Eigene Zusammenstellung, ifeu

Abbildung 120: Der Konsum der Familie Nowak relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung)



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; Anmerkung: Für die hier dargestellten Konsummuster wird Ernährung nicht betrachtet, da dieser Bereich durch die EAT-Lancet Studie abgedeckt ist.

Wie Abbildung 120 zeigt überschreitet die Familie Kaulatz die Vergleichswerte beim Versauerungspotenzial (458 %) und bei den Feinstaubfraktionen PM₁₀ (168 %) und PM_{2,5} (344 %).

A.3.7 Villa Kunterbunt

Die Villa Kunterbunt besteht aus einer Lebensgemeinschaft von sechs Menschen unterschiedlichen Alters. Gemeinsam reisen sie viel und nutzen sowohl das E-Fahrrad, den ÖPV als auch einen elektrisch betriebenen VW-Bus. Die hohe Mobilität liegt deutlich über dem Durchschnitt. Die IKT-Ausstattung der Gemeinschaft fällt überdurchschnittlich aus. Die geringe Wohnfläche, der sparsame Umgang im Stromverbrauch und die in Relation zur Personenanzahl vorhandenen Haushaltsgeräte ergeben ansonsten ein unterdurchschnittliches Konsummuster. Tabelle 74 zeigt, dass durch den Konsum der repräsentativen Güter Umweltwirkungen entstehen, die mit Ausnahme des Ozonabbaupotenzials über dem Durchschnitt im Jahr 2050 liegen.

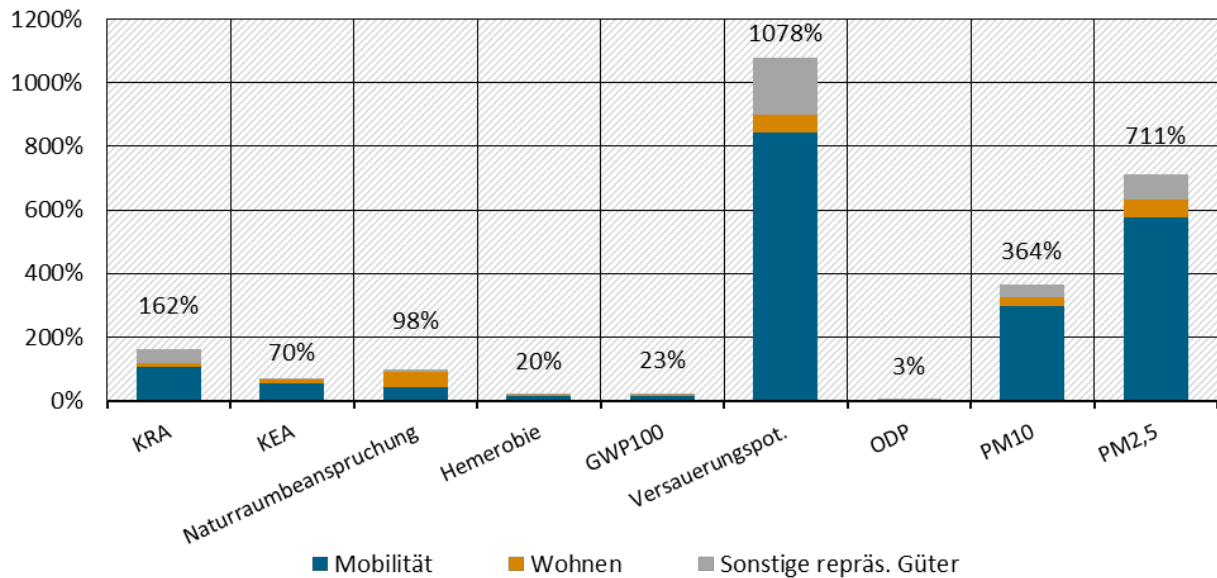
Tabelle 74: Villa Kunterbunt – zusätzliche Umweltwirkungen des Konsums pro Person (ohne Ernährung) im Jahr 2050

Umweltwirkung	Villa Kunterbunt	Durchschnitt	Vergleichswerte
KRA [t]	5,8	4,61	2019, National: 15,98 t RMC / Person 2019, Global: 12,5 t RMC / Person <u>2050, National: 3,6 t RMC (abiotisch) / Person</u>
KEA [MWh]	13,27	11,08	2020: 39,73 MWh / Person

Umweltwirkung	Villa Kunterbunt	Durchschnitt	Vergleichswerte
			<u>2050: 19 MWh / Person</u>
Naturraumbeanspruchung [m²a]	715,1	510,2	2021, National (eng definiert): 623,05 m²a / Person <u>2050: 730 m²a / Person (eng definiert)</u> 2050 Ziel: 3.481 m² / Person
Hemerobie [m²a]	272,3	197,9	<u>2020: 1.386 m²a / Person</u>
GWP ₁₀₀ [t CO ₂ -Äq.]	0,14	0,18	2020 (NIR): 8,77 t CO ₂ -Äq. / Person 2020 (UGR): 10,46 t CO ₂ -Äq. / Person <u>2050 (NIR): 0,6 t CO₂-Äq. / Person</u> 2050 (UGR): 0,46 CO ₂ -Äq. / Person
Versauerungspotenzial [kg SO ₂ -Äq.]	7,8	6,0	<u>2020: 0,72 kg SO₂-Äq. / Person</u>
Photochem. Ozonbildungspotenzial [kg Ethylen]	3,8	1,7	NA
Eutrophierungspotenzial (terrestrisch) [kg PO ₄ -Äq.]	0,9	0,8	NA
Eutrophierungspotenzial (aquatisch) [kg PO ₄ -Äq.]	2,6	2,0	NA
Ozonabbaupotenzial [kg CFC-11-Äq.]	0,002	0,003	<u>2050: 0,078 kg CFC-11-Äq. / Jahr / Person</u>
Feinstaub [kg PM ₁₀ -Äq.]	7,9	6,2	<u>2020: 2,17 kg / Jahr / Person</u>
Feinstaub [kg PM _{2,5} -Äq.]	6,8	5,5	<u>2030: 0,96 kg / Jahr / Person</u>

Quelle: Eigene Zusammenstellung, ifeu

Abbildung 121: Der Konsum der Villa Kunterbunt relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung)



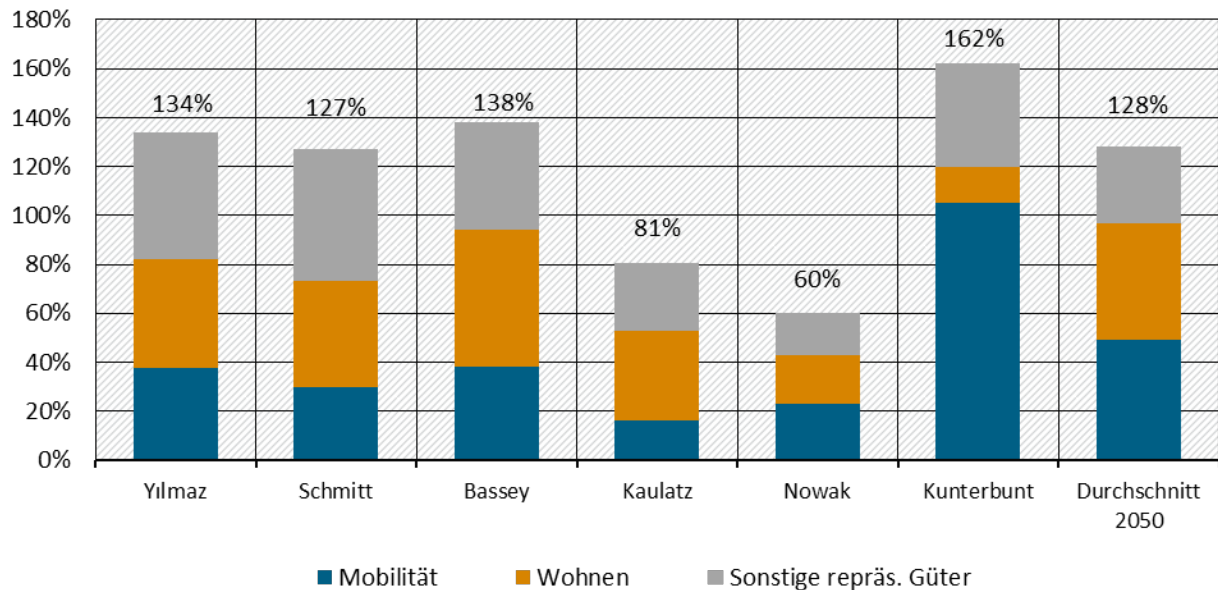
Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; Anmerkung: Für die hier dargestellten Konsummuster wird Ernährung nicht betrachtet, da dieser Bereich durch die EAT-Lancet Studie abgedeckt ist.

Wie Abbildung 121 zeigt überschreitet die Villa Kunterbunt die Vergleichswerte beim KRA (162 %), beim Versauerungspotenzial 1078 %) und bei den Feinstaubfraktionen PM₁₀ (364 %) und PM_{2,5} (711 %).

A.4 Zusammenfassung

Der folgende Vergleich der Konsummuster fasst die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den verschiedenen Konsummuster und dem/der Durchschnittsbürger*in auf einen Blick zusammen. Für den Ernährungsbereich wurden für diese Studie die nachhaltigen Ernährungsstile des Lancet-Berichts (Willett et al. 2019) genutzt. Aus der folgenden Betrachtung wurde die Ernährung ausgeklammert.

Abbildung 122: KRA durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050 relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung)



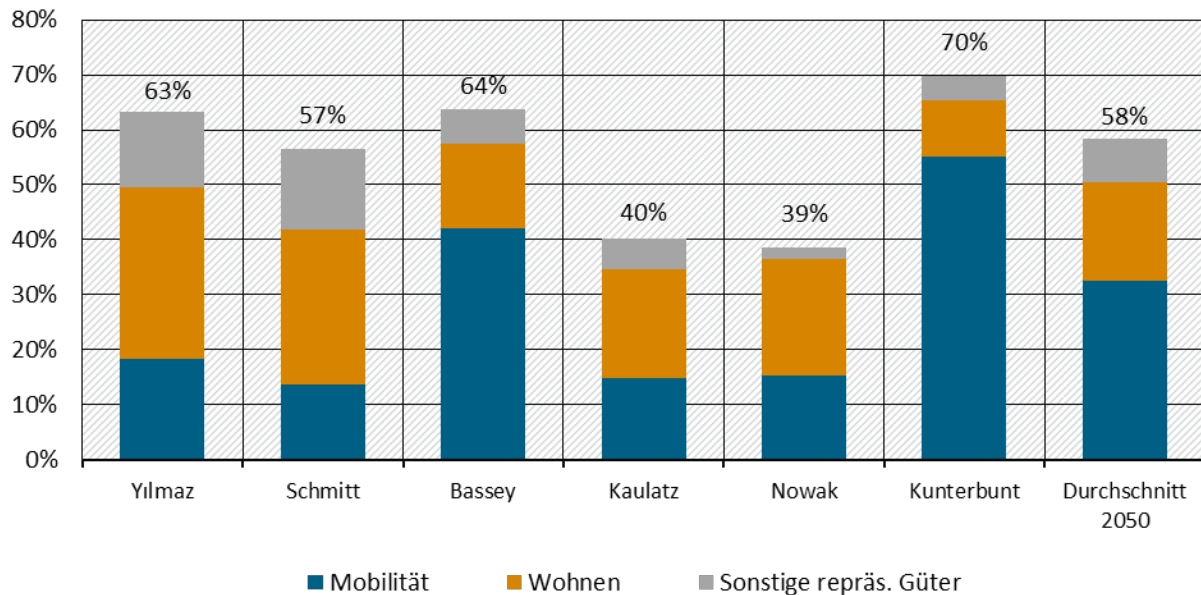
Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; Anmerkung: die Ernährung wurde ausgeklammert.

Die Familie Nowak schneidet beim KRA am besten ab (Abbildung 122). Bei der Villa Kunterbunt hingegen wird auf Grund der hohen Mobilität der Vergleichswert für 2050 überschritten.

Bemerkenswert ist, dass der KRA bei fast allen untersuchten Konsummustern sehr hoch ist und den Vergleichswert von 3,6 Tonnen überschreitet. Die Rohstoffaufwendungen für die nicht berücksichtigten Güter (öffentliche Gebäude, Anteile für Straßen, Schiene u.ä.) sind ebenfalls hoch und fallen zusätzlich zu den Rohstoffaufwendungen bei den repräsentativen Gütern an; zudem sind im (hier ausgewiesenen) KRA die biotischen Rohstoffe nicht enthalten. Da der über die LCA der repräsentativen Güter berechnete Durchschnitt in 2050 bereits nahezu die in GreenSupreme berechneten 5,75 Tonnen (biotisch und abiotisch) pro Person erreicht, ist davon auszugehen, dass mit der LCA-Methode die Rohstoffanspruchnahme deutlich überschätzt wird.

Der KRA unterscheidet nicht die Qualität der Rohstoffe; kritische Rohstoffe oder umweltbelastende Rohstoffe werden ebenso wie weniger kritische bzw. weniger umweltbelastende Rohstoffe berücksichtigt. Ein Ergebnis des RESCUE-Projekts war, dass die Versorgung mit einer Vielzahl von Rohstoffen potenziell eingeschränkt sein könnte (Dittrich et al. 2020a; UBA 2019). Das gilt auch für die Ergebnisse in diesem Projekt.

Abbildung 123: KEA durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050 relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung)

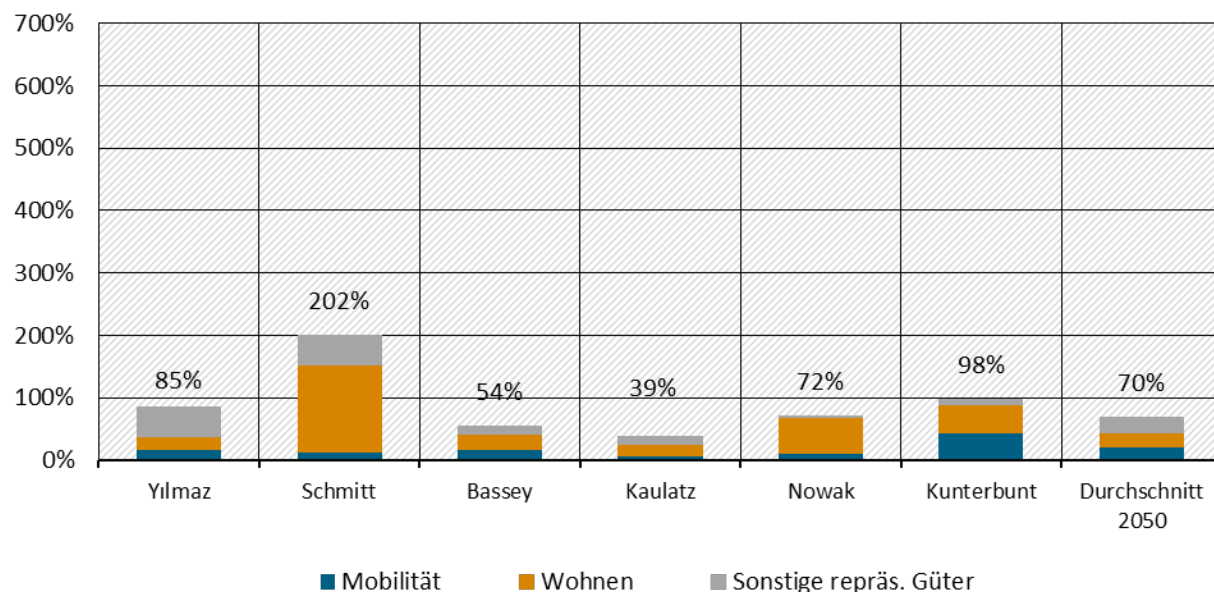


Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; Anmerkung: die Ernährung wurde ausgeklammert.

Hinsichtlich des KEA liegen alle Konsummuster unterhalb des Vergleichswertes für das Jahr 2050, am besten schneiden hier die Familie Nowak und die Familie Kaulatz ab (s. Abbildung 123). Der bzw. die Durchschnittsbürger*in weist einen vergleichsweise hohen KEA auf, wobei die Villa Kunterbunt auf Grund ihrer Mobilität sogar über dem Durchschnitt im Jahr 2050 liegt. Der KEA ist als Kennzahl für den Bedarf energetischer Ressourcen von Interesse, er bildet damit aber keine direkten negativen Umweltwirkungen ab.

Im Vergleich zu heute steigt der KEA im Jahr 2050 pro funktioneller Einheit (z. B. beim ÖPNV, Kraftstoffauto und Flug). Im GreenSupreme-Szenario kommen keine fossilen Rohstoffe mehr zum Einsatz. Stattdessen wird neben der direkten Stromnutzung auf die Nutzung von Reststoffen (Altholz) und vor allem auf synthetische Rohstoffe (PtG/L) zurückgegriffen (Dittrich et al. 2020a). Die Herstellung der synthetischen Energieträger ist mit Verlusten verbunden, wodurch der kumulierte Energieaufwand (KEA) pro funktioneller Einheit steigt.

Abbildung 124: Naturraumbeanspruchung durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050 relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung)

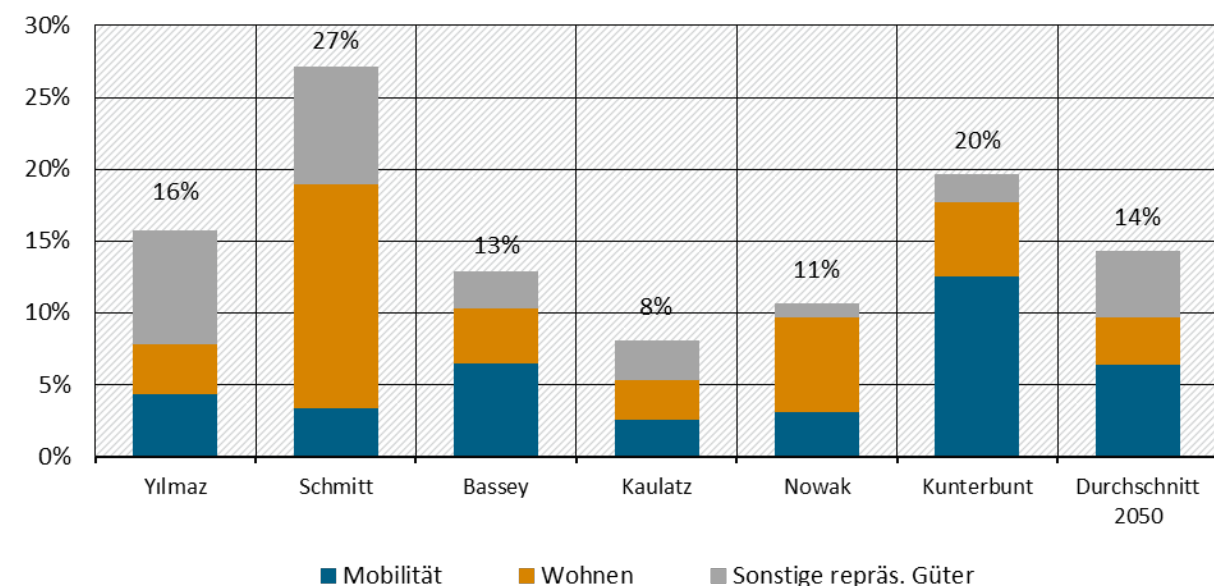


Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; Anmerkung: die Ernährung wurde ausgeklammert.

Wird der Ernährungsbereich ausgeklammert, so liegen die meisten der betrachteten Personas bei der Naturraumbeanspruchungen im Rahmen des Zielwertes von rund 730 m² pro Person. Das Ehepaar Schmitt überschreitet den Vergleichswert (s. Abbildung 124). Entscheidend für die Naturraumbeanspruchung ist beim Ehepaar Schmitt das Wohnen im Holzhaus.

Die Naturraumbeanspruchung ist bei einem weit definierten Zielwert weniger problematisch. Ein solcher Zielwert würde auch Ackerflächen enthalten, die bei einer vollständigen Betrachtung der Ernährung von Bedeutung sind. Es liegt daher nahe, den engen Grenzwert anzuwenden, der vorrangig die Beanspruchung des Naturraumes durch Siedlungs- und Verkehrsflächen abbildet.

Abbildung 125: Hemerobie durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050 relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung)

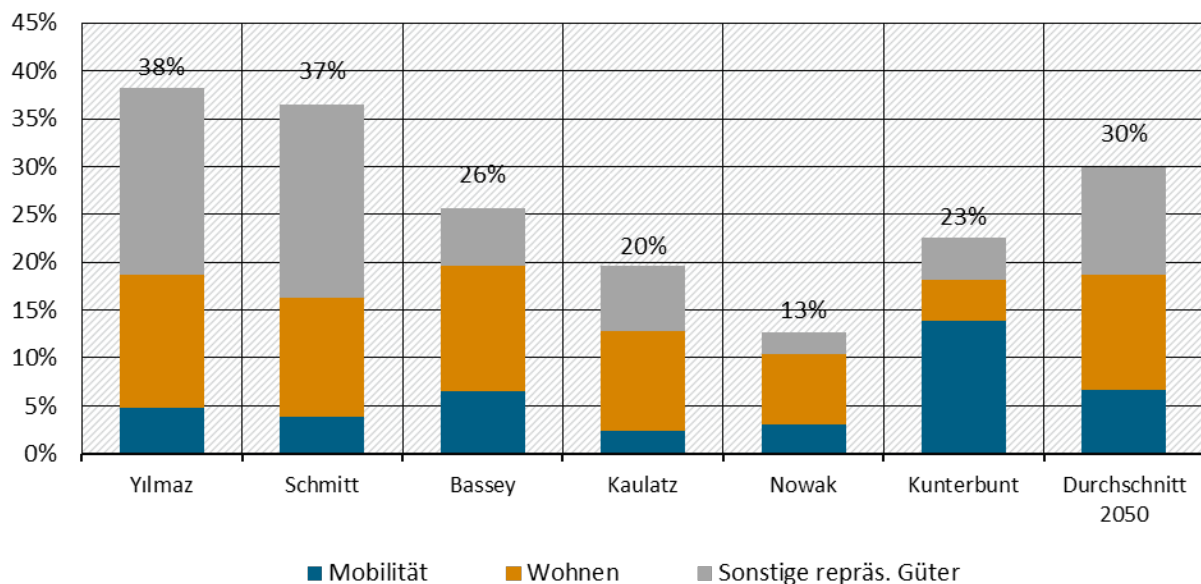


Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; Anmerkung: die Ernährung wurde ausgeklammert

Mit Bezug zur Hemerobie (s. Abbildung 125) überschreitet keines der Konsummuster den definierten Vergleichswert. Allerdings ist auch hier zu erwähnen, dass die Ernährung nicht abgebildet wird, und dadurch kein vollständiges Bild gezeichnet werden kann.

Beim GWP₁₀₀ (s. Abbildung 126) schneidet hier die Familie Yilmaz sowie das Ehepaar Schmitt schlechter ab, als die anderen Konsummuster.

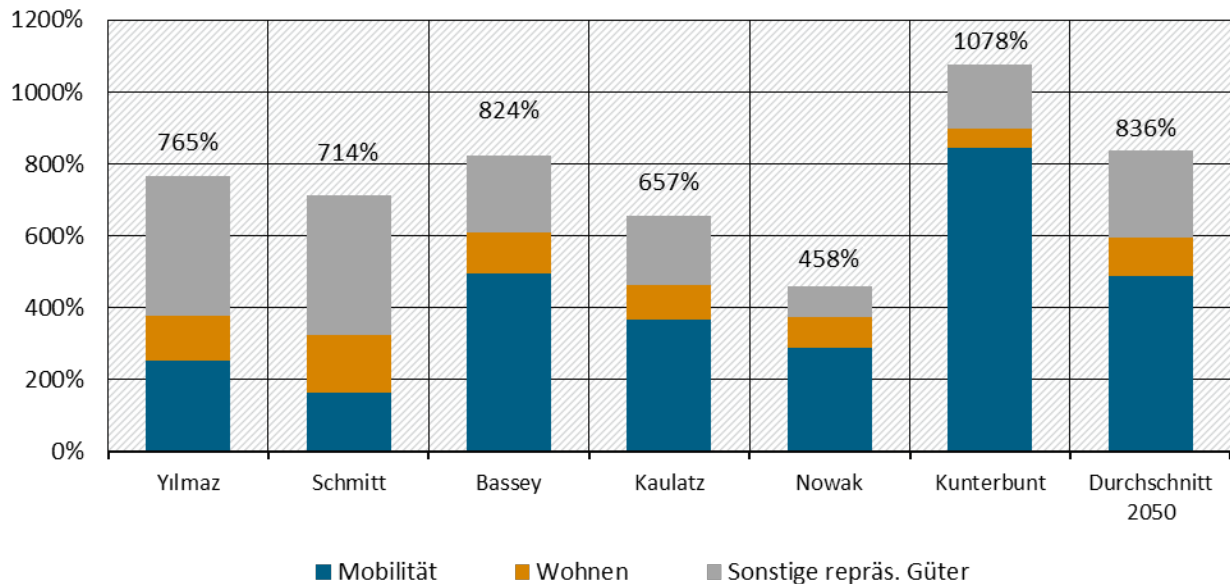
Abbildung 126: GWP100 durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050 relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung)



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; Anmerkung: die Ernährung wurde ausgeklammert.

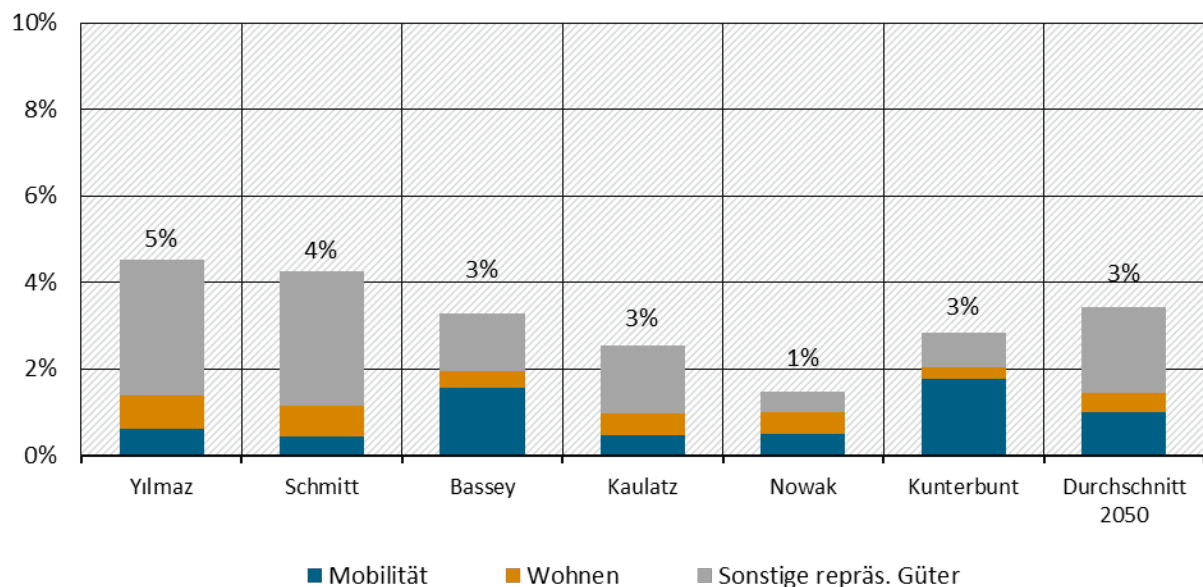
Der Vergleichswert für das Versauerungspotenzial wird von allen Konsummestern deutlich überschritten (s. Abbildung 127). Die Ergebnisse zeigen, dass das Versauerungspotenzial ein Problem ist, dem mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte. In den letzten 30 Jahren hat der Anteil der Landwirtschaft an der Versauerung zugenommen. Im Jahr 2020 lag der Anteil der aus landwirtschaftlichen Tätigkeiten stammenden Emissionen (vor allem Ammoniak- und Stickstoffoxid-Emissionen) bei rund 54 % (UBA 2022i). Der Durchschnittskonsum von Milch und Milchprodukten trägt auch im Jahr 2050, trotz Reduktion der THG-Emissionen aus der Lagerung und Ausbringung der Wirtschaftsdünger (Dittrich et al. 2020a), weiterhin zur Versauerung bei. Da hier die Ernährung nicht abgedeckt wird, ist diese ein Konsumfeld, dem hinsichtlich der Versauerung eine größere Aufmerksamkeit zukommen sollte. Daneben ist derzeit auch der Verkehr mit rund 15 % (UBA 2022f) ein wichtiger Verursacher für die Versauerung. Im Jahr 2050 tragen vor allem die Konsumgüter ÖPV und die E-Autos zur Versauerung bei, was überwiegend auf Vorketten, wie der Herstellung von E-Autos, zurückzuführen ist (Helms et al. 2016).

Abbildung 127: Versauerungspotenzial durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050 relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung)



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; Anmerkung: die Ernährung wurde ausgeklammert.

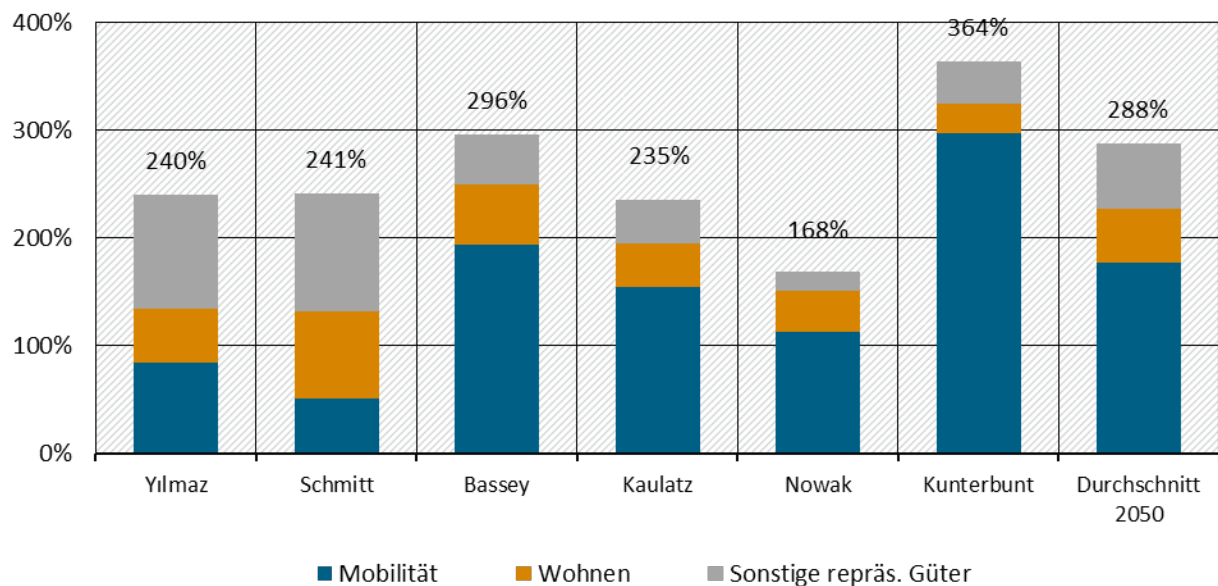
Abbildung 128: ODP durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050 relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung)



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; Anmerkung: die Ernährung wurde ausgeklammert.

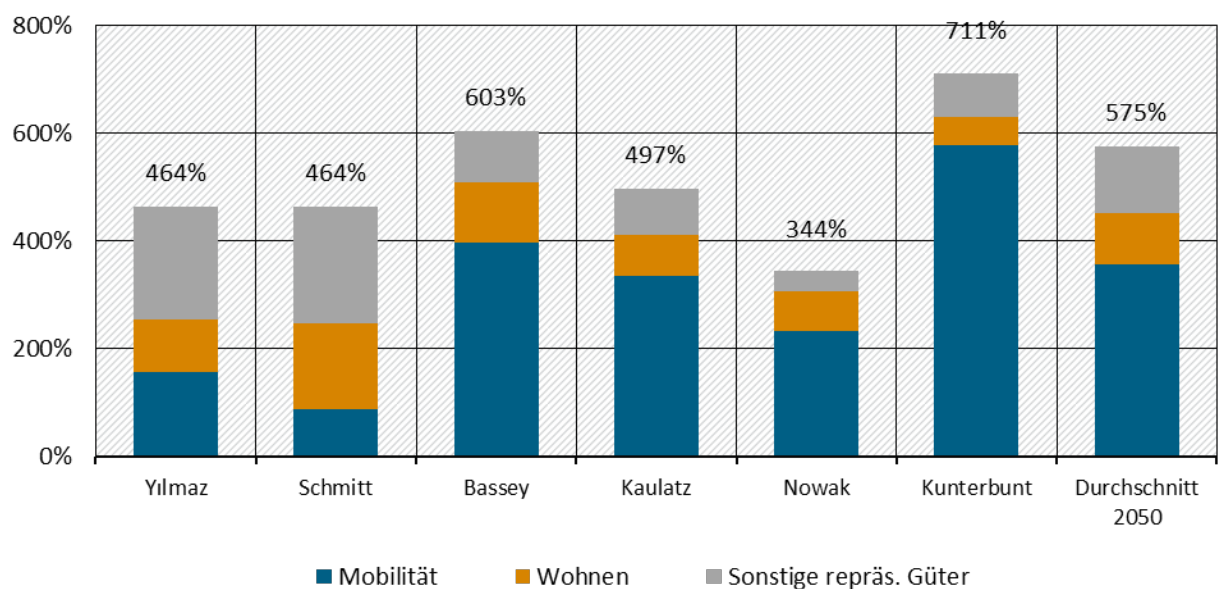
Während ODP als unkritisch betrachtet werden kann, da von keinem der Konsummuster der Vergleichswert überschritten wird (s. Abbildung 128), werden bei den Feinstaubfraktionen PM_{10} und $PM_{2,5}$ von keinem der Konsummuster die Vergleichswerte eingehalten (s. Abbildung 129 und Abbildung 130). Bei den meisten Personas sowie auch beim Durchschnitt ist die Mobilität für die Vergleichswertüberschreitungen in hohem Maße ausschlaggebend. Im Personenverkehr spielen vor allem die Fahrzeugherstellung und die Infrastruktur eine große Rolle bei den Feinstaubemissionen (Allekotte et al. 2020).

Abbildung 129: PM10 durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050 relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung)



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; Anmerkung: die Ernährung wurde ausgeklammert.

Abbildung 130: PM2,5 durch den Konsum der repräsentativen Güter im Jahr 2050 relativ zu den Vergleichswerten (ohne Ernährung)



Quelle: Eigene Berechnungen ifeu; Anmerkung: die Ernährung wurde ausgeklammert.

Zusammenfassend lassen sich folgende Aussagen treffen:

Die methodischen und datentechnischen Einschränkungen, die in Kapitel 3.1 bzw. 3.8 genannt sind, gelten auch für diese Auswertungen. Die angewandte Methode wurde im Projekt REFINE zum ersten Mal durchgeführt und in diesem Projekt zum ersten Mal auf gegenständliche Produkte angewandt und auf den Konsum hochgerechnet. Werte, anhand derer die Ergebnisse plausibilisiert werden könnten, sind rar und beschränken sich auf die Indikatoren KRA und KEA. Beide Indikatoren wurden im RESCUE-Projekt mit anderen Methoden berechnet.

Der Vergleich der Konsummuster zeigt, dass eine Lebensweise, die über alle repräsentativen Güter eher bescheiden ist wie im Falle der Familie Nowak, die geringsten Ressourceninanspruchnahmen und Umweltwirkungen verursacht.

Die untersuchten Konsummuster zeigen weiterhin, dass selbst wenn die technischen Umstellungen hin zu einer treibhausgasneutralen Produktionsweise, wie in GreenSupreme beschrieben, umgesetzt werden, verschiedene Umweltwirkungen weiterhin problematisch sind. Insbesondere Versauerung und Feinstaubemissionen werden weiterhin relevante Problembereiche sein, die es zu adressieren gilt. Es ist wichtig zu berücksichtigen, dass in den Ökobilanzen die treibhausgasseitig relevanten technischen Änderungen berücksichtigt wurden und damit im Zusammenhang stehende Versauerungspotenziale und Feinstaubemissionen. Es wurden jedoch keine expliziten technischen Umstellungen, die vor allem zu Veränderungen der Versauerungspotenziale bzw. Feinstaubemissionen führen, berücksichtigt. Das Ergebnis der Versauerungspotenziale und der Feinstaubemissionen der untersuchten Konsummuster macht deutlich, dass es zusätzlicher Anstrengungen bedarf, um diese Umweltprobleme zu mindern.

Die Auswertung der Konsummuster zeigt ferner, dass auch die Inanspruchnahme von Rohstoffen und Landflächen herausfordernd sein können. Sowohl die Rohstoffinanspruchnahme als auch die Inanspruchnahme von Landflächen durch Menschen sind hoch. Im RESCUE-Projekt wurden bereits verschiedene Maßnahmen unterstellt, um beide Ressourceninanspruchnahmen zu mindern, darunter ein verstärktes Recycling, die Erhöhung von Materialeffizienz, eine fleischreduzierte Ernährungsweise und der Rückgang der Flächenneuversiegelung. Nicht alle im RESCUE-Projekt angenommenen Maßnahmen und Änderungen konnten hinreichend und vollständig in die Ökobilanzen der repräsentativen Güter integriert werden, wodurch es im Ergebnis zu Überschätzungen der Ressourceninanspruchnahmen kommt. Nichtsdestotrotz deckt sich das Ergebnis insbesondere für den KRA mit den RESCUE-Ergebnissen. Auch im RESCUE-Projekt wurde festgestellt, dass – unter der Annahme einer globalen nachhaltigen Entwicklung – eine Vielzahl (jedoch nicht alle) der nachgefragten Rohstoffe knapp werden könnten.

Das Konsumfeld Ernährung wurde in dieser zusätzlichen Auswertung ausgeklammert. Der Konsum von Milch und Milchprodukten würde allerdings unter anderem die Indikatoren Naturraumbeanspruchung, Versauerungspotenzial, Hemerobie und GWP steigen lassen. Bei der Auswertung der Treibhausgasemissionen im Konzept der Planetaren Grenzen wurden nur die CO₂-Emissionen ausgewertet; in dieser zusätzlichen Auswertung wurden auch Methan und Lachgas berücksichtigt.

B Anhang zu Kapitel 4

B.1 Länder und Zuordnung zu den drei gewählten Ländergruppen

Tabelle 75: Gruppierung der Länder geographisch, nach Einkommen und nach Wachstumsdynamik

Land	Code	Kontinent	Einkommen	Wachstum
Afghanistan	AFG	Asien	Niedriges Einkommen	4-5 %
Ägypten	EGY	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	4-5 %
Albanien	ALB	Europa	Oberes mittleres Einkommen	5-6 %
Algerien	DZA	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	1-2 %
Amerikanische Jungferninseln	VIR	Lateinamerika & Karibik	Hohes Einkommen	1-2 %
Amerikanisch-Samoa	ASM	Australien Ozeanien	Oberes mittleres Einkommen	1-2 %
Andorra	AND	Europa	Hohes Einkommen	2-3 %
Angola	AGO	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	2-3 %
Antigua und Barbuda	ATG	Lateinamerika & Karibik	Hohes Einkommen	1-2 %
Äquatorialguinea	GNQ	Afrika	Oberes mittleres Einkommen	>6 %
Argentinien	ARG	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	3-4 %
Armenien	ARM	Asien	Oberes mittleres Einkommen	5-6 %
Aruba	ABW	Lateinamerika & Karibik	Hohes Einkommen	1-2 %
Aserbaidshan	AZE	Asien	Oberes mittleres Einkommen	3-4 %
Äthiopien	ETH	Afrika	Niedriges Einkommen	>6 %
Australien	AUS	Ozeanien	Hohes Einkommen	3-4 %
Bahamas	BHS	Lateinamerika & Karibik	Hohes Einkommen	1-2 %
Bahrain	BHR	Asien	Hohes Einkommen	1-2 %

Land	Code	Kontinent	Einkommen	Wachstum
Bangladesch	BGD	Asien	Niedrigeres mittleres Einkommen	>6 %
Barbados	BRB	Lateinamerika & Karibik	Hohes Einkommen	1-2 %
Belarus	BLR	Europa	Oberes mittleres Einkommen	4-5 %
Belgien	BEL	Europa	Hohes Einkommen	3-4 %
Belize	BLZ	Lateinamerika & Karibik	Niedrigeres mittleres Einkommen	2-3 %
Benin	BEN	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	3-4 %
Bermuda	BMU	Nord Amerika	Hohes Einkommen	3-4 %
Bhutan	BTN	Asien	Niedrigeres mittleres Einkommen	>6 %
Bolivien	BOL	Lateinamerika & Karibik	Niedrigeres mittleres Einkommen	4-5 %
Bosnien und Herzegowina	BIH	Europa	Oberes mittleres Einkommen	>6 %
Botsuana	BWA	Afrika	Oberes mittleres Einkommen	3-4 %
Brasilien	BRA	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	2-3 %
Britische Jungferninseln	VGB	Lateinamerika & Karibik	Hohes Einkommen	>6 %
Brunei Darussalam	BRN	Asien	Hohes Einkommen	<1 %
Bulgarien	BGR	Europa	Oberes mittleres Einkommen	3-4 %
Burkina Faso	BFA	Afrika	Niedriges Einkommen	4-5 %
Burundi	BDI	Afrika	Niedriges Einkommen	<1 %
Cabo Verde	CPV	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	>6 %
Cayman Islands	CYM	Lateinamerika & Karibik	Hohes Einkommen	<1 %
Chile	CHL	Lateinamerika & Karibik	Hohes Einkommen	5-6 %
China	CHN	China	Oberes mittleres Einkommen	>6 %

Land	Code	Kontinent	Einkommen	Wachstum
Costa Rica	CRI	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	4-5 %
Côte d'Ivoire	CIV	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	3-4 %
Curaçao	CUW	Lateinamerika & Karibik	Hohes Einkommen	<1 %
Dänemark	DNK	Europa	Hohes Einkommen	4-5 %
Deutschland	DEU	Europa	Hohes Einkommen	3-4 %
Dominica	DMA	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	3-4 %
Dominikanische Republik	DOM	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	5-6 %
Dschibuti	DJI	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	3-4 %
Ecuador	ECU	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	2-3 %
El Salvador	SLV	Lateinamerika & Karibik	Niedrigeres mittleres Einkommen	3-4 %
Eritrea	ERI	Afrika	Niedriges Einkommen	3-4 %
Estland	EST	Europa	Hohes Einkommen	>6 %
Eswatini	SWZ	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	3-4 %
Färöer Inseln	FRO	Europa	Hohes Einkommen	4-5 %
Fidschi	FJI	Ozeanien	Oberes mittleres Einkommen	3-4 %
Finnland	FIN	Europa	Hohes Einkommen	3-4 %
Frankreich	FRA	Europa	Hohes Einkommen	3-4 %
Französisch-Polynesien	PYF	Ozeanien	Hohes Einkommen	<1 %
Gabun	GAB	Afrika	Oberes mittleres Einkommen	<1 %
Gambia	GMB	Afrika	Niedriges Einkommen	1-2 %
Georgien	GEO	Asien	Oberes mittleres Einkommen	3-4 %
Ghana	GHA	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	5-6 %

Land	Code	Kontinent	Einkommen	Wachstum
Gibraltar	GIB	Europa	Hohes Einkommen	5-6 %
Grenada	GRD	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	4-5 %
Griechenland	GRC	Europa	Hohes Einkommen	2-3 %
Grönland	GRL	Nord Amerika	Hohes Einkommen	3-4 %
Guam	GUM	Ozeanien	Hohes Einkommen	3-4 %
Guatemala	GTM	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	3-4 %
Guinea	GIN	Afrika	Niedriges Einkommen	3-4 %
Guinea-Bissau	GNB	Afrika	Niedriges Einkommen	2-3 %
Guyana	GUY	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	>6 %
Haiti	HTI	Lateinamerika & Karibik	Niedrigeres mittleres Einkommen	1-2 %
Honduras	HND	Lateinamerika & Karibik	Niedrigeres mittleres Einkommen	3-4 %
Hongkong SVR	HKG	Asien	Hohes Einkommen	4-5 %
Indien	IND	Indien	Niedrigeres mittleres Einkommen	5-6 %
Indonesien	IDN	Asien	Niedrigeres mittleres Einkommen	4-5 %
Insel Man	IMN	Europa	Hohes Einkommen	>6 %
Irak	IRQ	Asien	Oberes mittleres Einkommen	4-5 %
Iran, Islamische Republik	IRN	Asien	Niedrigeres mittleres Einkommen	2-3 %
Irland	IRL	Europa	Hohes Einkommen	>6 %
Island	ISL	Europa	Hohes Einkommen	3-4 %
Israel	ISR	Asien	Hohes Einkommen	3-4 %
Italien	ITA	Europa	Hohes Einkommen	2-3 %
Jamaika	JAM	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	2-3 %
Japan	JPN	Asien	Hohes Einkommen	2-3 %
Jemen	YEM	Asien	Niedriges Einkommen	2-3 %

Land	Code	Kontinent	Einkommen	Wachstum
Jordanien	JOR	Asien	Oberes mittleres Einkommen	2-3 %
Kambodscha	KHM	Asien	Niedrigeres mittleres Einkommen	5-6 %
Kamerun	CMR	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	2-3 %
Kanada	CAN	Nord Amerika	Hohes Einkommen	2-3 %
Kanalinseln	CHI	Europa	Hohes Einkommen	>6 %
Kasachstan	KAZ	Asien	Oberes mittleres Einkommen	3-4 %
Katar	QAT	Asien	Hohes Einkommen	<1 %
Kenia	KEN	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	3-4 %
Kirgisistan	KGZ	Asien	Niedrigeres mittleres Einkommen	2-3 %
Kiribati	KIR	Ozeanien	Niedrigeres mittleres Einkommen	2-3 %
Kolumbien	COL	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	3-4 %
Komoren	COM	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	2-3 %
Kongo, Demokratische Republik	COD	Afrika	Niedriges Einkommen	<1 %
Kongo, Republik	COG	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	<1 %
Korea, Demokratische Volksrepublik	PRK	Asien	Niedriges Einkommen	<1 %
Korea, Republik	KOR	Asien	Hohes Einkommen	5-6 %
Kosovo	XKX	Europa	Oberes mittleres Einkommen	5-6 %
Kroatien	HRV	Europa	Hohes Einkommen	5-6 %
Kuba	CUB	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	4-5 %
Kuwait	KWT	Asien	Hohes Einkommen	<1 %

Land	Code	Kontinent	Einkommen	Wachstum
Laos, Demokratische Volksrepublik	LAO	Asien	Niedrigeres mittleres Einkommen	>6 %
Lesotho	LSO	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	3-4 %
Lettland	LVA	Europa	Hohes Einkommen	>6 %
Libanon	LBN	Asien	Oberes mittleres Einkommen	3-4 %
Liberia	LBR	Afrika	Niedriges Einkommen	1-2 %
Libyen	LBY	Afrika	Oberes mittleres Einkommen	<1 %
Liechtenstein	LIE	Europa	Hohes Einkommen	4-5 %
Litauen	LTU	Europa	Hohes Einkommen	>6 %
Luxemburg	LUX	Europa	Hohes Einkommen	4-5 %
Macau SVR	MAC	Asien	Hohes Einkommen	2-3 %
Madagaskar	MDG	Afrika	Niedriges Einkommen	<1 %
Malawi	MWI	Afrika	Niedriges Einkommen	4-5 %
Malaysia	MYS	Asien	Oberes mittleres Einkommen	4-5 %
Malediven	MDV	Asien	Oberes mittleres Einkommen	3-4 %
Mali	MLI	Afrika	Niedriges Einkommen	3-4 %
Malta	MLT	Europa	Hohes Einkommen	5-6 %
Marokko	MAR	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	3-4 %
Marshallinseln	MHL	Ozeanien	Oberes mittleres Einkommen	2-3 %
Mauretanien	MRT	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	2-3 %
Mauritius	MUS	Afrika	Oberes mittleres Einkommen	4-5 %
Mexiko	MEX	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	2-3 %
Mikronesien, Föderierte Staaten von	FSM	Ozeanien	Niedrigeres mittleres Einkommen	2-3 %

Land	Code	Kontinent	Einkommen	Wachstum
Moldau, Republik	MDA	Europa	Oberes mittleres Einkommen	5-6 %
Monaco	MCO	Europa	Hohes Einkommen	2-3 %
Mongolei	MNG	Asien	Niedrigeres mittleres Einkommen	4-5 %
Montenegro	MNE	Europa	Oberes mittleres Einkommen	>6 %
Mosambik	MOZ	Afrika	Niedriges Einkommen	5-6 %
Myanmar	MMR	Asien	Niedrigeres mittleres Einkommen	>6 %
Namibia	NAM	Afrika	Oberes mittleres Einkommen	3-4 %
Nauru	NRU	Ozeanien	Hohes Einkommen	>6 %
Nepal	NPL	Asien	Niedrigeres mittleres Einkommen	5-6 %
Neukaledonien	NCL	Ozeanien	Hohes Einkommen	2-3 %
Neuseeland	NZL	Ozeanien	Hohes Einkommen	3-4 %
Nicaragua	NIC	Lateinamerika & Karibik	Niedrigeres mittleres Einkommen	3-4 %
Niederlande	NLD	Europa	Hohes Einkommen	3-4 %
Niger	NER	Afrika	Niedriges Einkommen	1-2 %
Nigeria	NGA	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	3-4 %
Nördliche Marianen	MNP	Ozeanien	Hohes Einkommen	<1 %
Nordmazedonien	MKD	Europa	Oberes mittleres Einkommen	3-4 %
Norwegen	NOR	Europa	Hohes Einkommen	4-5 %
Oman	OMN	Asien	Hohes Einkommen	<1 %
Österreich	AUT	Europa	Hohes Einkommen	3-4 %
Pakistan	PAK	Asien	Niedrigeres mittleres Einkommen	3-4 %
Palau	PLW	Ozeanien	Hohes Einkommen	3-4 %
Panama	PAN	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	5-6 %

Land	Code	Kontinent	Einkommen	Wachstum
Papua-Neuguinea	PNG	Ozeanien	Niedrigeres mittleres Einkommen	3-4 %
Paraguay	PRY	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	2-3 %
Peru	PER	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	4-5 %
Philippinen	PHL	Asien	Niedrigeres mittleres Einkommen	3-4 %
Polen	POL	Europa	Hohes Einkommen	5-6 %
Portugal	PRT	Europa	Hohes Einkommen	3-4 %
Puerto Rico	PRI	Lateinamerika & Karibik	Hohes Einkommen	3-4 %
Ruanda	RWA	Afrika	Niedriges Einkommen	4-5 %
Rumänien	ROU	Europa	Oberes mittleres Einkommen	>6 %
Russische Föderation	RUS	Europa	Oberes mittleres Einkommen	4-5 %
Salomon-Inseln	SLB	Ozeanien	Niedrigeres mittleres Einkommen	2-3 %
Sambia	ZMB	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	2-3 %
Samoa	WSM	Ozeanien	Niedrigeres mittleres Einkommen	3-4 %
San Marino	SMR	Europa	Hohes Einkommen	1-2 %
São Tomé und Príncipe	STP	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	4-5 %
Saudi-Arabien	SAU	Asien	Hohes Einkommen	1-2 %
Schweden	SWE	Europa	Hohes Einkommen	3-4 %
Schweiz	CHE	Europa	Hohes Einkommen	3-4 %
Senegal	SEN	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	2-3 %
Serbien	SRB	Europa	Oberes mittleres Einkommen	5-6 %
Seychellen	SYC	Afrika	Hohes Einkommen	3-4 %
Sierra Leone	SLE	Afrika	Niedriges Einkommen	2-3 %

Land	Code	Kontinent	Einkommen	Wachstum
Simbabwe	ZWE	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	1-2 %
Singapur	SGP	Asien	Hohes Einkommen	4-5 %
Slowakei	SVK	Europa	Hohes Einkommen	5-6 %
Slowenien	SVN	Europa	Hohes Einkommen	3-4 %
Somalia	SOM	Afrika	Niedriges Einkommen	3-4 %
Spanien	ESP	Europa	Hohes Einkommen	3-4 %
Sri Lanka	LKA	Asien	Niedrigeres mittleres Einkommen	5-6 %
St. Kitts und Nevis	KNA	Lateinamerika & Karibik	Hohes Einkommen	3-4 %
St. Lucia	LCA	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	2-3 %
St. Martin (französischer Teil)	MAF	Lateinamerika & Karibik	Hohes Einkommen	<1 %
St. Martin (niederländischer Teil)	SXM	Lateinamerika & Karibik	Hohes Einkommen	1-2 %
St. Vincent und die Grenadinen	VCT	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	4-5 %
Südafrika	ZAF	Afrika	Oberes mittleres Einkommen	2-3 %
Sudan	SDN	Afrika	Niedriges Einkommen	4-5 %
Südsudan	SSD	Afrika	Niedriges Einkommen	<1 %
Suriname	SUR	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	3-4 %
Syrien, Arabische Republik	SYR	Asien	Niedriges Einkommen	<1 %
Tadschikistan	TJK	Asien	Niedrigeres mittleres Einkommen	1-2 %
Taiwan	TWN	Asien	Hohes Einkommen	5-6 %
Tansania, Vereinigte Republik	TZA	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	3-4 %
Thailand	THA	Asien	Oberes mittleres Einkommen	4-5 %
Timor-Leste	TLS	Asien	Niedrigeres mittleres Einkommen	4-5 %

Land	Code	Kontinent	Einkommen	Wachstum
Togo	TGO	Afrika	Niedriges Einkommen	3-4 %
Tonga	TON	Ozeanien	Oberes mittleres Einkommen	3-4 %
Trinidad und Tobago	TTO	Lateinamerika & Karibik	Hohes Einkommen	4-5 %
Tschad	TCD	Afrika	Niedriges Einkommen	2-3 %
Tschechien	CZE	Europa	Hohes Einkommen	4-5 %
Tunesien	TUN	Afrika	Niedrigeres mittleres Einkommen	3-4 %
Türkei	TUR	Europa	Oberes mittleres Einkommen	4-5 %
Turkmenistan	TKM	Asien	Oberes mittleres Einkommen	3-4 %
Turks- und Caicosinseln	TCA	Lateinamerika & Karibik	Hohes Einkommen	<1 %
Tuvalu	TUV	Ozeanien	Oberes mittleres Einkommen	3-4 %
Uganda	UGA	Afrika	Niedriges Einkommen	4-5 %
Ukraine	UKR	Europa	Niedrigeres mittleres Einkommen	1-2 %
Ungarn	HUN	Europa	Hohes Einkommen	4-5 %
Uruguay	URY	Lateinamerika & Karibik	Hohes Einkommen	4-5 %
Usbekistan	UZB	Asien	Niedrigeres mittleres Einkommen	3-4 %
Vanuatu	VUT	Ozeanien	Niedrigeres mittleres Einkommen	1-2 %
Venezuela, Bolivarische Republik	VEN	Lateinamerika & Karibik	Oberes mittleres Einkommen	2-3 %
Vereinigte Arabische Emirate	ARE	Asien	Hohes Einkommen	<1 %
Vereinigte Staaten	USA	Nord Amerika	Hohes Einkommen	3-4 %
Vereinigtes Königreich	GBR	Europa	Hohes Einkommen	3-4 %
Vietnam	VNM	Asien	Niedrigeres mittleres Einkommen	>6 %

Land	Code	Kontinent	Einkommen	Wachstum
Westjordanland und Gazastreifen	PSE	Asien	Niedrigeres mittleres Einkommen	3-4 %
Zentralafrikanische Republik	CAF	Afrika	Niedriges Einkommen	1-2 %
Zypern	CYP	Asien	Hohes Einkommen	3-4 %

6 Quellenverzeichnis

- A4ANZ (2018): The Performance & Impact of Australia's Airports since Privatisation. Airlines for Australia & New Zealand, Melbourne. S. 20 https://www.a4anz.com/documents/A4ANZ_Report-The_Performance_and_Impact_of_Australias_Airports.pdf (15.11.2022).
- ABS (1995): Special Feature: Household pets. In: *Australian Bureau of Statistics*. c=AU; o=Commonwealth of Australia; ou=Australian Bureau of Statistics. <https://www.abs.gov.au/Ausstats/abs@.nsf/7d12b0f6763c78caca257061001cc588/5ef8016f420622a3ca2570ec00753524!OpenDocument> (18.11.2022).
- ABS (2021): Motor Vehicle Census, Australia, 31 Jan 2021. In: *Australian Bureau of Statistics*. <https://www.abs.gov.au/statistics/industry/tourism-and-transport/motor-vehicle-census-australia/latest-release> (04.11.2022).
- ACEA (2021a): World new motor vehicle registrations (in units). In: *ACEA - European Automobile Manufacturers' Association*. <https://www.acea.auto/figure/world-new-motor-vehicle-registrations-in-units/> (04.01.2022).
- ACEA (2021b): Passenger cars: what they are and why they are so important. In: *ACEA - European Automobile Manufacturers' Association*. <https://www.acea.auto/fact/passenger-cars-what-they-are-and-why-they-are-so-important/> (04.01.2022).
- ACEA (2022a): Passenger car registrations in Europe 1990-2021, by country. In: *ACEA - European Automobile Manufacturers' Association*. <https://www.acea.auto/figure/passenger-car-registrations-in-europe-since-1990-by-country/> (04.11.2022).
- ACEA (2022b): Report - Vehicles in use, Europe 2022. In: *ACEA - European Automobile Manufacturers' Association*. <https://www.acea.auto/publication/report-vehicles-in-use-europe-2022/> (04.11.2022).
- AFC (2022): National Clothing Product Stewardship Scheme. Milestone 1.4 - Clothing Data Report. Australian Fashion Council. <https://ausfashioncouncil.com/product-stewardship/> (03.11.2022).
- African Development Bank (2015): Rail Infrastructure in Africa: Financing Policy Options. African Development Bank. https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Events/ATFforum/Rail_Infrastructure_in_Africa_-_Financing_Policy_Options_-_AfDB.pdf (14.12.2023).
- African Development Bank Group (2015): Rail Infrastructure in Africa - Financing Policy Options. Transport, Urban Development and ICT Department, Abidjan. https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Events/ATFforum/Rail_Infrastructure_in_Africa_-_Financing_Policy_Options_-_AfDB.pdf (19.11.2022).
- African Union (2021): African Single Electricity Market (AfSEM) Launched. In: *Africa-EU Energy Partnership*. <https://africa-eu-energy-partnership.org/african-single-electricity-market-afsem-launched/> (22.11.2022).
- African Union (o.J.): Flagship Projects of Agenda 2063. In: *African Union*. <https://au.int/en/agenda2063/flagship-projects> (19.11.2022).
- AGEB (2022): Auswertungstabellen zur Energiebilanz 1990 bis 2021. In: *AG Energiebilanzen e. V.* <https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/auswertungstabellen/> (26.01.2023).
- AGVS (o.J.): Das Automobil ist eine unvergleichliche Erfolgsgeschichte. In: *AGVS | UPSA*. <https://www.agvs-upsa.ch/de/welt-des-autos/bedeutung-der-mobilitaet/geschichte> (04.11.2022).
- Ahlert, G.; Hoffmann, F.; Meyer, M.; Walter, H.; Buhl, J.; Greiff, K.; Lettenmeier, M.; Liedtke, C.; Schipperges, M.; Steger, S.; Teubler, J. (2015): Global nachhaltige materielle Wohlfahrtsniveaus – Analyse und

Veranschaulichung global nachhaltiger materieller Versorgungspfade auf der Ebene von Haushalten.

Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/global-nachhaltige-materielle-wohlstandsniveaus> (13.08.2021).

Akenji, L.; Lettenmeier, M.; Koide, R.; Toivio, V.; Amellina, A. (2019): 1.5-Degree Lifestyles: Targets and options for reducing lifestyle carbon footprints. Institute for Global Environmental Strategies, Aalto University, D-mat Ltd., Hayama, Japan. <https://www.iges.or.jp/en/pub/15-degrees-lifestyles-2019/en> (12.12.2023).

Aldenrath, P. (2019): Imagine every household in India is digitally literate! In: *Deutsche Welle Akademie*. <https://www.dw.com/en/imagine-every-household-in-india-is-digitally-literate/av-47121742> (09.11.2022).

Alexandratos, N.; Bruinsma, J. (2012): World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. In: 2521-1838. DOI: 10.22004/ag.econ.288998.

Ali, M. A.; Farooq, J.; Batool, A.; Zahoor, A.; Azeem, F.; Mahmood, A.; Jabran, K. (2019): Cotton Production in Pakistan. In: *Cotton Production*. John Wiley & Sons, Ltd. S. 249–276 DOI: 10.1002/9781119385523.ch12.

Allekotte, M.; Bergk, F.; Biemann, K.; Deregowski, C.; Knörr, W.; Althaus, H.-J.; Sutter, D.; Bergmann, T. (2020): Ökologische Bewertung von Verkehrsarten. Umwelt, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_156-2020_oekologische_bewertung_von_verkehrsarten_0.pdf (15.05.2023).

Allen, M. (2019): Plant-based food retail sales are growing 5x total food sales. <https://gfi.org/blog/spins-data-release-2019/> (14.12.2023).

Allianz (2021): Haustiere – ein boomender Markt. <https://de.allianzgi.com/maerkte-und-themen/thematisch-investieren/haustiere-ein-boomender-markt> (11.08.2022).

AMA (2019): Pets in Australia: A national survey of pets and people. Animal Medicines Australia, Barton, Sydney. https://animalmedicinesaustralia.org.au/wp-content/uploads/2019/10/ANIM001-Pet-Survey-Report19_v1.7_WEB_high-res.pdf (18.11.2022).

Amanet, K.; Chiamaka, E. O.; Quansah, G. W.; Mubeen, M.; Farid, H. U.; Akram, R.; Nasim, W. (2019): Cotton Production in Africa. In: *Cotton Production*. John Wiley & Sons, Ltd. S. 359–369 DOI: 10.1002/9781119385523.ch17.

Andersen, C. E.; Ohms, P.; Rasmussen, F. N.; Birgisdóttir, H.; Birkved, M.; Hauschild, M.; Ryberg, M. (2020): Assessment of absolute environmental sustainability in the built environment. In: *Building and Environment*. Vol. 171, S. 106633 DOI: 10.1016/j.buildenv.2019.106633.

Anirudh, S. K. (2021): Only 1 Percent of Households in India Take 45 Percent of Flights, Says Global Study on Frequent Flyers. In: *News18*. <https://www.news18.com/news/auto/only-1-percent-of-households-in-india-take-45-percent-of-flights-says-global-study-on-frequent-flyers-3592007.html> (09.11.2022).

Annaheim, J.; Jungbluth, N.; Meili, C. (2019): Ökobilanz von Haus- und Heimtieren. Überarbeiteter und ergänzter Bericht. No. ESU-services Ltd. DOI: 10.13140/RG.2.2.35878.98882/1.

APTA (2021): 2021 Public Transportation Fact Book. American Public Transportation Association. <https://www.apta.com/wp-content/uploads/APTA-2021-Fact-Book.pdf> (19.11.2022).

APTA (2022): Public Transportation Facts. In: *American Public Transportation Association*. <https://www.apta.com/news-publications/public-transportation-facts/> (19.11.2022).

ASEAN Secretariat (2019): ASEAN Integration Report 2019. The ASEAN Secretariat Community Relations Division (CRD), Jakarta. <https://asean.org/wp-content/uploads/2019/11/ASEAN-integration-report-2019.pdf> (15.11.2022).

- Aulakh, G. (2023): India's bullet train to run by August 2026: Ashwini Vaishnaw. In: *mint*. <https://www.livemint.com/news/india/indias-bullet-train-to-run-by-august-2026-ashwini-vaishnaw-11678807757670.html> (29.11.2023).
- Auswärtiges Amt (2022): Indien: Steckbrief. In: *Auswärtiges Amt*. <https://www.auswaertiges-amt.de/de/aussenpolitik/laender/indien-node/steckbrief/205974> (07.11.2022).
- aviationbenefits (2020a): Global Fact Sheet. Air Transport Action Group. <https://www.atag.org/component/attachments/attachments.html?id=933> (14.11.2022).
- aviationbenefits (2020b): Aviation Benefits Beyond Borders: Powering global economic growth, employment, trade links, tourism and support for sustainable development through air transport, despite global crisis. Air Transport Action Group, Genf. https://aviationbenefits.org/media/167517/aw-oct-final-atag_abbb-2020-publication-digital.pdf (14.11.2022).
- aviationbenefits (2021): Covid-19 Analysis Fact Sheet. Air Transport Action Group. https://aviationbenefits.org/media/167482/abbb21_factsheet_covid19-1.pdf (14.11.2022).
- AVMA (2012): Market research statistics - U.S. Pet Ownership 2012. In: *American Veterinary Medical Association*. <https://www.avma.org/resources/reports-statistics/market-research-statistics-us-pet-ownership-2012> (18.11.2022).
- AVMA (2021): Pet population still on the rise, with fewer pets per household. In: *American Veterinary Medical Association*. <https://www.avma.org/javma-news/2021-12-01/pet-population-still-rise-fewer-pets-household> (18.11.2022).
- Ayetor, G. K.; Mbonigaba, I.; Sackey, M. N.; Andoh, P. Y. (2021): Vehicle regulations in Africa: Impact on used vehicle import and new vehicle sales. In: *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*. Vol. 10, S. 100384 DOI: 10.1016/j.trip.2021.100384.
- Baan, W.; Gao, P.; Zipser, D. (2017): Savvy and sophisticated: Meet China's evolving car buyers | McKinsey. In: *McKinsey & Company*. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/savvy-and-sophisticated-meet-chinas-evolving-car-buyers#>; (04.11.2022).
- Bacha, E. L. (2003): Brazil's Plano Real: a view from the inside. In: *Development Economics and Structuralist Macroeconomics: Essays in Honor of Lance Taylor*. Development Economics and Structuralist Macroeconomics: Essays in Honor of Lance Taylor S. 181- 205. DOI: <https://doi.org/10.4337/9781781950081.00021>.
- Balmurli, N.; Suraj, J. (2018): „Provincialising“ Vegetarianism: Putting Indian Food Habits in Their Place. In: *Economic and Political Weekly*. Vol. 53, No. 9.
- Banerjee, I. (2011): Automobility in India: A Study of Car Acquisition & Ownership Trends in the City of Surat. University of California, Berkeley. <https://escholarship.org/uc/item/9dp9w8fn> (07.11.2022).
- Baquero, O. S.; Queiroz, M. R. (2019): Size, spatial and household distribution, and rabies vaccination coverage of the Brazilian owned-dog population. In: *Transboundary and Emerging Diseases*. Vol. 66, No. 4, S. 1693–1700 DOI: 10.1111/tbed.13204.
- Basal, H.; Karademir, E.; Goren, H. K.; Sezener, V.; Dogan, M. N.; Gencsoylu, I.; Erdogan, O. (2019): Cotton Production in Turkey and Europe. In: *Cotton Production*. John Wiley & Sons, Ltd. S. 297–321 DOI: 10.1002/9781119385523.ch14.
- Belsare, A.; Vanak, A. T. (2020): Modelling the challenges of managing free-ranging dog populations. In: *Scientific Reports*. Nature Publishing Group. Vol. 10, No. 1, S. 18874 DOI: 10.1038/s41598-020-75828-6.
- Bernier, A. (2018): Strom für Afrika. In: *Le Monde Diplomatique*. <https://monde-diplomatique.de/artikel/!5480793> (23.11.2022).

Beton, A.; Dias, D.; Farrant, L.; Gibon, T.; Le Guern, Y.; Desaxce, M.; Perwuelz, A.; Boufateh, I. (2014): Environmental improvement potential of textiles (IMPRO Textiles). Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://data.europa.eu/doi/10.2791/52624> (23.08.2021).

BFN (2020): Naturschutzgebiete in Deutschland. In: *Bundesamt für Naturschutz*. <https://www.bfn.de/daten-und-fakten/naturschutzgebiete-deutschland> (26.01.2023).

Bhagat, R. B.; Sarode, S.; Dwivedi, L. K. (2018): Access to Household Amenities and Assets in India: An Analysis of Census Data. International Institute for Population Sciences, Mumbai. DOI: 10.4324/9780429298356 <https://www.taylorfrancis.com/books/9781000072693> (09.11.2022).

Bhalla, K. (2022): Impulse buys, fast fashion end up in landfills and stay intact for 200 years. In: *Business Insider*. <https://www.businessinsider.in/retail/news/impulse-buys-fast-fashion-end-up-in-landfills-and-stay-intact-for-200-years/articleshow/92533424.cms> (09.11.2022).

Bjørn, A.; Hauschild, M. Z. (2015): Introducing carrying capacity-based normalisation in LCA: framework and development of references at midpoint level. In: *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 20, No. 7, S. 1005–1018 DOI: 10.1007/s11367-015-0899-2.

Black, A.; Makundi, B.; McLennan, T. (2017): Africa's Automotive Industry: Potential and Challenges. African Development Bank, Abidjan, Côte d'Ivoire. https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Publications/WPS_No_282_Africa%E2%80%99s_Automotive_Industry_Potential_and_Challenges.pdf (04.11.2022).

Blaise, D.; Kranthi, K. R. (2019): Cotton Production in India. In: *Cotton Production*. John Wiley & Sons, Ltd. S. 193–215 DOI: 10.1002/9781119385523.ch10.

BMDV (2021a): Verwendung alternativer Antriebe im Schienenpersonennahverkehr. In: *Bundesministerium für Digitales und Verkehr*. <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/E/schiene-aktuell/verwendung-alternativer-antriebe-im-schienenpersonennahverkehr.html> (19.11.2022).

BMDV (2021b): Mit der Elektrobahn klimaschonend in die Zukunft – Das Bahn-Elektrifizierungsprogramm des Bundes. In: *Bundesministerium für Digitales und Verkehr*. <https://www.bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/E/schiene-aktuell/elektrobahn-klimaschonend-zukunft-bahn-elektrifizierungsprogramm.html> (19.11.2022).

BMDV (2022): ÖPNV - Öffentlicher Personennahverkehr. In: *Bundesministerium für Digitales und Verkehr*. <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/oeffentlicher-personennahverkehr.html> (19.11.2022).

BMEL (2021): Lebensraum Wald – mehr biologische Vielfalt im Wald. In: *Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur*. <https://www.bundeswaldinventur.de/dritte-bundeswaldinventur-2012/lebensraum-wald-mehr-biologische-vielfalt-im-wald/> (15.11.2021).

BMU (2021): Mode und Textilien. In: *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit*. <https://www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/konsum-und-produkte/produktbereiche/mode-und-textilien> (27.09.2021).

BMU; UBA (2019): Umweltbewusstsein in Deutschland 2018. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltbewusstsein-in-deutschland-2018> (13.08.2021).

BMUV (2020): Auf dem Weg zur Nachhaltigen Mobilität. In: *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz*. <https://www.bmuv.de/themen/luft-laerm-mobilitaet/verkehr/auf-dem-weg-zur-nachhaltigen-mobilitaet> (04.11.2022).

- BMUV (2022): Sommersmog. In: *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz*. <https://www.bmuv.de/themen/gesundheit-chemikalien/gesundheit/luftreinhaltung/sommersmog> (26.01.2023).
- BMVI; Difu (2014): Radverkehr in Deutschland: Zahlen, Daten, Fakten. Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu); Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin. S. 44
https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/K/radverkehr-in-zahlen.pdf?__blob=publicationFile (15.11.2021).
- Bocksch, R. (2022): Öffis spielen in den USA keine Rolle. In: *Statista*.
<https://de.statista.com/infografik/24923/anteil-der-pendler-die-den-oepnv-fuer-den-arbeitsweg-nutzen/> (19.11.2022).
- Bolton, R. (2021): *Making Energy Markets: The Origins of Electricity Liberalisation in Europe*. Springer International Publishing, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-90075-5.
- Bopst, J.; Herbener, R.; Hölzer-Schopohl, O.; Lindmaier, J.; Myck, T.; Weiß, J. (2019a): Umweltschonender Luftverkehr: lokal - national - international. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. S. 150
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-11-06_texte-130-2019_umweltschonender_luftverkehr_0.pdf (14.11.2022).
- Bopst, J.; Hölzer-Schopohl, O.; Lindmaier, J.; Myck, T.; Schmied, M.; Weiß, J. (2019b): Wohin geht die Reise? Luftverkehr der Zukunft: umwelt- und klimaschonend, treibhausgasneutral, lärmarm. UBA Forum: mobil & nachhaltig Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. S. 52
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_fb_wohin-geht-die-reise.pdf (14.11.2022).
- Boquet, Y. (2010): Changing mobilities in Asian cities. The 2010 Southeast Asian Geography Conference (SEAGA) Hanoi, Vietnam. S. <http://seaga.webnode.com/proceedings/seaga-conference-2010/>
<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00908986> (04.11.2022).
- Bradbury, M.; Peterson, M. N.; Liu, J. (2014): Long-term dynamics of household size and their environmental implications. In: *Population and Environment*. Vol. 36, No. 1, S. 73–84 DOI: 10.1007/s11111-014-0203-6.
- BRTData (2022): Latin America. In: *Global BRT Data*. https://brtdata.org/location/latin_america/ (19.11.2022).
- BTS (2018): Average Annual PMT, VMT Person Trips and Trip Length by Trip Purpose. In: *Bureau of Transportation Statistics*. Not Available. <https://tinyurl.com/rosapntlbtSNTS> (04.11.2022).
- BTS (2020): *Transportation Statistics Annual Report 2020*. United States Department of Transportation Bureau of Transportation Statistics, Washington DC. <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/53936> (04.11.2022).
- BTS (2021a): Number of U.S. Aircraft, Vehicles, Vessels, and Other Conveyances. In: *Bureau of Transportation Statistics*. <https://www.bts.gov/content/number-us-aircraft-vehicles-vessels-and-other-conveyances> (04.11.2022).
- BTS (2021b): Retail New Passenger Car Sales. In: *Bureau of Transportation Statistics*. Not Available. <https://tinyurl.com/rosapntlbtSNTS> (04.11.2022).
- BTS (2021c): U.S. Passenger-Miles. In: *Bureau of Transportation Statistics*. Not Available. <https://tinyurl.com/rosapntlbtSNTS> (19.11.2022).
- Bundesregierung (2021): Weltweit 30 Prozent der Land- und Meeresflächen schützen. In: *Die Bundesregierung informiert | Startseite*. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/biologische-vielfalt-schuetzen-1835770> (25.01.2023).

Bundeszentrale für politische Bildung (2022): Informations- und Kommunikationstechnologie. In: *Bundeszentrale für politische Bildung*.

Burghouwt, G.; Mendes De Leon, P.; De Wit, J. (2015): EU Air Transport Liberalisation Process, Impacts and Future Considerations. In: *International Transport Forum Discussion Papers*. 2015/04, OEC Publishing, Paris. DOI: <https://doi.org/10.1787/5jrw13t57flq-en>.

Busch, M.; Fehrenbach, H.; Vogt, R. (o.J.): Wirkungsabschätzung. <https://www.ifeu.de/methoden-tools/wirkungsabschaetzung/> (26.01.2023).

BusinessTech (2022): Big changes coming for public transport in South Africa – including upgraded taxis and a national ticketing system. <https://businesstech.co.za/news/government/637581/big-changes-coming-for-public-transport-in-south-africa-including-upgraded-taxis-and-a-national-ticketing-system/> (13.12.2022).

CAAC (2019): Statistical Bulletin of Civil Aviation Industry Development in 2019. China Civil Aviation Annual Report 2019 <http://www.caac.gov.cn/en/HYYJ/NDBG/202011/W020201123499246549689.pdf> (15.11.2022).

Cabeza, L. F.; Ürge-Vorsatz, D.; Ürge, D.; Palacios, A.; Barreneche, C. (2018): Household appliances penetration and ownership trends in residential buildings. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 98, S. 1–8 DOI: [10.1016/j.rser.2018.09.006](https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.09.006).

CANZ (2020): Companion Animals in New Zealand 2020. Companion Animals New Zealand, Auckland. <https://static1.squarespace.com/static/5d1bf13a3f8e880001289eeb/t/5f768e8a17377653bd1eebef/1601605338749/Companion+Animals+in+NZ+2020+%281%29.pdf> (18.11.2022).

Cao, Z. (2022): Integrating Station-Area Development with Rail Transit Networks: Lessons from Japan Railway in Tokyo. In: *Urban Rail Transit*. DOI: [10.1007/s40864-022-00171-0](https://doi.org/10.1007/s40864-022-00171-0).

CAPA (2019): Air Vanuatu: new A220 fleet to support rapid inbound growth. In: *CAPA Centre for Aviation*. <https://centreforaviation.com/analysis/reports/air-vanuatu-new-a220-fleet-to-support-rapid-inbound-growth-486447> (15.11.2022).

Carvelli, A.; Scaramozzino, P.; Iacoponi, F.; Condoleo, R.; Marta, U. D. (2020): Size, demography, ownership profiles, and identification rate of the owned dog population in central Italy. In: *PLOS ONE*. Public Library of Science. Vol. 15, No. 10, S. e0240551 DOI: [10.1371/journal.pone.0240551](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240551).

CBI (2020): The European market potential for sustainable cotton. In: *CBI Ministry of Foreign Affairs*. <https://www.cbi.eu/market-information/apparel/sustainable-cotton/market-potential> (04.11.2022).

CEIC (2021): China Floor Area of Residential Building per Capita: Urban: Shanghai. <https://www.ceicdata.com/en/china/residential-area-per-capita-prefecture-level-city-urban/floor-area-of-residential-building-per-capita-urban-shanghai> (14.12.2023).

CEIC (2022a): Südafrika Monatliches Einkommen. <https://www.ceicdata.com/de/indicator/south-africa/monthly-earnings> (14.12.2023).

CEIC (2022b): China Floor Area of Residential Building per Capita: Urban: Beijing. <https://www.ceicdata.com/en/china/residential-area-per-capita-prefecture-level-city-urban/floor-area-of-residential-building-per-capita-urban-beijing> (14.12.2023).

CEIC (2022c): China Floor Area of Residential Building per Capita: Urban: Tianjin. <https://www.ceicdata.com/en/china/residential-area-per-capita-prefecture-level-city-urban/floor-area-of-residential-building-per-capita-urban-tianjin> (14.12.2023).

CEIC (2022d): Russia Residential Housing Stock: Area per Capita. <https://www.ceicdata.com/en/russia/residential-housing-stock-area-per-capita/residential-housing-stock-area-per-resident-urban> (14.12.2023).

CEIC (2022e): China Residential Area per Capita. <https://www.ceicdata.com/en/china/residential-area-per-capita> (14.12.2023).

CEPAL (2015): Transport and aviation policy in Latin America and the Caribbean in the context of sustainable development. Bulletin FAL Comisión Económica para América Latina. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39305/1/S1500815_en.pdf (15.11.2022).

CEPALSTAT (2022): CEPALSTAT: Statistics and Indicators - Statistical Databases and Publications. https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=4619&area_id=409&lang=en (14.12.2023).

CEROM (2014): Estimation of per capita GDP in Saint-Martin. https://www.cerom-outremer.fr/IMG/pdf/saint-martin_gdp_in_2014_cerom_may2018.pdf (04.01.2022).

CEROM (2018): Estimation of per capita GDP in Saint-Martin. Growth driven by public investment. AFD, EDOM, Insee. https://www.cerom-outremer.fr/IMG/pdf/saint-martin_gdp_in_2014_cerom_may2018.pdf (04.01.2022).

Chakrabarty, M.; Mukherjee, S. (2022): Financial Inclusion and Household Welfare: An Entropy-Based Consumption Diversification Approach. In: *The European Journal of Development Research*. Vol. 34, No. 3, S. 1486–1521 DOI: 10.1057/s41287-021-00431-y.

Chawla, A. (2009): Milk and dairy products in India—production, consumption and exports. Infolithics, Mumbai. Released for FREE DOWNLOAD at www.hindustanstudies.com (14.12.2023).

Chen, W. (2019): The dark side of China's pet boom. In: *China Dialogue*. <https://chinadialogue.net/en/business/11654-the-dark-side-of-china-s-pet-boom-2/> (18.11.2022).

Cheng, P.; Gao, Y. (2021): Chapter 21 - Asia electricity markets. In: T. PINTO: / Z. VALE: / S. WIDERGREN: *Local Electricity Markets*. Academic Press. S. 367–406 DOI: 10.1016/B978-0-12-820074-2.00020-4.

Cheung, A. K.-L.; Yeung, W.-J. J. (2015): Temporal-spatial patterns of one-person households in China, 1982–2005. In: *Demographic Research*. Vol. 32, S. 1209–1238 DOI: 10.4054/demres.2015.32.44.

chinapetmarket (2018): China Pet Population and Ownership. In: *China Pet Market*. <https://www.chinapetmarket.com/china-pet-population-and-ownership-2019/> (18.11.2022).

Chinn, M. D.; Fairlie, R. W. (2010): ICT Use in the Developing World: An Analysis of Differences in Computer and Internet Penetration. In: *Review of International Economics*. Vol. 18, No. 1, S. 153–167 DOI: 10.1111/j.1467-9396.2009.00861.x.

Chipeta, M. G.; Kumaran, E. P. A.; Browne, A. J.; Hamadani, B. H. K.; Haines-Woodhouse, G.; Sartorius, B.; Reiner, R. C.; Dolecek, C.; Hay, S. I.; Moore, C. E. (2022): Mapping local variation in household overcrowding across Africa from 2000 to 2018: a modelling study. In: *The Lancet Planetary Health*. Vol. 6, No. 8, S. e670–e681 DOI: 10.1016/S2542-5196(22)00149-8.

CIA (2021): Real GDP per capita. In: *The World Factbook*. <https://www.cia.gov/the-world-factbook/field/real-gdp-per-capita/> (04.01.2022).

CIA (2022): Transportation. In: *The World Factbook*. <https://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/world/#transportation> (14.11.2022).

Claassens, H. (2017): Outlook on the South African cotton textile industry. Cotton South Africa. <https://cottonsa.org.za/wp-content/uploads/2021/04/Outlook-on-Textiles-Q1-2017.pdf> (14.12.2023).

Clancy, E. A.; Rowan, A. N. (2003): Companion Animal Demographics in the United States: A Historical Perspective. The State of the Animals II: 2003. Humane Society Press, Washington DC. S. 9–26. <http://concordanimals.com/Links/PDF/DogCatDemographics.pdf> (18.11.2022).

Clay, N.; Yurco, K. (2020): Political ecology of milk: Contested futures of a lively food. In: *Geography compass*. Vol. 14, No. 8, S. 12497 DOI: [10.1111/gec3.12497](https://doi.org/10.1111/gec3.12497).

Cleary, K.; Palmer, K. (2020): US Electricity Markets 101. In: *Resources for the Future*. <https://www.rff.org/publications/explainers/us-electricity-markets-101/> (23.11.2022).

CommSec (2022): Australian houses are world's biggest: CommSec Home Size Trends Report. <https://www.commbank.com.au/articles/newsroom/2020/11/commsec-home-size-trends-report.html> (14.12.2023).

Connolly, P. (2017): Mexico. In: *The Urban Transport Crisis in Emerging Economies* [Hrsg. D. Pojani und D. Stead]. The Urban Book Series Springer International Publishing, Cham. S. 145–171 DOI: [10.1007/978-3-319-43851-1_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-43851-1_8).

Cotton Incorporated; Cotton Council International (2018): Global Lifestyle Monitor: Mexico. In: *Cotton Incorporated*. <https://www.cottoninc.com/market-data/supply-chain-insights/glm-mexico/> (03.11.2022).

CottonUP (2018): Baumwolle: ein Überblick. In: *Cotton UP*. <http://cottonupguide.org/de/gruende-fuer-die-beschaffung-von-nachhaltiger-baumwolle/baumwolle-ein-ueberblick/> (04.11.2022).

Crozet, Y. (2020): Cars and Space Consumption - Rethinking the Regulation of Urban Mobility. In: *International Transport Forum Discussion Papers*. 2020/13, OEC Publishing, Paris. DOI: <https://doi.org/10.1787/8abaa384-en>.

Cruz-Jesus, F.; Oliveira, T.; Bacao, F. (2018): The Global Digital Divide. In: *Journal of Global Information Management*. Vol. 26, No. 2, S. 1–26 DOI: [10.4018/JGIM.2018040101](https://doi.org/10.4018/JGIM.2018040101).

CSRI (2022): Global Wealth Report 2022. Global Wealth Report Credit Suisse Research Institute. <https://www.credit-suisse.com/media/assets/corporate/docs/about-us/research/publications/global-wealth-report-2022-en.pdf> (09.11.2022).

Cummins, N. (2020): Why Central Asia Is The Next Big Opportunity In Aviation. <https://www.eways-aviation.com/blog/why-central-asia-is-the-next-big-opportunity-in-aviation> (15.11.2022).

Daily Commercial News (2018): The Striking Shift into Multiples versus Singles in Canada's Housing Market - constructconnect.com - Daily Commercial News. <https://canada.constructconnect.com/dcn/news/economic/2018/02/striking-shift-multiples-versus-singles-canadas-housing-market> (14.12.2023).

D'Arcy, P.; Veroude, A. (2014): Housing trends in China and India. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=6d6fa01f0576275dd8e41448b064588ba49ce694> (14.12.2023).

Dargay, J.; Gately, D.; Sommer, M. (2007): Vehicle Ownership and Income Growth, Worldwide: 1960-2030. In: *The Energy Journal*. International Association for Energy Economics. Vol. 28, No. 4, S. 143–170 DOI: <https://www.jstor.org/stable/41323125>.

Dauert, U.; Mues, A.; Wichmann-Fiebig, M.; Butler, T. (2020): Ozonsituation in Deutschland. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ozonsituation-in-deutschland> (26.01.2023).

David, O. O.; Grobler, W. (2020): Information and communication technology penetration level as an impetus for economic growth and development in Africa. In: *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*. Vol. 33, No. 1, S. 1394–1418 DOI: [10.1080/1331677X.2020.1745661](https://doi.org/10.1080/1331677X.2020.1745661).

Davis, S. C.; Boundy, R. G. (2021): Transportation Energy Data Book: Edition 39. Oak Ridge National Lab. (ORNL), Oak Ridge, TN (United States). DOI: [10.2172/1767864](https://doi.org/10.2172/1767864) <https://www.osti.gov/biblio/1767864/> (04.11.2022).

D’Costa, A. P. (1995): The restructuring of the Indian automobile industry: Indian state and Japanese capital. In: *World Development*. Vol. 23, No. 3, S. 485–502 DOI: [10.1016/0305-750X\(94\)00135-L](https://doi.org/10.1016/0305-750X(94)00135-L).

De Silva, R.; Byrne, N. (2017): Utilization of cotton waste for regenerated cellulose fibres: Influence of degree of polymerization on mechanical properties. In: *Carbohydrate Polymers*. Vol. 174, S. 89–94 DOI: [10.1016/j.carbpol.2017.06.042](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.06.042).

Debyser, A.; Kurzhym, O. (2022): Air transport: market rules. In: *Fact Sheets on the European Union*. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/131/air-transport-market-rules> (15.11.2022).

Deilmann, C.; Reichenbach, J.; Krauß, N.; Gruhler, K. (2017): Materialströme im Hochbau - Potenziale für eine Kreislaufwirtschaft. Bonn/Dresden.

https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ZukunftBauenFP/2017/band-06-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (12.08.2020).

Dellink, R.; Chateau, J.; Lanzi, E.; Magné, B. (2017): Long-term economic growth projections in the Shared Socioeconomic Pathways. In: *Global Environmental Change*. Vol. 42, S. 200–214 DOI: [10.1016/j.gloenvcha.2015.06.004](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.06.004).

Deloitte (2018): Deloitte Africa Automotive Insight. Navigating the African Automotive Sector: Ethiopia, Kenya, Nigeria. Johannesburg. S. 48
https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/za/Documents/manufacturing/za_Africa-Auto-2016-Report-28-May-2018.pdf (05.01.2022).

Department of Industry, Science and Resources (2020): Australian automotive industry report.
<https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2022-08/australian-automotive-industry-transition-following-the-end-of-australian-motor-vehicle-production.pdf> (04.11.2022).

Destatis (1985): Im Blickpunkt: Der Mensch. Statistisches Bundesamt.
https://www.statistischebibliothek.de/mir/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00027209/Der_Mensch_-_1985.pdf;jsessionid=DD1C1EAD084707CEB4D86B03B5CCB08 (24.11.2021).

Destatis (2019a): Statistisches Jahrbuch 2019: Einkommen, Konsum, Lebensbedingungen (Kapitel 6). Statistisches Bundesamt, Wiesbaden. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Jahrbuch/jb-einkommenKonsumLeben.html> (11.11.2021).

Destatis (2019b): Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Direkte und indirekte CO₂-Emissionen in Deutschland 2010 – 2015. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.

Destatis (2019c): Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Flächenbelegung von Ernährungsgütern 2010 – 2017. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.

Destatis (2020a): Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Aufkommen und Verwendung in Rohstoffäquivalenten. Berichtszeitraum 2000 bis 2016. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.

Destatis (2020b): Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Methode der Berechnungen zur globalen Umweltinanspruchnahme durch Produktion und Konsum und Importe. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.

Destatis (2020c): Verkehr - Personenverkehr mit Bussen und Bahnen. Statistisches Bundesamt.
https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Transport-Verkehr/Personenverkehr/Publikationen/Downloads-Personenverkehr/personenverkehr-busse-bahnen-vierteljahr-2080310203214.pdf?__blob=publicationFile (24.11.2021).

Destatis (2020d): Einkommens- und Verbrauchsstichprobe Konsumausgaben privater Haushalte 2018. Wirtschaftsrechnung Statistisches Bundesamt (Destatis). <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Einkommen-Konsum-Lebensbedingungen/Konsumausgaben->

Lebenshaltungskosten/Publicationen/Downloads-Konsumausgaben/evs-aufwendung-privater-haushalte-2152605189004.pdf?__blob=publicationFile (10.09.2021).

Destatis (2021a): Personenverkehr. In: *Statistisches Bundesamt*. https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Transport-Verkehr/Personenverkehr/_inhalt.html (15.11.2021).

Destatis (2021b): Ausstattung privater Haushalte mit elektrischen Haushalts- und sonstigen Geräten (LWR) (EVS) - Deutschland. In: *Statistisches Bundesamt*. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Einkommen-Konsum-Lebensbedingungen/Ausstattung-Gebrauchsgueter/Tabellen/liste-haushaltsgeraete-d.html> (16.08.2021).

Destatis (2021c): Zahl der E-Bikes in Privathaushalten 2021 um 1,2 Millionen gestiegen. In: *Statistisches Bundesamt*. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-Woche/2021/PD21_38_p002.html (15.11.2021).

Destatis (2021d): Verkehr. Luftverkehr auf Hauptverkehrsflughäfen. *Statistisches Bundesamt, Wiesbaden*. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Transport-Verkehr/Personenverkehr/Publicationen/Downloads-Luftverkehr/luftverkehr-ausgewaehlte-flugplaetze-2080610217004.html> (24.11.2021).

Destatis (2021e): Stromverbrauch der privaten Haushalte nach Haushaltsgrößenklassen. In: *Statistisches Bundesamt*. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/private-haushalte/Tabellen/stromverbrauch-haushalte.html> (16.08.2021).

Destatis (2021f): Wirtschaftsrechnungen - Einkommens- und Verbrauchsstichprobe - Konsumausgaben privater Haushalte. *Statistisches Bundesamt*. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Einkommen-Konsum-Lebensbedingungen/Konsumausgaben-Lebenshaltungskosten/Publicationen/Downloads-Konsumausgaben/evs-aufwendung-privater-haushalte-2152605189004.pdf?__blob=publicationFile (18.07.2023).

Destatis (2021g): Private Haushalte - Einkommen und Konsum. Auszug aus dem Datenreport 2021. Kapitel 6. *Statistisches Bundesamt*. https://www.destatis.de/DE/Service/Statistik-Campus/Datenreport/Downloads/datenreport-2021-kap-6.pdf?__blob=publicationFile (11.11.2021).

Destatis (2021h): Bodenfläche insgesamt nach Nutzungsarten in Deutschland. In: *Statistisches Bundesamt*. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Tabellen/bodenflaeche-insgesamt.html> (26.01.2023).

Destatis (2022a): Umweltökonomische Gesamtrechnungen - Private Haushalte und Umwelt. *Statistisches Bundesamt*. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/private-haushalte/Publicationen/Downloads/haushalte-umwelt-pdf-5851319.pdf?__blob=publicationFile (19.07.2023).

Destatis (2022b): Public transport: popular in Austria and Hungary - German Federal Statistical Office. In: *Transport*. https://www.destatis.de/Europa/EN/Topic/Transport/passenger_transport.html;jsessionId=EDC3E3399501443B92F661410B0783D9.live741 (19.11.2022).

Destatis (2022c): Umweltökonomische Gesamtrechnung: Treibhausgasemissionen. In: *Statistisches Bundesamt*. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/energiefluesse-emissionen/Tabellen/treibhausgase.html> (26.01.2023).

Destatis (2023): Nichtöffentliche Wasserversorgung und nichtöffentliche Abwasserentsorgung - Fachserie 19 Reihe 2.2. In: *Statistisches Bundesamt*. [https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wasserwirtschaft/_inhalt.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Wasserwirtschaft/_inhalt.html) (24.07.2023).

Deutscher Tierschutzbund (2016): Entwurf einer Heimtierschutzverordnung. S. 28

https://www.tierschutzbund.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Stellungnahmen/Heimtiere/Entwurf__Heimtierschutzverordnung.pdf (18.11.2022).

Di Giulio, A.; Fuchs, D. (2014): Sustainable Consumption Corridors: Concept, Objections, and Responses. In: *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*. Vol. 23, No. 3, S. 184–192 DOI: [10.14512/gaia.23.S1.6](https://doi.org/10.14512/gaia.23.S1.6).

Dittrich, M.; Ewers, B.; Limberger, S.; Petri, F.; Vogt, R.; Doppelmayr, A.; Müller, J.; Loibl, A.; Marscheider-Weidemann, F.; Rostek, L.; Brauer, C.; Schoer, K.; Liebich, A.; Münter, D.; Rosental, M.; Fröhlich, T.; Ludmann, S. (2024a): REFINE (Rohstoffe): Betrachtung von Rohstoffaufwendungen und Umweltwirkungen für die Energiewende in einem ressourcenschonenden und treibhausgasneutralen Deutschland. Teilbericht Rohstoffe. *Noch unveröffentlicht, voraussichtliche Veröffentlichung durch das Umweltbundesamt 2024.*

Dittrich, M.; Gerhardt, N.; Schoer, K.; Dünnebeil, F.; Becker, S.; von Oehsen, A.; Vogt, R.; Köppen, S.; Biemann, K.; Böttger, D.; Ewers, B.; Limberger, S.; Frischmuth, F.; Fehrenbach, H. (2020a): Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland - GreenSupreme. UBA Climate Change 05/2020 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_12_28_cc_05-2020_endbericht_greensupreme.pdf (12.11.2020).

Dittrich, M.; Gerhardt, N.; Schoer, K.; Dünnebeil, F.; Becker, S.; von Oehsen, A.; Vogt, R.; Köppen, S.; Biemann, K.; Böttger, D.; Ewers, B.; Limberger, S.; Frischmuth, F.; Fehrenbach, H. (2020b): Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland - GreenLife. UBA Climate Change 04/2020 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_12_28_cc_04-2020_endbericht_greenlife.pdf (12.11.2020).

Dittrich, M.; Gerhardt, N.; Schoer, K.; Dünnebeil, F.; Becker, S.; von Oehsen, A.; Vogt, R.; Köppen, S.; Biemann, K.; Böttger, D.; Ewers, B.; Limberger, S.; Frischmuth, F.; Fehrenbach, H. (2020c): Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland - GreenMe. UBA Climate Change 03/2020 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_12_28_cc_03-2020_endbericht_greenme.pdf (12.11.2020).

Dittrich, M.; Gerhardt, N.; Schoer, K.; Dünnebeil, F.; Becker, S.; von Oehsen, A.; Vogt, R.; Köppen, S.; Biemann, K.; Böttger, D.; Ewers, B.; Limberger, S.; Frischmuth, F.; Fehrenbach, H. (2020d): Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland - GreenEe. UBA Climate Change 01/2020 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_12_28_cc_01-2020_endbericht_greenee.pdf (12.11.2020).

Dittrich, M.; Gerhardt, N.; Schoer, K.; Dünnebeil, F.; Becker, S.; von Oehsen, A.; Vogt, R.; Köppen, S.; Biemann, K.; Böttger, D.; Ewers, B.; Limberger, S.; Frischmuth, F.; Fehrenbach, H. (2020e): Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland - GreenLate. UBA Climate Change 02/2020 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_12_28_cc_02-2020_endbericht_greenlate.pdf (12.11.2020).

Dittrich, M.; Liebich, A.; Vogt, R.; Münter, D.; Wingenbach, C.; Ludmann, S.; Rosental, M.; Fröhlich, T.; Petri, F.; Ewers, B.; Doppelmayr, A.; Limberger, S.; Müller, J.; Loibl, A.; Marscheider-Weidemann, F.; Rostek, L.; Brauer, C.; Schoer, K. (2024b): REFINE (Umwelt): Betrachtung von Rohstoffaufwendungen und Umweltwirkungen für die Energiewende in einem ressourcenschonenden und treibhausgasneutralen Deutschland. Teilbericht Umweltwirkungen. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau. *Noch unveröffentlicht, voraussichtliche Veröffentlichung durch das Umweltbundesamt 2024.*

Dittrich, M.; Limberger, S.; Fehrenbach, H.; Jungmichel, N.; Schmidt, M. (2019): Die Umweltinanspruchnahmen der Deutschen vor dem Hintergrund ökologischer Grenzen und Ziele. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3716 12 105 2, (unveröffentlicht). Umweltbundesamt.

Dittrich, M.; Limberger, S.; Vogt, R.; Keppner, B.; Leuser, L.; Schoer, K. (2021a): Vorstudie zu Ansätzen und Konzepten zur Verknüpfung des „Planetaren Grenzen“ Konzepts mit der Inanspruchnahme von abiotischen Rohstoffen / Materialien - Abschlussbericht. Umweltbundesamt. S. 249

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-04-12_texte_51-2021_vorstudie_abiotische_rohstoffe_materialien_0.pdf (16.08.2021).

Dittrich, M.; Limberger, S.; Vogt, R.; Keppner, B.; Leuser, L.; Schoer, K. (2021b): Vorstudie zu Ansätzen und Konzepten zur Verknüpfung des „Planetaren Grenzen“ Konzepts mit der Inanspruchnahme von abiotischen Rohstoffen/Materialien. UBA Texte.

Dittrich, M.; Schoer, K.; Günther, J.; Nuss, P.; Lehmann, H. (2020f): Resource use in a post-fossil green Germany. In: *Sustainable Development and Resource Productivity*. Vol. 1, S. 11 DOI: <https://doi.org/10.4324/9781003000365>.

DLR (2020): Zero Emission Aviation - Emissionsfreie Luftfahrt. White Paper der Deutschen Luftfahrtforschung. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Köln. https://www.dlr.de/content/de/downloads/2020/white-paper-zero-emission-aviation.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (14.11.2022).

DNA Web (2022): DNA Special: How many people in India still use landline phones? In: *DNA India*. <https://www.dnaindia.com/analysis/report-dna-special-how-many-people-in-india-still-use-landline-phones-national-family-health-survey-2958697> (09.11.2022).

Dong, F. (2006): The outlook for Asian dairy markets: The role of demographics, income, and prices. In: *Food Policy*. Vol. 31, No. 3, S. 260–271 DOI: [10.1016/j.foodpol.2006.02.007](https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2006.02.007).

Driscoll, C. A.; Clutton-Brock, J.; Kitchenner, A. C.; O'Brien, S. J. (2009): The Taming of the Cat. In: *Scientific American*. Vol. 300, No. 6, S. 68–75 DOI: [10.1038/scientificamerican0609-68](https://doi.org/10.1038/scientificamerican0609-68).

Du Plessis, A. (2021): Emerging Market for Dog Food in Middle East and Africa. In: *Euromonitor*. <https://www.euromonitor.com/article/emerging-market-for-dog-food-in-middle-east-and-africa> (18.11.2022).

Dupuis, E. M. (2002): *Nature's Perfect Food: How Milk Became America's Drink*. NYU Press. <http://www.jstor.org/stable/j.ctt9qfmj5> (14.12.2023).

EASA; EEA; Eurocontrol (2019): European Aviation Environmental Report 2019. Publications Office, LU. <https://data.europa.eu/doi/10.2822/309946> (15.11.2022).

EC (2021): Photochemical ozone formation | Knowledge for policy. https://knowledge4policy.ec.europa.eu/glossary-item/photochemical-ozone-formation_en (26.01.2023).

EEA (2021): EU renewable electricity has reduced environmental pressures; targeted actions help further reduce impacts. In: *European Environment Agency. Briefing*, <https://www.eea.europa.eu/themes/energy/renewable-energy/eu-renewable-electricity-has-reduced> (23.11.2022).

EIA (2021): International Energy Outlook 2021 Chart Library - Transport. In: *Energy Information Administration*. https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/IEO2021_ChartLibrary_Transportation.pdf (14.11.2022).

EJF, (Environmental Justice Foundation) (2007): *The Deadly Chemicals in Cotton*. Environmental Justice Foundation in collaboration with Pesticide Action Network, London. https://ejfoundation.org/resources/downloads/the_deadly_chemicals_in_cotton.pdf (02.11.2022).

El-Houry, H. (2019): Here's how to make Africa's aviation industry soar. In: *World Economic Forum*. <https://www.weforum.org/agenda/2019/01/here-s-how-to-make-africa-s-aviation-industry-soar/> (14.11.2022).

Ellsworth-Krebs, K. (2020): Implications of declining household sizes and expectations of home comfort for domestic energy demand. In: *Nature Energy*. Vol. 5, No. 1, S. 20–25 DOI: [10.1038/s41560-019-0512-1](https://doi.org/10.1038/s41560-019-0512-1).

Enerdata (2022): South Africa Energy Information. <https://www.enerdata.net/estore/energy-market/south-africa/> (14.12.2023).

ENTRANZE (2022): Average floor area per capita. <https://entranze.enerdata.net/> (14.12.2023).

ERRAC (2016): Regional and Suburban Railways - Market Analysis Update. The European Rail Research Advisory Council. <https://errac.org/wp-content/uploads/2013/07/FOSTER-RAIL-RSR-Study-final-Printed-V2.pdf> (19.11.2022).

EUR-Lex (2016): Richtlinie (EU) 2016/2284 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2016 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe, zur Änderung der Richtlinie 2003/35/EG und zur Aufhebung der Richtlinie 2001/81/EG (Text von Bedeutung für den EWR). <http://data.europa.eu/eli/dir/2016/2284/oj/deu> (26.01.2023).

Euromonitor (2017): Pet Food in Latin America. In: *Euromonitor*. <https://www.euromonitor.com/pet-food-in-latin-america/report> (12.05.2022).

Europäische Kommission (o.J.): Baumwolle. In: *Agriculture and rural development*. https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/cotton_de (04.11.2022).

European Commission (2022a): EU transport in figures : statistical pocketbook 2022. Directorate-General for Mobility and Transport. <https://data.europa.eu/doi/10.2832/216553> (04.11.2022).

European Commission (2022b): Statistical pocketbook 2022. In: *Mobility and Transport*. https://transport.ec.europa.eu/media-corner/publications/statistical-pocketbook-2022_en (19.11.2022).

European Commission; Joint Research Centre (European Commission); Focas, C.; Christidis, P. (2017): What drives car use in Europe? Publications Office of the European Union, LU. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/172631> (04.11.2022).

European Union (2021): Long-distance cross-border passenger rail services - Final report. Publications Office of the European Union, LU. <https://data.europa.eu/doi/10.2832/019365> (19.11.2022).

Eurostat (2022a): Living conditions in Europe - housing. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Living_conditions_in_Europe_-_housing#Key_findings (14.12.2023).

Eurostat (2022b): Electricity production, consumption and market overview. In: *Statistics Explained*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_production,_consumption_and_market_overview (23.11.2022).

Eurostat (2022c): Bevölkerung am 1. Januar. In: *Data Browser*. <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tps00001/default/table?lang=de> (26.01.2023).

Fan, P.; Yue, W.; Messina, J.; Huang, H.; Li, X.; Verburg, P.; Qi, J. (2012): Urban expansion in Asia: evaluation, spatial determinants, and future scenarios. Asian Development Bank Project "Urbanization in Asia". https://www.researchgate.net/publication/275971296_Urban_expansion_in_Asia_evaluation_spatial_determinants_and_future_scenarios_Asian_Development_Bank_Project_Urbanization_in_Asia (12.12.2023).

FAO (2020): Global Forest Resources Assessment 2020. FAO, Rom, Italien. DOI: 10.4060/ca8753en <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca8753en> (15.11.2021).

FAO (2021): Aquastat - FAO's Global Information System on Water and Agriculture. <https://www.fao.org/aquastat/en/overview/methodology/water-use> (24.11.2021).

FAO (2022a): Food Balances - Food supply quantity (kg(capita/year). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS> (14.12.2023).

FAO (2022b): Crops and livestock products. In: *FAOSTAT*; License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (04.11.2022).

FAO (2022c): Food Balances - Food supply quantity (kg/capita/year).

FAO (o.J.): Milk and milk products. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

<https://www.fao.org/dairy-production-products/products/en/> (14.12.2023).

Federal Reserve Bank of St. Louis (2022): Personal consumption expenditures: Household appliances (chain-type price index). <https://fred.stlouisfed.org/series/DHAPRG3A086NBEA> (14.12.2023).

Fediaf (2010): Facts & Figures 2010. The European Pet Food Industry, Brüssel. http://www.stray-afp.org/nl/wp-content/uploads/sites/2/2012/08/facts_and_figures_2010.pdf (18.11.2022).

Fediaf (2020): Facts & Figures 2020. The European Pet Food Industry, Brüssel.

https://drive.google.com/file/d/1ER8F1E3gwX2g3TI5aGpxPziCuyOj-1p_/view (18.11.2022).

Fehrenbach, H.; Busch, M.; Bürck, S.; Bischoff, M.; Theis, S.; Reinhardt, J.; Blömer, J.; Grahl, B. (2021): Flächenrucksäcke von Gütern und Dienstleistungen. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/flaechenrucksaecke-von-guetern-dienstleistungen-0> (26.01.2023).

Fehrenbach, H.; Grahl, B.; Giegrich, J.; Busch, M. (2015): Hemeroby as an impact category indicator for the integration of land use into life cycle (impact) assessment. In: *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 20, No. 11, S. 1511–1527 DOI: 10.1007/s11367-015-0955-y.

Fehrenbach, H.; Rettenmaier, N.; Reinhardt, G.; Buch, M. (2019): Festlegung des Indikators für die Bilanzierung der Ressource Fläche bzw. von Naturraum in Ökobilanzen. ifeu Hintergrundpapiere ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg. https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/ifeu_Paper_2-2019_Flaeche.pdf (26.01.2023).

Ferdman, R. A.; Ingraham, C. (2014): South Africa is dog country. In: *IOL*.

<https://www.iol.co.za/lifestyle/family/pets/south-africa-is-dog-country-1727561> (18.11.2022).

Fibre2Fashion (2008): Retail uses of cotton. <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/3085/retail-uses-of-cotton> (04.11.2022).

Fibre2Fashion (2016): Development of Indian textiles through comparison of Indian cotton producing traditions. <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/7833/development-of-indian-textiles-through-comparison-of-indian-cotton-producing-traditions> (09.11.2022).

FIS (2021): Neue Mobilitätskonzepte und Resilienz. In: *Mobilität und Verkehr*.

<https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/543785/> (04.11.2022).

FN, D. R. V. (2020): Zahlen und Fakten aus Pferdesport und Pferdezucht. In: *Deutsche Reiterliche Vereinigung*.

<https://www.pferd-aktuell.de/deutsche-reiterliche-vereinigung/zahlen--fakten> (01.10.2021).

Follmer, R.; Gruschwitz, D. (2019): Mobilität in Deutschland - MID Kurzreport. Ausgabe 4.0.

http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/infas_Mobilitaet_in_Deutschland_2017_Kurzreport_DS.pdf (24.11.2021).

Forsyth, P. (2006): Airport Policy in Australia and New Zealand: Privatisation, Light Handed Regulation and Performance. In: *Aviation Infrastructure Performance: A Study in Comparative Political Economy*.

Franco, I. (2021): Latin America pet food market growth drivers, restraints. In: *Petfood Industry*.

<https://www.petfoodindustry.com/articles/10337-latin-america-pet-food-market-growth-drivers-restraints> (18.11.2022).

Frankfurter Allgemeine Zeitung (2013): Vom Luxus zum Standard: Der Aufstieg der Spülmaschine. In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung*. <https://www.faz.net/aktuell/finanzen/meine-finanzen/sparen-und-geld-anlegen/nachrichten/vom-luxus-zum-standard-der-aufstieg-der-spuelmaschine-12638712.html> (14.12.2023).

Freitag, C.; Berners-Lee, M.; Widdicks, K.; Knowles, B.; Blair, G.; Friday, A. (2021): The climate impact of ICT: A review of estimates, trends and regulations. arXiv. DOI: 10.48550/arXiv.2102.02622.

Froemelt, A.; Dürrenmatt, D. J.; Hellweg, S. (2018): Using Data Mining To Assess Environmental Impacts of Household Consumption Behaviors. In: *Environmental Science & Technology*. American Chemical Society. Vol. 52, No. 15, S. 8467–8478 DOI: 10.1021/acs.est.8b01452.

Fuchs, D. (2019): Living well within limits: The vision of consumption corridors. In: *Routledge Handbook of Global Sustainability Governance*. Routledge.

Gao, Y.; Kenworthy, J. (2017): China. In: *The Urban Transport Crisis in Emerging Economies* [Hrsg. D. Pojani und D. Stead]. The Urban Book Series Springer International Publishing, Cham. S. 33–58 DOI: 10.1007/978-3-319-43851-1_3.

Garcia, M. (2017): What Flights Used to Cost in the „Golden Age“ of Air Travel. In: *Travel + Leisure*. <https://www.travelandleisure.com/airlines-airports/history-of-flight-costs> (15.11.2022).

GfK (2016): Pet ownership - Global GfK survey. Growth From Knowledge. https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2405078/cms-pdfs/fileadmin/user_upload/country_one_pager/nl/documents/global-gfk-survey_pet-ownership_2016.pdf (11.08.2022).

Giegrich, J.; Liebich, A.; Lauwigi, C.; Reinhardt, J. (2012): Indikatoren / Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/indikatoren-kennzahlen-fuer-den-rohstoffverbrauch> (26.01.2023).

GIZ (2022): Neue Chancen: Ein Wegweiser für deutsche Unternehmen - Indien. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, Bonn. <https://www.giz.de/en/downloads/giz2022-de-neue-m%C3%A4rkte-indien-barrierearm.pdf> (07.11.2022).

GIZ; KfW; IRENA (2020): Energiewende Afrika: Mehr Dynamik für Energiezugang, Resilienz und Wohlstand. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ); KfW Development Bank; IRENA, Frankfurt am Main. https://www.giz.de/de/downloads/Studie_Renewable%20Energy%20Transition%20Africa_DE.pdf (22.11.2022).

Gleeson, J. (2021): An analysis of housing floorspace per person. Housing Research Greater London Authority - Housing and Land. <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/airdrive-images/wp-content/uploads/sites/6/20210224092900/Housing-Research-Note-6-An-analysis-of-housing-floorspace-per-person.pdf> (14.12.2023).

Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency and the United Nations (2016): Towards zero-emission efficient and resilient buildings: Global Status Report 2016. <https://orbit.dtu.dk/en/publications/towards-zero-emission-efficient-and-resilient-buildings-global-st> (14.12.2023).

Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency and the United Nations (2019): 2019 global status report for buildings and construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector. https://iea.blob.core.windows.net/assets/3da9daf9-ef75-4a37-b3da-a09224e299dc/2019_Global_Status_Report_for_Buildings_and_Construction.pdf (14.12.2023).

Global Data Lab (2022a): % households with a refrigerator - Area Database - Table - Global Data Lab.

<https://globaldatalab.org/areadata/table/fridge/?levels=1> (14.12.2023).

Global Data Lab (2022b): % households with a washing machine - Area Database - Table - Global Data Lab.

<https://globaldatalab.org/areadata/table/washmach/?levels=1> (14.12.2023).

Global Data Lab (2022c): % households with none or one sleeping room - Area Database - Table - Global Data Lab.

<https://globaldatalab.org/areadata/table/fridge/?levels=1> (14.12.2023).

Global Data Lab (2022d): GDL Area Profile Report. <https://globaldatalab.org/profiles/region/ZAFr101/> (14.12.2023).

Goedkoop, M.; Heijungs, R.; Huijbregts, M.; Schryver, A. D.; Struijs, J.; van Zelm, R. (2009): ReCiPe 2008 - A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at midpoint and endpoint level. First edition. Report I: Characterisation.

Goetz, A. R.; Vowles, T. M. (2009): The good, the bad, and the ugly: 30 years of US airline deregulation. In: *Journal of Transport Geography*. Airline Industry Liberalization Vol. 17, No. 4, S. 251–263 DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2009.02.012.

Goodwin, P. (2020): Trends in Car Use, Travel Demand and Policy Thinking. In: *OECD Publishing*. International Transport Forum Discussion Papers S. 21 DOI: <https://doi.org/10.1787/3cbb1d72-en>.

Gössling, S.; Humpe, A. (2020): The global scale, distribution and growth of aviation: Implications for climate change. In: *Global Environmental Change*. Vol. 65, S. 102194 DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2020.102194.

Gössling, S.; Humpe, A.; Fichert, F.; Creutzig, F. (2021): COVID-19 and pathways to low-carbon air transport until 2050. In: *Environmental Research Letters*. IOP Publishing. Vol. 16, No. 3, S. 034063 DOI: 10.1088/1748-9326/abe90b.

Gough, I. (2020): Defining floors and ceilings: the contribution of human needs theory. In: *Sustainability: Science, Practice and Policy*. Taylor & Francis. Vol. 16, No. 1, S. 208–219 DOI: 10.1080/15487733.2020.1814033.

Government of India (2011): Census tables 2011. In: *Census Tables by Census Year*. <https://censusindia.gov.in/census.website/data/census-tables> (09.11.2022).

Government of India (2013): Census of India 2011: Analytical Report on Houses, Household Amenities and Assets. Indian Administrative Service, Madhya Pradesh. <https://censusmp.gov.in/censusmp/hindi/pdf/census2011/HLO%20report.pdf> (09.11.2022).

Government of India (2021): Road Transport Year Book (2017-18 & 2018-19). Ministry of Road Transport and Highways. <https://morth.nic.in/sites/default/files/RTYB-2017-18-2018-19.pdf> (04.11.2022).

Government of India (2022): National Family Health Survey (NFHS-5), 2019-21. International Institute for Population Sciences (IIPS); ICF, Mumbai. http://rchiips.org/nfhs/NFHS-5Reports/NFHS-5_INDIA_REPORT.pdf (07.11.2022).

Gray, S. (2017): Mapping clothing impacts in Europe: the environmental cost. S. 41 <http://www.ecap.eu.com/wp-content/uploads/2018/07/Mapping-clothing-impacts-in-Europe.pdf> (23.08.2021).

Grünwald, C.; Glockner, H.; Irmer, M.; Poole, S.; Schipperges, M.; Neumann, K.; Weier, M. (2021): Narrative einer erfolgreichen Transformation zu einem ressourcenschonenden und treibhausgasneutralen Deutschland. Erster Zwischenbericht. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/narrative-einer-erfolgreichen-transformation-zu> (13.08.2021).

Günther, J.; Nuss, P.; Purr, K.; Dittrich, M.; Lehmann, H. (2020): Pathways to a resource-efficient and greenhouse-gas-neutral Germany. In: *Sustainable Development and Resource Productivity*. Vol. 1, S. 386 DOI: <https://doi.org/10.4324/9781003000365>.

Handelsblatt (2017): E-Autos bleiben Exoten. In: *WirtschaftsWoche*. <https://www.wiwo.de/unternehmen/industrie/elektromobilitaet-in-afrika-e-autos-bleiben-exoten-/20290368.html> (14.12.2023).

harappa.com (2022): A Brief Introduction to the Ancient Indus Civilization | Harappa. <https://www.harappa.com/har/indus-saraswati.html> (04.11.2022).

Haub, C.; Sharma, O. P. (2008): How People in India „Really“ Live. In: *Population Reference Bureau*. <https://www.prb.org/resources/how-people-in-india-really-live/> (09.11.2022).

Häyhä, T.; Lucas, P. L.; van Vuuren, D. P.; Cornell, S. E.; Hoff, H. (2016): From Planetary Boundaries to national fair shares of the global safe operating space — How can the scales be bridged? In: *Global Environmental Change*. Vol. 40, S. 60–72 DOI: [10.1016/j.gloenvcha.2016.06.008](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.06.008).

Headey, B. (1999): Health Benefits and Health Cost Savings Due to Pets: Preliminary Estimates from an Australian National Survey. In: *Social Indicators Research*. Springer. Vol. 47, No. 2, S. 233–243 DOI: <http://www.jstor.org/stable/27522389>.

Heeckt, C.; Huerta Melchor, O. (2021): Compact, connected, clean and inclusive cities in Mexico: An agenda for national housing and transport policy reform. Coalition for Urban Transitions, London, Washington. S. 116 https://urbantransitions.global/wp-content/uploads/2021/03/Compact-Connected-Clean-and-Inclusive-Cities-in-Mexico_An-agenda-for-national-housing-and-transport-policy-reform.pdf (04.11.2022).

Heijungs, R.; de Koning, A.; Guinée, J. B. (2014): Maximizing affluence within the planetary boundaries. In: *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 19, No. 6, S. 1331–1335 DOI: [10.1007/s11367-014-0729-y](https://doi.org/10.1007/s11367-014-0729-y).

Helms, H.; Jöhrens, J.; Kämper, C.; Giegrich, J.; Liebich, A.; Vogt, R.; Lambrecht, U. (2016): Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/weiterentwicklung-vertiefte-analyse-der> (17.05.2023).

Hill, J. P. (2017): Assessing the overall impact of the dairy sector. In: N. VAN BELZEN: *Achieving sustainable production of milk Volume 2*. Burleigh Dodds series in agricultural science Burleigh Dodds Science Publishing. S. 291–314.

Hiraga, M.; Uochi, I.; Doyle, G. R. A. (2020): Counting the uncounted – How the Mongolian nomadic survey is leaving no one behind. In: *World Bank Blogs*. <https://blogs.worldbank.org/opendata/counting-uncounted-how-mongolian-nomadic-survey-leaving-no-one-behind> (18.11.2022).

Hjalsted, A. W.; Laurent, A.; Andersen, M. M.; Olsen, K. H.; Ryberg, M.; Hauschild, M. (2021): Sharing the safe operating space: Exploring ethical allocation principles to operationalize the planetary boundaries and assess absolute sustainability at individual and industrial sector levels. In: *Journal of Industrial Ecology*. Vol. 25, No. 1, S. 6–19 DOI: [10.1111/jiec.13050](https://doi.org/10.1111/jiec.13050).

Ho, J.; Hussain, S.; Sparagano, O. (2021): Did the COVID-19 Pandemic Spark a Public Interest in Pet Adoption? In: *Frontiers in Veterinary Science*. Vol. 8, DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.647308>.

Hoffmann, L. V.; Kresic, I. B.; Paz, J. G.; Bela, D. A.; Tcach, N. E.; Lamas, F. M.; Sofiatti, V. (2019): Cotton Production in Brazil and Other South American Countries. In: *Cotton Production*. John Wiley & Sons, Ltd. S. 277–295 DOI: [10.1002/9781119385523.ch13](https://doi.org/10.1002/9781119385523.ch13).

House & Garden South Africa (2021): Every dog has its day as more homeowners put their pets' needs first. <https://www.houseandgarden.co.za/design/trends/every-dog-has-its-day-as-more-homeowners-put-their-pets->

- needs-first-37369668-a374-494d-9291-dfa3849280c3#:~:text=At%20least%2060%25%20of%20South,under%20the%20age%20of%2040. (14.12.2023).
- de la Hoz, M. P. (2021): The strong share of hydropower in Latin America and the policies to go beyond. Global Affairs. Universidad de Navarra. In: *Global Affairs and Strategic Studies*. <https://www.unav.edu/web/global-affairs/hydropower-in-latin-america-and-renewable-energy-policies> (23.11.2022).
- Hudson, D.; Malaga, J.; Liu, B. (2020): Global Cotton Outlook 2019/20 - 2029/30. International Center for Agricultural Competitiveness. S. 40
https://www.depts.ttu.edu/aaec/icac/pubs/cotton/global_cotton_baselines/Final_Baseline_Mar2020.pdf (04.11.2022).
- Huschelrath, K.; Muller, K. (2012): Low Cost Carriers and the Evolution of the Domestic U.S. Airline Industry. In: *Competition and Regulation in Network Industries*. Vol. 13, No. 2, S. 133- 159, DOI: <https://doi.org/10.1177/178359171201300202>.
- Huynh, D. T.; Gomez-Ibañez, J. (2017): Vietnam. In: *The Urban Transport Crisis in Emerging Economies [Hrsg. D. Pojani und D. Stead]*. The Urban Book Series Springer International Publishing, Cham. S. 267–282 DOI: [10.1007/978-3-319-43851-1_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-43851-1_13).
- IATA (2012): The story of the world's first airline. In: *International Air Transport Association*. <https://www.iata.org/en/about/history/flying-100-years/firstairline-story/> (14.11.2022).
- IATA (2018a): India's Air Transport Sector. International Air Transport Association, Genf. <https://www.iata.org/contentassets/eec5052bac6a4fd68f98e751b0b97d21/india-aviation-summit-aug18.pdf> (15.11.2022).
- IATA (2018b): The importance of air transport to India. International Air Transport Association. <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/india--value-of-aviation/> (10.11.2022).
- IATA (2020): IATA Annual Review 2020. International Air Transport Association, Amsterdam. S. 56
<https://www.iata.org/contentassets/c81222d96c9a4e0bb4ff6ced0126f0bb/iata-annual-review-2020.pdf> (14.11.2022).
- IATA (2021a): IATA Annual Review 2021. International Air Transport Association, Boston. S. 46
<https://www.iata.org/contentassets/c81222d96c9a4e0bb4ff6ced0126f0bb/iata-annual-review-2021.pdf> (14.11.2022).
- IATA (2021b): Air Passenger Market Analysis. International Air Transport Association. S. 4
<https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-passenger-monthly-analysis---december-2021/> (14.11.2022).
- IATA (2023): Annual Review 2023. International Air Transport Association. <https://www.iata.org/contentassets/c81222d96c9a4e0bb4ff6ced0126f0bb/annual-review-2023.pdf> (15.11.2023).
- IBGE (2013): IBGE - População de animais de estimação no Brasil - 2013. Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-tematicas/insumos-agropecuarios/anos-anteriores/ibge-populacao-de-animais-de-estimacao-no-brasil-2013-abinpet-79.pdf> (18.11.2022).
- IBISWorld (2022): Number of Pets (Cats & Dogs). In: *Business Environment Profiles - United States*. <https://www.ibisworld.com/us/bed/number-of-pets-cats-dogs/75/> (11.08.2022).
- ICAC (2011): Sources of Cotton Statistics. In: *International Cotton Advisory Committee*. <https://icac.org/Home/SourcesofCottonStatistics?MenuId=64> (04.11.2022).

ICAO (2019a): Presentation of 2019 Air Transport Statistical Results. International Civil Aviation Organization. https://www.icao.int/annual-report-2019/Documents/ARC_2019_Air%20Transport%20Statistics.pdf (14.11.2022).

ICAO (2019b): The World of Air Transport in 2019. In: *ICAO Uniting Aviation*. <https://www.icao.int/annual-report-2019/Pages/the-world-of-air-transport-in-2019.aspx> (14.11.2022).

ICAO (2020): Presentation of 2020 Air Transport Statistical Results. International Civil Aviation Organization. https://www.icao.int/annual-report-2020/Documents/ARC_2020_Air%20Transport%20Statistics_final_sched.pdf (10.11.2022).

ICAO (2022): Post-COVID-19 Forecasts Scenarios. In: *International Civil Aviation Organization*. <https://www.icao.int/sustainability/Pages/Post-Covid-Forecasts-Scenarios.aspx> (15.11.2023).

IEA (2019): The Future of Rail - Opportunities for energy and the environment. International Energy Agency, Paris. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-rail> (07.09.2022).

IEA (2020a): Electricity Market Report. International Energy Agency. S. 103 https://iea.blob.core.windows.net/assets/a695ae98-cec1-43ce-9cab-c37bb0143a05/Electricity_Market_Report_December_2020.pdf (23.11.2022).

IEA (2020b): India 2020 - Energy Policy Review. International Energy Agency. S. 305 https://iea.blob.core.windows.net/assets/2571ae38-c895-430e-8b62-bc19019c6807/India_2020_Energy_Policy_Review.pdf (10.11.2022).

IEA (2021a): Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector. International Energy Agency. S. 224 <https://iea.blob.core.windows.net/assets/4719e321-6d3d-41a2-bd6b-461ad2f850a8/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector.pdf> (24.11.2022).

IEA (2021b): Vehicle Fuel Economy in Major Markets 2005-2019. International Energy Agency. S. 195 <https://www.globalfueleconomy.org/media/792005/wp22-vehicle-fuel-economy-in-major-markets.pdf> (04.11.2022).

IEA (2021c): India Energy Outlook 2021. World Energy Outlook International Energy Agency. DOI: 10.1787/ec2fd78d-en https://www.oecd-ilibrary.org/energy/india-energy-outlook-2021_ec2fd78d-en (10.11.2022).

IEA (2022a): Cars and Vans. In: *IEA*. <https://www.iea.org/reports/cars-and-vans> (04.11.2022).

IEA (2022b): Transport. In: *IEA*. <https://www.iea.org/reports/transport> (04.11.2022).

IEA (2022c): Electric Vehicles. In: *IEA*. <https://www.iea.org/reports/electric-vehicles> (04.11.2022).

IEA (2022d): Access to electricity – SDG7: Data and Projections – Analysis. In: *IEA*. <https://www.iea.org/reports/sdg7-data-and-projections/access-to-electricity> (24.11.2022).

IEA (2022e): World Energy Statistics. In: *IEA*. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-statistics> (24.11.2022).

IEA (2022f): Africa Energy Outlook 2022. World Energy Outlook International Energy Agency. S. 250 <https://iea.blob.core.windows.net/assets/6fa5a6c0-ca73-4a7f-a243-fb5e83ecfb94/AfricaEnergyOutlook2022.pdf> (22.11.2022).

IEA (2022g): Countries & Regions: Africa. In: *IEA - Data Browser*. <https://www.iea.org/regions/africa> (22.11.2022).

- IEA (2022h): World Energy Outlook 2022. World Energy Outlook International Energy Agency. S. 524 <https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf> (22.11.2022).
- IEA (2022i): Countries & Regions: Eurasia. In: *IEA - Data Browser*. <https://www.iea.org/regions/eurasia> (23.11.2022).
- IEA (2022j): Countries & Regions: Russia. In: *IEA - Data Browser*. <https://www.iea.org/countries/russia> (22.11.2022).
- IEA (2022k): Countries & Regions: Middle East. In: *IEA - Data Browser*. <https://www.iea.org/regions/middle-east> (23.11.2022).
- IEA (2022l): Countries & Regions: China. In: *IEA - Data Browser*. <https://www.iea.org/countries/china> (22.11.2022).
- IEA (2022m): Countries & Regions: India. In: *IEA - Data Browser*. <https://www.iea.org/countries/india> (22.11.2022).
- IEA (2022n): Countries & Regions: Europe. In: *IEA - Data Browser*. <https://www.iea.org/regions/europe> (22.11.2022).
- IEA (2022o): Countries & Regions: Central & South America. In: *IEA - Data Browser*. <https://www.iea.org/regions/central-south-america> (23.11.2022).
- IEA (2022p): Canada Electricity Security Policy – Analysis. In: *IEA*. <https://www.iea.org/articles/canada-electricity-security-policy-2> (24.11.2022).
- IEA (2022q): Countries & Regions: North America. In: *IEA - Data Browser*. <https://www.iea.org/regions/north-america> (23.11.2022).
- IEA (2022r): Countries & Regions: Australia. In: *IEA - Data Browser*. <https://www.iea.org/countries/australia> (23.11.2022).
- IEA (2022s): Countries & Regions: New Zealand. In: *IEA - Data Browser*. <https://www.iea.org/countries/new-zealand> (23.11.2022).
- IEA (2022t): Appliances and Equipment – Analysis - IEA. <https://www.iea.org/reports/appliances-and-equipment> (14.12.2023).
- IHLG (2017): Aviation Benefits 2017. Industry High Level Group. <https://www.icao.int/SAM/Documents/2018-ADPLAN/ICAO%20AVIATION-BENEFITS-2017-web.pdf> (14.11.2022).
- IHLG (2019): Aviation Benefits Report 2019. Industry High Level Group. <https://www.icao.int/sustainability/Documents/AVIATION-BENEFITS-2019-web.pdf> (18.01.2024).
- IIPTF (2018): IIPTF: India International Pet Trade Fair. <https://www.iiprf.in/petbusiness/whyvisit.html> (18.11.2022).
- iMedia (2022): 2021 Pet Industry White Paper Officially Released: These 7 Changes and 2 Trends Worth Attention. In: *Home/Pet*. <https://min.news/en/pet/3308844bf2029d5be16628f41a60b9c8.html> (18.11.2022).
- IMF (2021): World Economic Outlook Database: April 2021. In: *International Monetary Fund*. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2021/April/weo-report> (04.01.2022).
- industrial (2021): The Auto Industry in Sub Saharan Africa: Investment, Sustainability and Decent Jobs. https://admin.industrialunion.org/sites/default/files/uploads/images/2021/Africa/industrial_automotive_report_v2.pdf (04.11.2022).

INEGI (2022): Registered motor vehicles in circulation. In: *National Institute of Statistics and Geography México*. https://en.www.inegi.org.mx/programas/vehiculosmotor/#Tabular_data (09.11.2023).

Infrastructure Australia (2019): Transport. Australian Infrastructure Audit 2019 <https://www.infrastructureaustralia.gov.au/sites/default/files/2019-08/Australian%20Infrastructure%20Audit%202019%20-%205.%20Transport.pdf> (04.11.2022).

Instituto Pet Brasil (2019): Censo Pet: 139,3 milhões de animais de estimação no Brasil. In: *Instituto Pet Brasil*. <http://institutopetbrasil.com/imprensa/censo-pet-1393-milhoes-de-animais-de-estimacao-no-brasil/> (18.11.2022).

Insurance Information Institute (2022): Facts + Statistics: Pet Ownership and Insurance. In: *Homeowners - Facts + Statistics: Pet Ownership and Insurance*. <https://www.iii.org/fact-statistic/facts-statistics-pet-ownership-and-insurance> (18.11.2022).

Inter-American Development Bank (2012): Room for Development: Housing Markets in Latin America and the Caribbean. Palgrave Macmillan, Basingstoke.

International Crisis Group (2005): The Curse of Cotton: Central Asia's Destructive Monoculture. <https://www.crisisgroup.org/europe-central-asia/central-asia/tajikistan/curse-cotton-central-asias-destructive-monoculture> (03.11.2022).

International Energy Agency (2022): South Africa electricity generation by technology in the Africa Case, 2010-2040. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/south-africa-electricity-generation-by-technology-in-the-africa-case-2010-2040> (14.12.2023).

InterVISTAS (2009a): The Impact of International Air Service Liberalisation on India. InterVISTAS-EU Consulting Inc. <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/india-benefits-from-further-liberalization/> (15.11.2022).

InterVISTAS (2009b): The Impact of International Air Service Liberalisation on Brazil. InterVISTAS-EU Consulting Inc. <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/brazil-benefits-from-further-liberalization/> (15.11.2022).

InterVISTAS (2009c): The Impact of International Air Service Liberalisation on Panama. InterVISTAS-EU Consulting Inc. <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/panama-benefits-from-further-liberalization/> (15.11.2022).

InterVISTAS (2014): Transforming Intra-African Air Connectivity: The Economic Benefits of Implementing the Yamoussoukro Decision. Bath, UK. https://www.iata.org/contentassets/44c1166a6e10411a982b2624047e118c/intervistas_afrialiberalisation_finalreport_july2014.pdf (14.11.2022).

InterVistas (2014): Transforming Intra African Air Connectivity: The Economic Benefits of Implementing the Yamoussoukro Decision. InterVistas Consulting LTD.

IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC (2018): Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. IPCC, Geneva. <https://www.ipcc.ch/sr15/> (23.06.2020).

IPCC (2021): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. S. 2391 <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/> (17.09.2021).

IPCC (2022a): Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA. S. 3056 <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/> (24.09.2023).

IPCC (2022b): Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/> (22.02.2023).

IRENA (2020): Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050 (Edition: 2020). International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. <https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook-2020> (24.11.2022).

Issa, L. A.; Peng, Y. H.; Sun, Y. F.; Tahir, H. (2006): Economic evaluation of milk consumption in China. In: *SSRN Electronic Journal*. S. 10 DOI: 10.2139/ssrn.948199.

ITC (2022): Trade Map. *Trade statistics for international business development*, https://www.trademap.org/Product_SelProduct_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c%7c%7cTOTAL%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c1%7c1%7c%7c1 (04.11.2022).

ITF (2013): Long-run Trends in Car Use. ITF Round Tables Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris. <https://doi.org/10.1787/9789282105931-en> (04.02.2022).

ITF (2017): Chapter 4: International passenger aviation. In: *ITF Transport Outlook 2017*. ITF Transport Outlook OECD Publishing, Paris. S. 101–125 DOI: 10.1787/9789282108000-7-en.

ITF (2019a): How transport demand will change by 2050. In: *ITF Transport Outlook 2019*. ITF Transport Outlook OECD. S. 21–46 DOI: 10.1787/57f51e1e-en.

ITF (2019b): ITF Transport Outlook 2019. OECD Publishing, Paris. https://doi-org.ezp.sub.su.se/10.1787/transport_outlook-en-2019-en (06.09.2022).

ITF (2021): ITF Transport Outlook 2021. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/16826a30-en> (06.09.2022).

ITF (2023a): „Passenger transport“, ITF Transport Statistics (database. <https://doi.org/10.1787/g2g5557f-en> (21.06.2023).

ITF (2023b): ITF Transport Outlook 2023. OECD, Paris. <https://doi.org/10.1787/b6cc9ad5-en> (07.11.2023).

ITU DataHub (2022a): Statistics - Households with TV. <https://datahub.itu.int/data/?i=8965> (14.12.2023).

ITU DataHub (2022b): Households with a computer. <https://datahub.itu.int/data/?i=12046> (14.12.2023).

ITU DataHub (2022c): Households with Internet access at home. <https://datahub.itu.int/data/?i=12047> (14.12.2023).

IVH (2021a): Archiv der Daten und Fakten zum deutschen Heimtiermarkt. In: *Industrieverband Heimtierbedarf*. <https://www.ivh-online.de/der-verband/daten-fakten/archiv.html> (16.11.2022).

IVH, I. H. (2021b): Anzahl der Heimtiere in Deutschland. In: *Industrieverband Heimtierbedarf (IVH) e.V.* <https://www.ivh-online.de/der-verband/daten-fakten/anzahl-der-heimtiere-in-deutschland.html> (01.10.2021).

Iwuoha, J.-P. (2016): Pet Love in Africa: How the Business of Pets is making money and expanding across Africa. In: *Smallstarter Africa*. <https://www.smallstarter.com/browse-ideas/pet-love-in-africa-how-the-business-of-pets-is-making-money-and-expanding-across-africa/> (18.11.2022).

Jabran, K.; Ul-Allah, S.; Chauhan, B. S.; Bakhsh, A. (2019): An Introduction to Global Production Trends and Uses, History and Evolution, and Genetic and Biotechnological Improvements in Cotton. In: *Cotton Production*. John Wiley & Sons, Ltd. S. 1–22 DOI: [10.1002/9781119385523.ch1](https://doi.org/10.1002/9781119385523.ch1).

Jain, A. (2021): Cotton- The Indian Heritage Textiles. In: *Textile Value Chain*. <https://textilevaluechain.in/in-depth-analysis/cotton-the-indian-heritage-textiles/> (09.11.2022).

Jay, A. (2021): Number of Flights Worldwide in 2022/2023: Passenger Traffic, Behaviors, and Revenue. In: *Financesonline.com*. <https://financesonline.com/number-of-flights-worldwide/> (14.11.2022).

Jung Eun, O. (2021): The 500-million-vehicle question: What will it take for China to decarbonize transport? In: *World Bank Blogs*. <https://blogs.worldbank.org/transport/500-million-vehicle-question-what-will-it-take-china-decarbonize-transport> (04.11.2022).

Kagurua, T.; Fisher Mupangwaa, J.; Rusta, J.; Muchenje, V. (2017): Milk and milk products consumption pattern, preference and purchase behaviour in communal areas of the Eastern Cape Province in South Africa. In: *Journal of Animal Science*. No. 6 (5), S. 407–427 DOI: [10.14196/sjas.v6i5.2391](https://doi.org/10.14196/sjas.v6i5.2391).

Kahriz, M. P.; Kahriz, P. P.; Khawar, K. M. (2019): Cotton Production in Central Asia. In: *Cotton Production*. John Wiley & Sons, Ltd. S. 323–339 DOI: [10.1002/9781119385523.ch15](https://doi.org/10.1002/9781119385523.ch15).

Kain, J.; Webb, R. (2003): Turbulent Times: Australian Airline Industry Issues 2003. Research Paper No. 10, S. 51 DOI: <https://parlinfo.aph.gov.au/parlInfo/search/display/display.w3p;query=Id%3A%22library%2Fprspub%2F58N96%22>.

KAM (2020): Automotive sector profile 2020. Kenya Association of Manufacturers. <https://kam.co.ke/wp-content/uploads/2021/04/Automotive-sector-profile-2020-1.pdf> (11.11.2022).

Kamińska-Jones, D. (2020): Multiple roles of dogs in India – culture, art and the colonial context. In: *Art of the Orient*. Vol. 9, No. 1, S. 66– 94, DOI: <https://doi.org/10.15804/aoto202003>.

Kasper, D. M.; Lee, D. (2017): An Assessment of Competition and Consumer Choice in Today's U.S. Airline Industry. Compass Lexecon. https://mms.businesswire.com/media/20170626005917/en/595247/1/Compass+Lexecon+Airline+Industry+Competition+Presentation_final.pdf?download=1 (15.11.2022).

Kaur, P.; Bhagria, T.; Mutti, N. K.; Rinwa, A.; Mahajan, G.; Chauhan, B. S. (2019): Cotton Production in Australia. In: *Cotton Production*. John Wiley & Sons, Ltd. S. 341–357 DOI: [10.1002/9781119385523.ch16](https://doi.org/10.1002/9781119385523.ch16).

KBA (2021): Kraftfahrt-Bundesamt - Jahresbilanz 2021. In: *Das Kraftfahrt-Bundesamt*. https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Jahresbilanz_Neuzulassungen/jahresbilanz_node.html (06.12.2022).

KC, S.; Lutz, W. (2017): The human core of the shared socioeconomic pathways: Population scenarios by age, sex and level of education for all countries to 2100. In: *Global Environmental Change*. Vol. 42, S. 181–192 DOI: [10.1016/j.gloenvcha.2014.06.004](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.004).

Keppner, B.; Kahlenborn, W.; Hoff, H.; Lucht, G.; Gerten, D. (2020): Planetary boundaries: Challenges for science, civil society and politics. Final Report. UBA TEXTE 182/2020. Dessau-Rosslau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_10_26_texte_183_20_planetary_boundaries.pdf (22.10.2020).

Kessinger, S.; Minkos, A.; Dauert, U.; Feigenspan, S. (2021): Luftqualität 2020. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/luftqualitaet-2020> (26.01.2023).

Khongsai, L. (2020): Growth and Development of Dairy Industry in India. In: *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*. Vol. 8, No. 5, S. 1566–1571 DOI: [10.35940/ijrte.d4239.018520](https://doi.org/10.35940/ijrte.d4239.018520).

Kleinhückelkotten, S.; Neitzke, H.-P.; Moser, S. (2016): Repräsentative Erhebung von Pro-Kopf-Verbräuchen natürlicher Ressourcen in Deutschland (nach Bevölkerungsgruppen). Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/repraesentative-erhebung-von-pro-kopf-verbraeuchen> (15.11.2021).

Knappe, F.; Reinhardt, J.; Veith, C. (2019): Integrierte Sekundarschule IS Mahlsdorf Berlin. Bilanzierung und Bewertung alternativer Bauweisen aus ökologischer Sicht. Heidelberg. <https://www.berlin.de/nachhaltige-beschaffung/studien/holz-versus-stahlbetonbauweise/> (24.11.2021).

Köhler, A.; Watson, D.; Trzepacz, S.; Löw, C.; Liu, R.; Danneck, J.; Konstantas, A.; Donatello, S.; Faraca, G. (2021): Circular economy perspectives in the EU textile sector. Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/858144> (03.11.2022).

Kosmol, J.; Kanthak, J.; Herrmann, F.; Golde, M.; Alsleben, C.; Penn-Bressel, G.; Schmitz, S.; Gromke, U. (2012): Glossar zum Ressourcenschutz. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/glossar-ressourcenschutz> (26.01.2023).

Krifa, M.; Stevens, S. S. (2016): Cotton Utilization in Conventional and Non-Conventional Textiles—A Statistical Review. In: *Agricultural Sciences*. Scientific Research Publishing. Vol. 7, No. 10, S. 747–758 DOI: [10.4236/as.2016.710069](https://doi.org/10.4236/as.2016.710069).

Kuandyk, A. (2021): Horsemanship Still an Integral Part of Modern Kazakh People's Heritage, Cultural Identity. In: *The Astana Times*. <https://astanatimes.com/2021/02/horsemanship-still-an-integral-part-of-modern-kazakh-peoples-heritage-cultural-identity/> (18.11.2022).

La Face, S. (2022): The potential for electric vehicles shipping companies in Latin America. In: *MAERSK*. <https://www.maersk.com/insights/sustainability/electric-vehicles-in-latin-america> (04.11.2022).

Labadarios, D.; Steyn, N. P.; Maunder, E.; MacIntyre, U.; Gericke, G.; Swart, R.; Huskisson, J.; Dannhauser, A.; Vorster, H. H.; Nesmvuni, A. E.; Nel, J. H. (2005): The National Food Consumption Survey (NFCS): South Africa, 1999. In: *Public health nutrition*. Vol. 8, No. 5, S. 533–543 DOI: [10.1079/PHN2005816](https://doi.org/10.1079/PHN2005816).

Lamb, W. F.; Wiedmann, T.; Pongratz, J.; Andrew, R.; Crippa, M.; Olivier, J. G. J.; Wiedenhofer, D.; Mattioli, G.; Khouradajie, A. A.; House, J.; Pachauri, S.; Figueroa, M.; Saheb, Y.; Slade, R.; Hubacek, K.; Sun, L.; Ribeiro, S. K.; Khennas, S.; de La Rue Can, S.; Chapungu, L.; Davis, S. J.; Bashmakov, I.; Dai, H.; Dhakal, S.; Tan, X.; Geng, Y.; Gu, B.; Minx, J. (2021): A review of trends and drivers of greenhouse gas emissions by sector from 1990 to 2018. In: *Environmental Research Letters*. Vol. 16, No. 7, S. 073005 DOI: [10.1088/1748-9326/abee4e](https://doi.org/10.1088/1748-9326/abee4e).

Lamm, L. (2022): Warum wir heute Milch vertragen. In: *National Geographic*. <https://www.nationalgeographic.de/geschichte-und-kultur/2022/08/warum-wir-heute-milch-vertragen> (14.12.2023).

Laplace, I.; Latgé-Roucolle, C. (2016): Deregulation of the ASEAN air Transport Market: Measure of Impacts of Airport Activities on Local Economies. In: *Transportation Research Procedia*. Vol. 14, S. 3721–3730 DOI: [10.1016/j.trpro.2016.05.492](https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.492).

Lauriat, G. (2014): China's cotton policies changed the marketplace but did Beijing overplay its hand? In: *AJOT*. <https://www.ajot.com/premium/{path=03.11.2022}>.

Lee, D. S.; Fahey, D. W.; Skowron, A.; Allen, M. R.; Burkhardt, U.; Chen, Q.; Doherty, S. J.; Freeman, S.; Forster, P. M.; Fuglestad, J.; Gettelman, A.; De León, R. R.; Lim, L. L.; Lund, M. T.; Millar, R. J.; Owen, B.; Penner, J. E.; Pitari, G.; Prather, M. J.; Sausen, R.; Wilcox, L. J. (2021): The contribution of global aviation to anthropogenic

climate forcing for 2000 to 2018. In: *Atmospheric Environment*. Vol. 244, S. 117834 DOI: 10.1016/j.atmosenv.2020.117834.

Lee, M.-S.; Wahlqvist, M. L.; Peng, C.-J. (2015): Dairy foods and health in Asians: Taiwanese considerations. In: *Asia Pacific journal of clinical nutrition*. Vol. 24 Suppl 1, S. S14-20 DOI: 10.6133/apjcn.2015.24.S1.03.

Liebich, A.; Müller, J.; Münter, D.; Wingenbach, C.; Vogt, R. (2023): LCAst - LCA-Daten für prospektive Ökobilanzen. ifeu paper ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Heidelberg. <https://www.ifeu.de/publikation/lcast-prospektive-oekobilanzen-auf-basis-der-ecoinvent-datenbank/> (30.09.2023).

Liu, J.; Daily, G. C.; Ehrlich, P. R.; Luck, G. W. (2003): Effects of household dynamics on resource consumption and biodiversity. In: *Nature*. Vol. 421, No. 6922, S. 530–533 DOI: 10.1038/nature01359.

Louw, M. (2022): Cotton Farming in South Africa. South Africa Online. <https://southafrica.co.za/cotton-farming-in-south-africa.html> (14.12.2023).

Luke, R. (2018): Car ownership perceptions and intentions amongst South African students. In: *Journal of Transport Geography*. Vol. 66, S. 135–143 DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2017.11.010.

MacDonald, S. (2007a): China's Cotton Supply and Demand: Issues and Impact on the World Market. USDA. S. 20 https://www.ers.usda.gov/webdocs/outlooks/35843/12293_cws07i01_1_.pdf?v=932.8 (03.11.2022).

MacDonald, S. (2007b): Progress and Problems estimating China's Cotton Supply and Demand. Agricultural Outlook Forum. S. 73 <https://core.ac.uk/download/pdf/7066896.pdf> (03.11.2022).

Machedon-Pisu, M.; Borza, P. N. (2022): Impact of the Light-Duty Vehicles' Storage and Travel Demand on the Sustainable Exploitation of Available Resources and Air Pollution Abatement. In: *Sustainability*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Vol. 14, No. 14, S. 8571 DOI: 10.3390/su14148571.

Majale, M.; Tipple, G.; French, M.; Sietchiping, R. (2011): Affordable land and housing in Africa. United Nations Human Settlements Programme, Nairobi, Kenya. S. 101 <https://unhabitat.org/affordable-land-and-housing-in-africa> (13.12.2023).

Malmodin, J.; Bergmark, P.; Lundén, D. (2013): The future carbon footprint of the ICT and E&M sectors. In: *Computer Science, Economics, Environmental Science*. DOI: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:18551444>.

Malmodin, J.; Lundén, D. (2018): The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010–2015. In: *Sustainability*. Vol. 10, No. 9, S. 3027 DOI: 10.3390/su10093027.

Maepkula, M.; Chimonyo, M.; Mapiye, C.; Dzama, K. (2009): Milk production and calf rearing practices in the smallholder areas in the Eastern Cape Province of South Africa. In: *Tropical animal health and production*. Vol. 41, No. 7, S. 1475–1485 DOI: 10.1007/s11250-009-9336-5.

Marconcini, M.; Metz-Marconcini, A.; Üreyen, S.; Palacios-Lopez, D.; Hanke, W.; Bachofer, F.; Zeidler, J.; Esch, T.; Gorelick, N.; Kakarla, A.; Paganini, M.; Strano, E. (2020): Outlining where humans live, the World Settlement Footprint 2015. In: *Scientific Data*. Nature Publishing Group. Vol. 7, No. 1, S. 242 DOI: 10.1038/s41597-020-00580-5.

Mariscal, J. (2005): Digital divide in a developing country. In: *Telecommunications Policy*. Vol. 29, No. 5–6, S. 409–428 DOI: 10.1016/j.telpol.2005.03.004.

Mars Petcare (2020a): Index Results – India: State of Pet Homelessness Index. Mars Incorporated. <https://endpethomelessness.com/downloads/State-of-Pet-Homelessness-Index-India.pdf> (18.11.2022).

Mars Petcare (2020b): End Pet Homelessness – Data Sources. <http://endpethomelessness.com/> (18.11.2022).

Martins, C. M.; Mohamed, A.; Guimarães, A. M. S.; de Barros, C. da C.; Pampuch, R. dos S.; Svoboda, W.; Garcia, R. de C. M.; Ferreira, F.; Biondo, A. W. (2013): Impact of demographic characteristics in pet ownership: Modeling animal count according to owners income and age. In: *Preventive Veterinary Medicine*. Vol. 109, No. 3, S. 213–218 DOI: [10.1016/j.prevetmed.2012.10.006](https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2012.10.006).

Martorelli, P. (2020): Transforming Argentina's railway, driven by a plan for recovery. In: *Global Railway Review*. <https://www.globalrailwayreview.com/article/102322/transforming-argentina-railway-plan-recovery-pablo-martorelli/> (26.10.2022).

Matasci, C.; Gauch, M.; Böni, H. (2019): Material- und Energieflüsse der schweizerischen Volkswirtschaft. Mit Bewertung der Umweltbelastungen (Projekt MatCH – Synthese). Empa - Materials Science & Technology. <https://www.dora.lib4ri.ch/empa/islandora/object/empa%3A20917/> (13.08.2021).

Mattioli, G.; Roberts, C.; Steinberger, J. K.; Brown, A. (2020): The political economy of car dependence: A systems of provision approach. In: *Energy Research & Social Science*. Vol. 66, S. 101486 DOI: [10.1016/j.erss.2020.101486](https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101486).

Mercedes-Benz Group (2022): Benz Patent Motor Car: The first automobile (1885–1886). In: *Mercedes-Benz Group*. <https://group.mercedes-benz.com/company/tradition/company-history/1885-1886.html> (04.11.2022).

Metz, D. (2013): Peak Car and Beyond: The Fourth Era of Travel. In: *Transport Reviews*. Routledge. Vol. 33, No. 3, S. 255–270 DOI: [10.1080/01441647.2013.800615](https://doi.org/10.1080/01441647.2013.800615).

Millard-Ball, A.; Schipper, L. (2011): Are We Reaching Peak Travel? Trends in Passenger Transport in Eight Industrialized Countries. In: *Transport Reviews*. Routledge. Vol. 31, No. 3, S. 357–378 DOI: [10.1080/01441647.2010.518291](https://doi.org/10.1080/01441647.2010.518291).

Ministério da Infraestrutura (2021): Voo Simples provisional measure reduces bureaucracy in air service rules, aeronautical registration and CACC. In: *Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC)*. <https://www.gov.br/anac/en/news/2021/voo-simples-provisional-measure-reduces-bureaucracy-in-air-service-rules-aeronautical-registration-and-cacc> (15.11.2022).

MIV (2021): Die Milch im Überblick: Die wichtigsten Daten und Fakten. https://milchindustrie.de/wp-content/uploads/2020/08/Daten_Fakten_Deutschlandkarte_2020-2021-scaled.jpg (15.11.2021).

Miyajima, K. (2022): Mobile phone ownership and welfare: Evidence from South Africa's household survey. In: *World Development*. Vol. 154, S. 105863 DOI: [10.1016/j.worlddev.2022.105863](https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2022.105863).

Mo, C.; Kwon, Y.; Park, S. (2014): Current Status of Public Transportation in ASEAN Megacities. The Korea Transport Institute. <https://asean.org/wp-content/uploads/2017/04/Current-Status-of-Public-Transportation-in-ASEAN-Megacities.pdf> (19.11.2022).

Moriarty, P. (2021): Global Passenger Transport. In: *Encyclopedia*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Vol. 1, No. 1, S. 189–197 DOI: [10.3390/encyclopedia1010018](https://doi.org/10.3390/encyclopedia1010018).

Mukherjee, A. (2000): The Indian Automobile Industry: Speeding into the Future? S. 14 <https://gerpisa.org/ancien-gerpisa/actes/28/28-4.pdf> (04.11.2022).

Müller-Lindenlauf, M.; Cornelius, C.; Gärtner, S.; Reinhardt, G.; Rettenmeier, N.; Schmidt, T. (2014): Umweltbilanz von Milch und Milcherzeugnissen. Status quo und Ableitung von Optimierungspotenzialen. <https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/IFEU-VDM-Milchbericht-2014.pdf> (24.11.2021).

NBSC (2020): China Statistical Yearbook 2020. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2020/indexeh.htm> (15.11.2022).

NBSC (2021): China Statistical Yearbook 2021. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2021/indexeh.htm> (04.11.2022).

Ndenze, B. (2022): Ramaphosa: Eskom's management „is unravelling a lot of corruption“. In: *Eyewitness News*. https://www.ewn.co.za/2022/09/30/ramaphosa-on-load-shedding-eskom-was-a-bed-of-corruption?fbclid=IwY2xjawExl1JleHRuA2FlbQlxMQABHS17eF9nKuHHp6TD615KQtLqFRpIM3V-YgxIMJlf9MZwYI_c8IAOex_FTw_aem_pV569WHqMt9DWP8Jxy17ig (14.12.2023).

Nepal, R.; Phoumin, H.; Musibau, H.; Jamasb, T. (2022): The socio-economic impacts of energy policy reform through the lens of the power sector – Does cross-sectional dependence matter? In: *Energy Policy*. Vol. 167, S. 113079 DOI: 10.1016/j.enpol.2022.113079.

Nitschke, L. (2020): Reconstituting Automobility: The Influence of Non-Commercial Carsharing on the Meanings of Automobility and the Car. In: *Sustainability*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Vol. 12, No. 17, S. 7062 DOI: 10.3390/su12177062.

Nkosi, V.; Haman, T.; Naicker, N.; Mathee, A. (2019): Overcrowding and health in two impoverished suburbs of Johannesburg, South Africa. In: *BMC public health*. Vol. 19, No. 1, S. 1358 DOI: 10.1186/s12889-019-7665-5.

Nobis, C. (2019): Mobilität in Deutschland - MiD Analysen zum Radverkehr und Fußverkehr. Bonn. https://www.mobilitaet-in-deutschland.de/archive/pdf/MiD2017_Analyse_zum_Rad_und_Fussverkehr.pdf (15.11.2021).

Noussan, M.; Hafner, M.; Tagliapietra, S. (2020): The Evolution of Transport Across World Regions. In: M. NOUSSAN: / M. HAFNER: / S. TAGLIAPIETRA: *The Future of Transport Between Digitalization and Decarbonization: Trends, Strategies and Effects on Energy Consumption*. SpringerBriefs in Energy Springer International Publishing, Cham. S. 1–28 DOI: 10.1007/978-3-030-37966-7_1.

NRPCP (2019): National Rabies Prevention and Control Program. Manual of Procedures. National Rabies Prevention and Control Program; World Health Organization. https://doh.gov.ph/sites/default/files/publications/Rabies%20Manual_MOP_2019%20nov28.pdf (18.11.2022).

Odendaal, J. S. (1994): Demographics of companion animals in South Africa. In: *Journal of the South African Veterinary Association*. Vol. 65, No. 2, S. 67–72 DOI: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7776337/>.

OECD (1993): International Air Transport: The Challenges Ahead. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris. S. 99 <https://www.oecd.org/futures/38455426.pdf> (14.11.2022).

OECD (2021a): Agricultural Outlook 2021-2030 - data series. https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HIGH_AGLINK_2021 (14.12.2023).

OECD (2021b): Short-term Indicators: Road. https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ITF_PASSENGER_TRANSPORT (05.01.2022).

OECD (2022): OECD Better Life Index: Housing. <https://www.oecdbetterlifeindex.org/topics/housing/> (14.12.2023).

OECD; FAO (2021): OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030. OECD Publishing, Paris. S. 337 <https://doi.org/10.1787/19428846-en>. (02.11.2022).

Ofori, I. K.; Asongu, S. A. (2021): ICT Diffusion, Foreign Direct Investment and Inclusive Growth in Sub-Saharan Africa. In: *Telematics and Informatics*. Vol. 65, S. 101718 DOI: 10.1016/j.tele.2021.101718.

OICA (2019): Registration or sales of new vehicles - all types. https://www.oica.net/total_sales_2019-2/ (04.11.2022).

OICA (2021): Press Release OICA: Global auto production in 2020 severely hit by COVID-19 crisis with a 16% drop in world auto production. <https://www.oica.net/wp-content/uploads/OICA-Press-Release-2021-03-24.pdf> (04.11.2022).

- OICA (2022a): Production Statistics. In: *International Organization of Motor Vehicle Manufacturers*. <https://www.oica.net/production-statistics/> (04.11.2022).
- OICA (2022b): Sales Statistics. <https://www.oica.net/category/sales-statistics/> (04.11.2022).
- OICA (2023): Vehicles in use. <https://www.oica.net/category/vehicles-in-use/> (04.11.2022).
- Oirere, S. (2022): South Africa pet food industry growing. World-Grain.com. <https://www.world-grain.com/articles/11116-south-africa-pet-food-industry-growing> (14.12.2023).
- Ojango, J. M. K.; Mrode, R.; Okeyo, A. M.; Rege, J. E. O.; Chagunda, M. G. G.; Kugonza, D. R. (2017): Improving smallholder dairy farming in Africa. In: *Achieving sustainable production of milk: Safety, Quality and Sustainability*. Vol. 2, No. 1, S. 371–396 DOI: <https://doi.org/10.4324/9781351114202>.
- Olivares, J. V. (2015): The liberalisation of transport infrastructure and Spanish investment in the international market: Latin American airports and the case of AENA. In: *Revue française d'histoire économique*. L'Harmattan, Paris. Vol. 3, No. 1, S. 158–172 DOI: [10.3917/rfhe.003.0158](https://doi.org/10.3917/rfhe.003.0158).
- Olivares, J. V.; Piglia, M. (2019): Flying the history of commercial aviation in Latin America: An introduction. In: *The Journal of Transport History*. SAGE Publications Ltd. Vol. 40, No. 1, S. 3–7 DOI: [10.1177/0022526619832275](https://doi.org/10.1177/0022526619832275).
- Olson, P. N.; Moulton, C. (1993): Pet (dog and cat) overpopulation in the United States. In: *Journal of Reproduction and Fertility. Supplement*. Vol. 47, S. 433–438 DOI: [PMID: 8229959](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8229959/).
- O'Neill, D. W.; Fanning, A. L.; Lamb, W. F.; Steinberger, J. K. (2018): A good life for all within planetary boundaries. In: *Nature Sustainability*. Nature Publishing Group. Vol. 1, No. 2, S. 88–95 DOI: [10.1038/s41893-018-0021-4](https://doi.org/10.1038/s41893-018-0021-4).
- Onel, N.; Mukherjee, A.; Kreidler, N. B.; Díaz, E. M.; Furchheim, P.; Gupta, S.; Keech, J.; Murdock, M. R.; Wang, Q. (2018): Tell me your story and I will tell you who you are: Persona perspective in sustainable consumption. In: *Psychology & Marketing*. Vol. 35, No. 10, S. 752–765 DOI: [10.1002/mar.21132](https://doi.org/10.1002/mar.21132).
- OPEC (2020): World Oil Outlook 2045. Organization of the Petroleum Exporting Countries, Wien. https://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/OPEC_WOO2020.pdf (14.11.2022).
- Ottoni, C.; Van Neer, W.; De Cupere, B.; Daligault, J.; Guimaraes, S.; Peters, J.; Spassov, N.; Prendergast, M. E.; Boivin, N.; Morales-Muñiz, A.; Bălăşescu, A.; Becker, C.; Benecke, N.; Boroneant, A.; Buitenhuis, H.; Chahoud, J.; Crowther, A.; Llorente, L.; Manaseryan, N.; Monchot, H.; Onar, V.; Osypińska, M.; Putelat, O.; Quintana Morales, E. M.; Studer, J.; Wierer, U.; Decorte, R.; Grange, T.; Geigl, E.-M. (2017): The palaeogenetics of cat dispersal in the ancient world. In: *Nature Ecology & Evolution*. Nature Publishing Group. Vol. 1, No. 7, S. 1–7 DOI: [10.1038/s41559-017-0139](https://doi.org/10.1038/s41559-017-0139).
- Ou, X.; Yuan, Z.; Wang, Y.; Ren, L. (2022): The Development of High-Speed Rail in China - Impact Research on Transportation - Modal Shift and CO2 Emission Reduction Potential. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, Beijing. S. 50 https://transition-china.org/wp-content/uploads/2022/06/20220621_HSR-Study-English-Final.pdf (19.11.2022).
- Our World in Data (2014): Motor vehicles per 1000 inhabitants vs GDP per capita. <https://ourworldindata.org/grapher/road-vehicles-per-1000-inhabitants-vs-gdp-per-capita> (14.12.2023).
- Paulitsch, K.; Baedeker, C.; Burdick, B. (2004): Am Beispiel Baumwolle: Flächennutzungskonkurrenz durch exportorientierte Landwirtschaft. Wuppertal Papers, Wuppertal Institut, Konstanz. S. 67 <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/1958/file/WP148.pdf> (02.11.2022).

- Perri, A. R.; Feuerborn, T. R.; Frantz, L. A. F.; Larson, G.; Malhi, R. S.; Meltzer, D. J.; Witt, K. E. (2021): Dog domestication and the dual dispersal of people and dogs into the Americas. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Proceedings of the National Academy of Sciences. Vol. 118, No. 6, S. e2010083118 DOI: 10.1073/pnas.2010083118.
- Persson, L.; Carney Almroth, B. M.; Collins, C. D.; Cornell, S.; de Wit, C. A.; Diamond, M. L.; Fantke, P.; Hassellöv, M.; MacLeod, M.; Ryberg, M. W.; Sjøgaard Jørgensen, P.; Villarrubia-Gómez, P.; Wang, Z.; Hauschild, M. Z. (2022): Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities. In: *Environmental Science & Technology*. American Chemical Society. Vol. 56, No. 3, S. 1510–1521 DOI: 10.1021/acs.est.1c04158.
- Petrescu, F. I.; Petrescu, R. (2012): The Aviation History. DOI: 10.13140/RG.2.1.1273.9285 https://www.researchgate.net/publication/282791431_The_Aviation_History?channel=doi&linkId=561ca7c608ae78721fa15bfa&showFulltext=true (14.11.2022).
- Pinsker, J. (2019): Why Are American Houses So Big? In: *The Atlantic*. <https://www.theatlantic.com/family/archive/2019/09/american-houses-big/597811/> (12.12.2023).
- Popkin, B. M.; Reardon, T. (2018): Obesity and the food system transformation in Latin America. In: *Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity*. Vol. 19, No. 8, S. 1028–1064 DOI: 10.1111/obr.12694.
- PRNewswire (2017): 4 Trends Driving Pet Population and Pet Ownership Growth. In: *CISION PR Newswire*. <https://www.prnewswire.com/news-releases/4-trends-driving-pet-population-and-pet-ownership-growth-300463088.html> (18.11.2022).
- PRNewswire (2022): The Worldwide Pet Food Industry is Expected to Reach \$133 Billion by 2030. In: *CISION PR Newswire*. <https://www.prnewswire.com/news-releases/the-worldwide-pet-food-industry-is-expected-to-reach-133-billion-by-2030-301516722.html> (19.11.2022).
- protectedplanet (2023): Discover the world's protected and conserved areas. In: *Protected Planet*. <https://www.protectedplanet.net/en> (13.01.2023).
- ptj/enArgus (o.J.): Versauerung. https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d13392-2/*/*Versauerung.html?op=Wiki.getwiki (26.01.2023).
- Rakuten Insight (2021): Pet ownership in Asia. In: *Rakuten Insight*. <https://insight.rakuten.com/pet-ownership-in-asia/> (18.05.2022).
- Rao, N. D.; Ummel, K. (2017): White goods for white people? Drivers of electric appliance growth in emerging economies. In: *Energy Research & Social Science*. Vol. 27, S. 106–116 DOI: 10.1016/j.erss.2017.03.005.
- Raper, T. B.; Pilon, C.; Singh, V.; Snider, J.; Stewart, S.; Byrd, S. (2019): Cotton Production in the United States of America. In: *Cotton Production*. John Wiley & Sons, Ltd. S. 217–247 DOI: 10.1002/9781119385523.ch11.
- Rastogi, A. (2021): In 2021, pets make Indian families picture perfect. In: *Media India Group*. <https://mediaindia.eu/culture/in-2021-pets-make-indian-families-picture-perfect/> (18.11.2022).
- Rathi, S. (2017): India. In: *The Urban Transport Crisis in Emerging Economies [Hrsg. D. Pojani und D. Stead]*. The Urban Book Series Springer International Publishing, Cham. S. 81–106 DOI: 10.1007/978-3-319-43851-1_5.
- Revell, B. J. (2015): One Man's Meat \ldots 2050? Ruminations on Future Meat Demand in the Context of Global Warming. In: *Journal of Agricultural Economics*. Vol. 66, No. 3, S. 573–614 DOI: 10.1111/1477-9552.12121.
- Rexing, B. (2015): 28. Dezember 1886 - Erste Geschirrspülmaschine wird patentiert. <https://www1.wdr.de/stichtag/stichtag6320.html> (14.12.2023).

Reynolds, R. (2020): Book Review: Jan Dijk. (2020). The digital divide. Cambridge, UK: Polity, 208 pp. (ISBN 9781509534456). In: *Journal of the Association for Information Science and Technology*. Vol. 72, No. 1, S. 136–138 DOI: 10.1002/asi.24355.

Riahi, K.; van Vuuren, D. P.; Kriegler, E.; Edmonds, J.; O'Neill, B. C.; Fujimori, S.; Bauer, N.; Calvin, K.; Dellink, R.; Fricko, O.; Lutz, W.; Popp, A.; Cuaresma, J. C.; Kc, S.; Leimbach, M.; Jiang, L.; Kram, T.; Rao, S.; Emmerling, J.; Ebi, K.; Hasegawa, T.; Havlik, P.; Humpenöder, F.; Da Silva, L. A.; Smith, S.; Stehfest, E.; Bosetti, V.; Eom, J.; Gernaat, D.; Masui, T.; Rogelj, J.; Strefler, J.; Drouet, L.; Krey, V.; Luderer, G.; Harmsen, M.; Takahashi, K.; Baumstark, L.; Doelman, J. C.; Kainuma, M.; Klimont, Z.; Marangoni, G.; Lotze-Campen, H.; Obersteiner, M.; Tabeau, A.; Tavoni, M. (2017): The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. In: *Global Environmental Change*. Vol. 42, S. 153–168 DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009.

Richardson, K.; Steffen, W.; Lucht, W.; Bendtsen, J.; Cornell, S. E.; Donges, J. F.; Drüke, M.; Fetzer, I.; Bala, G.; von Bloh, W.; Feulner, G.; Fiedler, S.; Gerten, D.; Gleeson, T.; Hofmann, M.; Huiskamp, W.; Kummu, M.; Mohan, C.; Nogués-Bravo, D.; Petri, S.; Porkka, M.; Rahmstorf, S.; Schaphoff, S.; Thonicke, K.; Tobian, A.; Virkki, V.; Wang-Erlandsson, L.; Weber, L.; Rockström, J. (2023): Earth beyond six of nine planetary boundaries. In: *Science Advances*. American Association for the Advancement of Science. Vol. 9, No. 37, S. eadh2458 DOI: 10.1126/sciadv.adh2458.

Rios, R. (2020): Quase 48 milhões de domicílios no Brasil tem cães ou gatos, aponta pesquisa do IBGE. <https://www.correiobraziliense.com.br/brasil/2020/09/4873376-quase-48-milhoes-de-domicilios-no-brasil-tem-caes-ou-gatos-aponta-pesquisa-do-ibge.html> (18.11.2022).

Ritchie, H. (2020): Climate change and flying: what share of global CO2 emissions come from aviation? In: *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-aviation> (14.11.2022).

Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, A.; Chapin, F. S.; Lambin, E. F.; Lenton, T. M.; Scheffer, M.; Folke, C.; Schellnhuber, H. J.; Nykvist, B.; de Wit, Cynthia A.; Hughes, T.; van der Leeuw, S.; Rodhe, H.; Sorlin, S.; Snyder, P. K.; Costanza, R.; Svedin, U.; Falkenmark, M.; Karlberg, L.; Corell, R. W.; Fabry, V. J.; Hansen, J.; Walker, B.; Liverman, D.; Richardson, K.; Crutzen, P.; Foley, J. A. (2009): A safe operating space for humanity. In: *Nature*. Vol. 461, No. 7263, S. 472–475 DOI: 10.1038/461472a.

Rodrigue, J.-P. (2020): World Automobile Production and Fleet, 1965-2021. In: *The Geography of Transport Systems*. <https://transportgeography.org/contents/chapter5/road-transportation/automobile-production-fleet-world/> (04.11.2022).

Ronquest-Ross, L.-C.; Vink, N.; Sigge, G. O. (2015): Food consumption changes in South Africa since 1994. In: *South African Journal of Science*. Vol. 9, No. 111, S. 12 DOI: 10.17159/sajs.2015/20140354.

saferespaces (2017): The state of public transport in South Africa. <https://www.saferespaces.org.za/understand/entry/the-state-of-public-transport-in-south-africa> (14.12.2023).

Sala, S.; Crenna, E.; Secchi, M.; Sanyé-Mengual, E. (2020): Environmental sustainability of European production and consumption assessed against planetary boundaries. In: *Journal of Environmental Management*. Vol. 269, S. 110686 DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.110686.

Sandin, G.; Peters, G. M.; Svanström, M. (2015): Using the planetary boundaries framework for setting impact-reduction targets in LCA contexts. In: *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 20, No. 12, S. 1684–1700 DOI: 10.1007/s11367-015-0984-6.

Sarbassova, G. (2015): Language and Identity in Kazakh Horse Culture. In: *Bilig: Türk Dünyası Sosyal Bilimler Dergisi*. Vol. 75, S. 227–247 DOI: https://kutuphane.dogus.edu.tr/mvt/pdf.php?lng=1&search=&articlelng=&fieldnu=0&sortnu=0&sortdir=0&access=catalog&pdf=0017739&journalbg=*-&-max=20&-skip=0.

Saunders, J.; Parast, L.; Babey, S. H.; Miles, J. V. (2017): Exploring the differences between pet and non-pet owners: Implications for human-animal interaction research and policy. In: *PLOS ONE*. Public Library of Science. Vol. 12, No. 6, S. e0179494 DOI: [10.1371/journal.pone.0179494](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179494).

Schäfer, A. (2007): Long-Term Trends in Global Passenger Mobility. In: *Frontiers of Engineering: Reports on Leading-Edge Engineering from the 2006 Symposium*. DOI: [10.17226/11827](https://doi.org/10.17226/11827).

Schipperges, M.; Berg, H.; Schnurr, M.; Glockner, H. (2018): Erfolgsbedingungen für Systemsprünge und Leitbilder einer ressourcenleichten Gesellschaft. Band 4: Auswertung empirischer Studien zur umweltbezogenen Konsum- und Lebensstilforschung und Leitbildern einer ressourcenleichten Gesellschaft in unterschiedlichen sozialen Milieus. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-10-23_texte_85-2018_ressourcenleichte-gesellschaft_band4.pdf (15.11.2021).

Schouten, A.; Blumenberg, E.; Wachs, M.; King, H. (2022): Keys to the Car. In: *Journal of the American Planning Association*. Routledge. Vol. 88, No. 1, S. 3–14 DOI: [10.1080/01944363.2021.1907608](https://doi.org/10.1080/01944363.2021.1907608).

Schwikowski, M. (2022): Is Africa's ambitious railway project running late? In: *Deutsche Welle (DW)*.
<https://www.dw.com/en/africa-is-the-continent's-ambitious-railway-project-running-late/a-63268830> (19.11.2022).

Scott, N. (2022): Pet ownership rate stabilizes as spending increases. In: *American Veterinary Medical Association*. <https://www.avma.org/news/pet-ownership-rate-stabilizes-spending-increases> (19.11.2022).

See Africa Today (2022): The 9 Busiest Airports in Africa. <https://seeafricatoday.com/travel-guides/the-9-busiest-airports-in-africa/> (14.12.2023).

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (2020): IS-Mahlsdorf. Bilanzierung und Bewertung alternativer Bauweisen aus ökologischer Sicht.
https://www.berlin.de/senuvk/service/gesetzestexte/de/download/beschaffung/ISM_endbericht%20wissBegleitung.pdf (24.11.2021).

Senbil, M.; Zhang, J.; Fujiwara, A. (2007): Motorization in Asia: 14 Countries and Three Metropolitan Areas. In: *IATSS Research*. Vol. 31, No. 1, S. 46–58 DOI: [10.1016/S0386-1112\(14\)60183-7](https://doi.org/10.1016/S0386-1112(14)60183-7).

Shivambu, N.; Shivambu, T. C.; Downs, C. T. (2021): Predicting the Potential Distribution of Non-Native Mammalian Species Sold in the South African Pet Trade. In: *Diversity*. Vol. 13, No. 10, S. 478 DOI: [10.3390/d13100478](https://doi.org/10.3390/d13100478).

Sibeko, B. (2021): Nach der Krise ist vor der Krise – Von wegen politische Befreiung: Strukturelle Ungleichheit und die Erosion staatlicher Strukturen haben Südafrika in einen Teufelskreis geführt. In: *IPG-Journal*.
<https://www.ipg-journal.de/regionen/afrika/artikel/nach-der-krise-ist-vor-der-krise-5322/> (13.12.2022).

Sikana, L.; Lembo, T.; Hampson, K.; Lushasi, K.; Mtenga, S.; Sambo, M.; Wight, D.; Coutts, J.; Kreppel, K. (2021): Dog ownership practices and responsibilities for children's health in terms of rabies control and prevention in rural communities in Tanzania. In: *PLOS Neglected Tropical Diseases*. Public Library of Science. Vol. 15, No. 3, S. e0009220 DOI: [10.1371/journal.pntd.0009220](https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009220).

Sims, R.; Schaeffer, R.; Creutzig, F.; Cruz-Núñez, X.; D'Agosto, M.; Dimitriu, D.; Meza, M. J.; Fulton, L.; Kobayashi, S.; Lah, O.; Mckinnon, A.; Newman, P.; Ouyang, M.; Schauer, J. J.; Sperling, D.; Tiwari, G. (2014): Transport. In: *Climate Change: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom; New York, NY, USA. DOI: [10.1017/CBO9781107415416.005](https://doi.org/10.1017/CBO9781107415416.005).

- Singh, A.; Jamasb, T.; Nepal, R.; Toman, M. (2018): Electricity cooperation in South Asia: Barriers to cross-border trade. In: *Energy Policy*. Vol. 120, S. 741–748 DOI: [10.1016/j.enpol.2017.12.048](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.12.048).
- Singh, R.; Maloo, M. (2021): Study finds 6 in 10 Indians now have a pet; here's what's fuelling the pet care industry. In: *cnbctv18.com*. <https://www.cnbctv18.com/videos/lifestyle/study-finds-6-in-10-indians-now-have-a-pet-heres-whats-fuelling-the-pet-care-industry-11496972.htm> (18.11.2022).
- Smith, L. M.; Hartmann, S.; Munteanu, A. M.; Dalla Villa, P.; Quinnell, R. J.; Collins, L. M. (2019): The Effectiveness of Dog Population Management: A Systematic Review. In: *Animals : an Open Access Journal from MDPI*. Vol. 9, No. 12, S. 1020 DOI: [10.3390/ani9121020](https://doi.org/10.3390/ani9121020).
- Smyth, G.; Dagley, K. (2015): Demographics of Australian horse owners: results from an internet-based survey. In: *Australian Veterinary Journal*. Vol. 93, No. 12, S. 433–438 DOI: [10.1111/avj.12390](https://doi.org/10.1111/avj.12390).
- Soltani, A. (2017): Iran. In: *The Urban Transport Crisis in Emerging Economies [Hrsg. D. Pojani und D. Stead]*. The Urban Book Series Springer International Publishing, Cham. S. 127–143 DOI: [10.1007/978-3-319-43851-1_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-43851-1_7).
- Sopjani, L.; Stier, J. J.; Hesselgren, M.; Ritzén, S. (2020): Shared mobility services versus private car: Implications of changes in everyday life. In: *Journal of Cleaner Production*. Vol. 259, S. 120845 DOI: [10.1016/j.jclepro.2020.120845](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120845).
- South African Pet Magazine (2022): Average Veterinary Fees in South Africa. <https://www.pethealthcare.co.za/PetFriendly/Articles/average-veterinary-fees-south-africa> (14.12.2023).
- Spektrum (o.J.): Baumwollpflanze. In: *Lexikon der Biologie*. <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/baumwollpflanze/7622> (18.08.2022).
- Springmann, M.; Clark, M.; Mason-D'Croz, D.; Wiebe, K.; Bodirsky, B. L.; Lassaletta, L.; de Vries, W.; Vermeulen, S. J.; Herrero, M.; Carlson, K. M.; Jonell, M.; Troell, M.; DeClerck, F.; Gordon, L. J.; Zurayk, R.; Scarborough, P.; Rayner, M.; Loken, B.; Fanzo, J.; Godfray, H. C. J.; Tilman, D.; Rockström, J.; Willett, W. (2018): Options for keeping the food system within environmental limits. In: *Nature*. Nature Publishing Group. Vol. 562, No. 7728, S. 519–525 DOI: [10.1038/s41586-018-0594-0](https://doi.org/10.1038/s41586-018-0594-0).
- SSATP (2020): Policies for Sustainable Accessibility and Mobility in Cities of Ethiopia. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank Group, Washington DC. https://www.ssatp.org/sites/ssatp/files/publication/SSATP_UTM_FinalReport_ETHIOPIA.pdf (14.11.2022).
- Staník, J. (2019): Passenger Cars Per 1,000 People. In: *Helgi Library*. <https://www.helgilibrary.com/indicators/passenger-cars-per-1000-people> (07.11.2023).
- StatBank Greenland (2021): Registered motor vehicles by ownership, category and time. In: *StatBank*. https://bank.stat.gl:443/pxweb/en/Greenland/Greenland__EN__EN40/ENXMO1HI.px/ (04.11.2022).
- StatCan, S. C. (2017): Census in Brief: Commuters using sustainable transportation in census metropolitan areas. In: *Statistics Canada*. <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/as-sa/98-200-x/2016029/98-200-x2016029-eng.cfm> (19.11.2022).
- Statista (2019a): Number of dogs and cats kept as pets worldwide in 2018. <https://www.statista.com/statistics/1044386/dog-and-cat-pet-population-worldwide/> (11.08.2022).
- Statista (2019b): Number of households with pet dogs and cats in India between 2014 and 2018. <https://www.statista.com/statistics/1061322/india-households-with-pet-dogs-and-cats/> (18.11.2022).
- Statista (2021): Distribution of households in urban and rural South Africa in 2021, by household size. <https://www.statista.com/statistics/1114300/distribution-of-households-in-urban-and-rural-south-africa-by-household-size/> (14.12.2023).

Statista (2022a): Passenger Cars - South Africa. <https://www.statista.com/outlook/mmo/passenger-cars/south-africa> (14.12.2023).

Statista (2022b): Fashion South Africa. <https://www.statista.com/outlook/dmo/ecommerce/fashion/south-africa> (14.12.2023).

Statista (2022c): Share of web traffic in South Africa as of May 2022, by device. <https://www.statista.com/statistics/1229072/web-traffic-by-device-in-south-africa/> (14.12.2023).

Statista (2022d): Smartphones - Nutzer weltweit 2016-2024. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/309656/umfrage/prognose-zur-anzahl-der-smartphone-nutzer-weltweit/> (14.12.2023).

Statista (2022e): Number of TV households worldwide 2026. <https://www.statista.com/statistics/268695/number-of-tv-households-worldwide/> (14.12.2023).

Statista (2022f): Urbanization by continent 2022. <https://www.statista.com/statistics/270860/urbanization-by-continent/> (14.12.2023).

Statista (2022g): Single-family vs multifamily homes U.S. 2021. <https://www.statista.com/statistics/1042111/single-family-vs-multifamily-homes-usa/> (14.12.2023).

Statista (2022h): Share of urban population living in slums by region 2020. <https://www.statista.com/statistics/684694/percentage-of-world-urban-population-in-slums-by-region/> (14.12.2023).

Statista (2022i): Average size of households worldwide by region 2019. <https://www.statista.com/statistics/1090668/average-household-size-worldwide-by-region/> (14.12.2023).

Statista (2022j): Taiwan: average living space 1990-2020. <https://www.statista.com/statistics/1318591/taiwan-average-living-space/> (14.12.2023).

Statista (2022k): Japan: average size of homes. <https://www.statista.com/statistics/1289345/japan-average-size-dwellings/> (14.12.2023).

Statista (2022l): China - Urbanisierung bis 2021. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/166163/umfrage/urbanisierung-in-china/> (14.12.2023).

Statista (2022m): Major appliances ownership by country 2021. <https://www.statista.com/statistics/1117972/major-appliances-ownership-selected-countries/> (14.12.2023).

Statista (2022n): Household Appliances - Africa. <https://www.statista.com/outlook/dmo/ecommerce/electronics/household-appliances/africa> (14.12.2023).

Statista (2022o): China: per capita living space urban rural areas. <https://www.statista.com/statistics/225016/per-capita-living-space-in-china-in-urban-and-rural-areas/> (14.12.2023).

Statista (2023): Average number of members per private household in Japan from 2013 to 2022. In: Statista. <https://www.statista.com/statistics/606191/japan-members-per-household/> (23.05.2024).

Statistics South Africa (2015): Living Conditions of Households in South Africa. <https://www.statssa.gov.za/publications/P0310/P03102014.pdf> (14.12.2023).

Statistics South Africa (2022): General Household Survey 2021.

Stead, D.; Pojani, D. (2017): The Urban Transport Crisis in Emerging Economies: A Comparative Overview. In: *The Urban Transport Crisis in Emerging Economies* [Hrsg. D. Pojani und D. Stead]. The Urban Book Series Springer International Publishing, Cham. S. 283–295 DOI: 10.1007/978-3-319-43851-1_14.

Steffen, W.; Richardson, K.; Rockström, J.; Cornell, S. E.; Fetzer, I.; Bennett, E. M.; Biggs, R.; Carpenter, S. R.; de Vries, W.; de Wit, Cynthia A.; Folke, C.; Gerten, D.; Heinke, J.; Mace, G. M.; Persson, L. M.; Ramanathan, V.; Rayers, B.; Sörlin, S. (2015): Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. In: *Science*. Vol. 347, No. 6223, S. 1259855 DOI: [10.1126/science.1259855](https://doi.org/10.1126/science.1259855).

Steinberg, G. (2022): Katars Außenpolitik. In: *Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP)*. <https://www.swp-berlin.org/publikation/katars-aussenpolitik> (15.11.2023).

Street Tails (2021): The Effects of Covid-19 on Stray Dogs in South Africa. <https://streettailsfoundation.org/2021/07/23/the-effects-of-covid-19-on-stray-dogs-in-south-africa/> (14.12.2023).

Styczynski, A. B. (2019): Klimaneutrale Elektromobilität in Indien. In: *ASIEN: The German Journal on Contemporary Asia*. No. 150/151, S. 28–51 DOI: [10.11588/asien.2019.150/151.13955](https://doi.org/10.11588/asien.2019.150/151.13955).

Sukor, N. S. A.; Tarigan, A. K. M.; Fujii, S. (2017): Analysis of correlations between psychological factors and self-reported behavior of motorcyclists in Malaysia, depending on self-reported usage of different types of motorcycle facility. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. Special Issue on Special Road safety as reflected by empirical non-crash data Vol. 46, S. 509–523 DOI: [10.1016/j.trf.2016.09.032](https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.09.032).

Susilo, Y. O.; Joewono, T. B. (2017): Indonesia. In: *The Urban Transport Crisis in Emerging Economies* [Hrsg. D. Pojani und D. Stead]. The Urban Book Series Springer International Publishing, Cham. S. 107–126 DOI: [10.1007/978-3-319-43851-1_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-43851-1_6).

Swopes, B. (2018): 1 January 1914. In: *This Day in Aviation*. <https://www.thisdayinaviation.com/tag/percival-e-fansler/> (14.11.2022).

Tandon, S. (2021): Spike in ownership boosts pet care retail biz. In: *mint*. <https://www.livemint.com/industry/retail/spike-in-ownership-boosts-pet-care-retail-biz-11632076482359.html> (18.11.2022).

Taylor, W. T. T.; Jargalan, B.; Lowry, K. B.; Clark, J.; Tuvshinjargal, T.; Bayarsaikhan, J. (2017): A Bayesian chronology for early domestic horse use in the Eastern Steppe. In: *Journal of Archaeological Science*. Vol. 81, S. 49–58 DOI: [10.1016/j.jas.2017.03.006](https://doi.org/10.1016/j.jas.2017.03.006).

Tennyson, W. (2018): The Benefits of Dog Population Management (DPM) in Animal Welfare. 2nd International Meeting of the Pan-African Rabies Control Network. World Animal Protection, Johannesburg. S. 14 <https://rabiesalliance.org/resource/tennyson-williamsthe-benefits-dog-population-management-dpm-animal-welfareparacon-2018> (18.11.2022).

Teske, S. (2019): Achieving the Paris Climate Agreement Goals: Global and Regional 100% Renewable Energy Scenarios with Non-energy GHG Pathways for +1.5°C and +2°C. Springer International Publishing, Cham. DOI: [10.1007/978-3-030-05843-2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-05843-2) <http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-05843-2> (10.11.2022).

Teske, S.; Niklas, S.; Langdon, R. (2021): TUMI Transport Outlook 1.5°C - A global scenario to decarbonise transport. Report prepared by the University of Technology Sydney for the Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Bonn; Eschborn. <https://www.transformative-mobility.org/assets/publications/TUMI-Transport-Outlook.pdf> (14.11.2022).

Teubler, J.; Buhl, J.; Lettenmeier, M.; Greiff, K.; Liedtke, C. (2018): A Household's Burden – The Embodied Resource Use of Household Equipment in Germany. In: *Ecological Economics*. Vol. 146, S. 96–105 DOI: [10.1016/j.ecolecon.2017.10.004](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.10.004).

Textile Exchange (2022): Cotton. <https://mci.textileexchange.org/discover/cotton/> (02.11.2022).

- textile network (2020): Central Asia: Consumption booms while exports falter. In: *textile network*. <https://textile-network.com/en/Technical-Textiles/Fasern-Garne/Central-Asia-Consumption-booms-while-exports-falter> (03.11.2022).
- Tfl (o.J.): Technical Note 15 - Why do people travel by car? S. 6 <https://content.tfl.gov.uk/technical-note-15-why-do-people-travel-by-car.pdf> (04.11.2022).
- The Global Economy (2020): South Africa: Airline passengers. https://www.theglobaleconomy.com/South-Africa/Airline_passengers/ (14.12.2023).
- Thukwana, N. (2021): Pet ownership in SA rose during the pandemic, and it's fuelling the R7.1 billion pet goods sector. <https://www.businessinsider.co.za/increased-pet-ownership-in-south-africa-has-created-a-pet-market-boom-during-the-pandemic-2022-1> (14.12.2023).
- Tiwari, G.; Jain, D.; Ramachandra Rao, K. (2016): Impact of public transport and non-motorized transport infrastructure on travel mode shares, energy, emissions and safety: Case of Indian cities. In: *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Vol. 44, S. 277–291 DOI: 10.1016/j.trd.2015.11.004.
- Tolcha, T. D.; Bråthen, S.; Holmgren, J. (2020): Air transport demand and economic development in sub-Saharan Africa: Direction of causality. In: *Journal of Transport Geography*. Vol. 86, S. 102771 DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2020.102771.
- Toma, S. (2022): Study Shows Most Canadians Own Cars, Have No Plan to Ditch Them, Water Still Wet. In: *autoevolution*. <https://www.autoevolution.com/news/study-shows-most-canadians-own-cars-have-no-plan-to-ditch-them-water-still-wet-179532.html> (04.11.2022).
- Traub-Merz, R. (2017): The Automotive Sector in Emerging Economies: Industrial Policies, Market Dynamics and Trade Unions. Trends & Perspectives in Brazil, China, India, Mexico and Russia. Friedrich-Ebert-Stiftung, Berlin. S. 260 <https://library.fes.de/pdf-files/iez/13154.pdf> (04.11.2022).
- UBA (2014a): Klimaneutral leben – Verbraucher starten durch beim Klimaschutz. *Ratgeber*, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. S. 28 <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaneutral-leben> (13.08.2021).
- UBA (2014b): Schlechte Ökobilanz für „Auswärts essen“. Lebensmittelabfälle verursachen erhebliche Umweltschäden. <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/schlechte-oekobilanz-fuer-auswaerts-essen> (24.11.2021).
- UBA (2019): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität – RESCUE: Langfassung. Dessau-Roßlau. S. 444 <https://www.umweltbundesamt.de/rescue> (15.07.2022).
- UBA (2021a): Atmosphärische Treibhausgaskonzentration. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/atmosphaerische-treibhausgas-konzentrationen#kohlendioxid-> (17.09.2021).
- UBA (2021b): Struktur der Flächennutzung. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/struktur-der-flaechennutzung> (15.11.2021).
- UBA (2021c): Hoher Anteil von Urlaubs- und Freizeitverkehr. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/mobilitaet-privater-haushalte#hoher-anteil-von-urlaubs-und-freizeitverkehr> (15.11.2021).
- UBA (2021d): Klimawirksamkeit des Luftverkehrs – Quantifizierung der Nicht-CO2-Effekte (unveröffentlicht).
- UBA (2021e): Wohnfläche. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/wohnflaeche#zahl-der-wohnungen-gestiegen> (24.11.2021).
- UBA (2021f): Eutrophierung. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/meere/nutzung-belastungen/eutrophierung> (26.01.2023).

- UBA (2022a): Systematische Erfassung des Lebensmittelabfalls der privaten Haushalte in Deutschland. <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/systematische-erfassung-des-lebensmittelabfalls-der> (07.05.2024).
- UBA (2022b): Weltweiter Autobestand. <https://www.umweltbundesamt.de/bild/weltweiter-autobestand> (04.11.2022).
- UBA (2022c): Die Nutzung natürlicher Ressourcen. Bericht für Deutschland 2022. Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/ressourcenbericht2022> (26.01.2023).
- UBA (2022d): Die Treibhausgase. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase> (26.01.2023).
- UBA (2022e): Treibhausgas-Emissionen in Deutschland. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland> (26.01.2023).
- UBA (2022f): Schwefeldioxid-Emissionen. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaadstoff-emissionen-in-deutschland/schwefeldioxid-emissionen> (26.01.2023).
- UBA (2022g): Feinstaub-Belastung. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/feinstaub-belastung> (26.01.2023).
- UBA (2022h): Feinstaub. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschaadstoffe-im-ueberblick/feinstaub> (26.01.2023).
- UBA (2022i): Emissionen prioritärer Luftschadstoffe. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaadstoff-emissionen-in-deutschland/emissionen-prioritaerer-luftschaadstoffe> (26.01.2023).
- UBA (2023a): CO2-Rechner des Umweltbundesamtes. https://uba.co2-rechner.de/de_DE/ (28.12.2023).
- UBA (2023b): Mobilität privater Haushalte. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/mobilitaet-privater-haushalte#hoher-anteil-von-urlaubs-und-freizeitverkehr> (15.11.2021).
- UIC (2014): A New Lease of Life for African Rail - Destination 2040. International Union of Railways. https://uic.org/africa/IMG/pdf/africa_strategic_vision.pdf (19.11.2022).
- UIC (2022a): Rail transport in the world. In: *Statistics*. <https://uic.org/support-activities/statistics/#&gid=1&pid=5> (06.09.2022).
- UIC (2022b): *Statistics*. In: *UIC - International union of railways*. <https://uic.org/support-activities/statistics/> (19.11.2022).
- UITP (2022a): Rail success stories. International Association of Public Transport, Brüssel. <https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2022/06/Report-Rail-Succes-Stories-JUNE2022-web.pdf> (19.11.2022).
- UITP (2022b): Europe. *Union Internationale des Transports Publics*, <https://www.uitp.org/regions/europe/> (19.11.2022).
- Umweltbundesamt (2022): Wohnfläche. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/wohnflaeche#zahl-der-wohnungen-gestiegen> (14.12.2023).
- UN Comtrade (2022): UN Comtrade Database. <https://comtradeplus.un.org/> (02.11.2022).
- UNdata (2021): Per capita GDP at current prices - US dollars. In: *Statistics*. <http://data.un.org/Data.aspx?q=GDP+per+capita+andorra&d=SNAAMA&f=grID%3a101%3bcurrID%3aUSD%3bpcFlag%3a1%3bcrID%3a20> (04.01.2022).

UNdata (2022): Total population, both sexes combined (thousands).

<http://data.un.org/Data.aspx?q=india&d=PopDiv&f=variableID%3a12%3bcrID%3a356> (04.11.2022).

UNDP (2022): India ranks 132 on the Human Development Index as global development stalls. In: *United Nations Development Programme*. <https://www.undp.org/india/press-releases/india-ranks-132-human-development-index-global-development-stalls> (09.11.2022).

UNECE (1999): Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone.

<https://unece.org/environment-policy/air/protocol-abate-acidification-eutrophication-and-ground-level-ozone> (26.01.2023).

UNECE (2020): Road Safety Performance Review Ethiopia. United Nations Economic Commission for Europe.

<https://unece.org/info/publications/pub/351311> (09.11.2023).

UNECE (2021a): Statistical Database: New vehicle registrations by Type of Vehicle, Country and Year. In: *United Nations Economic Commission for Europe*.

https://w3.unece.org/PXWeb2015PXWeb2015/pxweb/en/STAT/STAT__40-TRTRANS__03-TRRoadFleet/07_en_TRRoadNewVeh_r.px/ (04.11.2022).

UNECE (2021b): Statistical Database: Passenger road vehicle fleet and rate per thousand inhabitants at 31

December by vehicle category by Measurement, Vehicle category, Country and Year. In: *United Nations Economic Commission for Europe*. https://w3.unece.org/PXWeb2015PXWeb2015/pxweb/en/STAT/STAT__40-TRTRANS__03-TRRoadFleet/01_en_TRRoadTypVehR_r.px/ (04.11.2022).

UNEP (2020): Used vehicles and the environment. A global overview of used light duty vehicles: flow, scale and regulation. Economy Division United Nations Environment Programme, Kenya.

<http://www.unep.org/resources/report/global-trade-used-vehicles-report> (05.01.2022).

UNESCAP (2017): Review of Developments in Transport in Asia and the Pacific 2017. Transport for sustainable development and regional connectivity United Nations Publication, Bangkok.

https://www.unescap.org/sites/default/d8files/knowledge-products/Review2017_Hires_21Dec2017.pdf (19.11.2022).

UNFCCC (2022): National Inventory Submissions 2022. In: *United Nations Climate Change*.

<https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2022> (26.01.2023).

UN-Habitat (2021): Proportion of Urban Population Living in Slum Households by Country or Area 1990-2018.

<https://data.unhabitat.org/datasets/proportion-of-urban-population-living-in-slum-households-by-country-or-area-1990-2018-percent/explore?filters=eyJDb3VudHJ5X29yX0FyZWWEiOlsiU291dGggQWZyaWNhIl1909.11.2022> (14.12.2023).

United Nations (2019): Patterns and trends in household size and composition: Evidence from a United Nations dataset. Department of Economic and Social Affairs Population Division. *ST/ESA/SER.A/433* (14.12.2023).

United Nations Economic Commission for Europe (2022): Proportion of one person households in all

households. <https://w3.unece.org/PXWeb/en/Charts?IndicatorCode=318&CountryCode=826> (14.12.2023).

United Nations Human Settlements Programme (2019): South Africa Overview. <https://unhabitat.org/south-africa> (14.12.2023).

UNSDG (2022): SDG Indicator Database. <https://unstats.un.org/sdgs/dataportal/database> (14.12.2023).

Urmersbach, B. (2022): Afrika: Rangliste der 20 Länder Afrikas mit dem höchsten Bruttoinlandsprodukt in 2021.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1104928/umfrage/top-10-laender-afrikas-mit-dem-hoechsten-bruttoinlandsprodukt-bip/> (14.12.2023).

- USDA (2021): Dairy and Products Annual - 2021: India. United States Department of Agriculture - Foreign Agricultural Service.
https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Dairy%20and%20Products%20Annual_New%20Delhi_India_10-15-2021.pdf (12.12.2023).
- USDA (2022a): Dairy: World Markets and Trade: Dairy Production and Trade Developments. United States Department of Agriculture - Foreign Agricultural Service.
<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/dairy.pdf> (14.12.2023).
- USDA (2022b): Cotton and Wool Outlook: March 2022. Economic Research Service | Situation and Outlook Report S. 8 <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/n870zq801/6682z727d/0k226f75f/CWS-22c.pdf> (03.11.2022).
- Vasconcellos, E. A. (2017): Brazil. In: *The Urban Transport Crisis in Emerging Economies* [Hrsg. Pojani D. und Stead D.]. The Urban Book Series Springer International Publishing, Cham. S. 11–31 DOI: 10.1007/978-3-319-43851-1_2.
- Vasudevan, V.; Agarwala, R.; Dash, S. (2021): Is vehicle ownership in urban india influenced by the availability of high quality dedicated public transit systems? In: *IATSS Research*. Vol. 45, No. 3, S. 286–292 DOI: 10.1016/j.iatssr.2020.12.005.
- Viggers, H.; Keall, M.; Wickens, K.; Howden-Chapman, P. (2017): Increased house size can cancel out the effect of improved insulation on overall heating energy requirements. In: *Energy Policy*. Vol. 107, S. 248–257 DOI: 10.1016/j.enpol.2017.04.045.
- Vita, G.; Lundström, J. R.; Hertwich, E. G.; Quist, J.; Ivanova, D.; Stadler, K.; Wood, R. (2019): The Environmental Impact of Green Consumption and Sufficiency Lifestyles Scenarios in Europe: Connecting Local Sustainability Visions to Global Consequences. In: *Ecological Economics*. Vol. 164, S. 106322 DOI: 10.1016/j.ecolecon.2019.05.002.
- Voora, V.; Larrea, C.; Bermudez, S. (2020): Global Market Report: Cotton. International Institute for Sustainable Development und State of Sustainability Initiatives. S. 16 <https://www.iisd.org/system/files/publications/ssi-global-market-report-cotton.pdf> (30.10.2022).
- Vu, K. M. (2017): ICT diffusion and production in ASEAN countries: Patterns, performance, and policy directions. In: *Telecommunications Policy*. Vol. 41, No. 10, S. 962–977 DOI: 10.1016/j.telpol.2017.04.005.
- Vu, M. (2021): Vietnam aviation industry to get bustling in H2. In: *hanoitimes.vn*. <https://hanoitimes.vn/vietnam-aviation-industry-to-get-bustling-in-h2-318011.html> (15.11.2022).
- van Vuuren, D. P.; Riahi, K.; Calvin, K.; Dellink, R.; Emmerling, J.; Fujimori, S.; Kc, S.; Kriegler, E.; O'Neill, B. (2017): The Shared Socio-economic Pathways: Trajectories for human development and global environmental change. In: *Global Environmental Change*. Vol. 42, S. 148–152 DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2016.10.009.
- Walters, J. (2013): Overview of public transport policy developments in South Africa. In: *Research in Transportation Economics*. Vol. 39, No. 1, S. 34–45 DOI: 10.1016/j.retrec.2012.05.021.
- Wang, J.; Yang, H.; Wang, H. (2019): The Evolution of China's International Aviation Markets from a Policy Perspective on Air Passenger Flows. In: *Sustainability*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Vol. 11, No. 13, S. 3566 DOI: 10.3390/su11133566.
- Wang, K.; Fu, X.; Czerny, A. I.; Hua, G.; Lei, Z. (2020): Modeling the potential for aviation liberalization in Central Asia – Market analysis and implications for the Belt and Road Initiative. In: *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 134, S. 184–210 DOI: 10.1016/j.tra.2020.02.004.

Wang, Q.; Zou, Y. (2020): China's Equine Industries in a Transitional Economy: Development, Trends, Challenges, and Opportunities. In: *Sustainability*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Vol. 12, No. 12, S. 5135 DOI: 10.3390/su12125135.

WHO (2021): Rabies. In: *World Health Organization*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/rabies> (18.11.2022).

WHO; FAO; OIE (2015): Zero by 30: the global strategic plan to end human deaths from dog-mediated rabies by 2030. World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations & World Organisation for Animal Health., Genf. S. 47 <https://iris.who.int/handle/10665/272756> (18.11.2022).

WHO; WSPA (1990): Guidelines for Dog Population Management. World Health Organization; World Society for the Protection of Animals, Genf. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/61417/WHO_ZOON_90.166.pdf?sequence= (18.11.2022).

WHW; E4A (2015): Removing the Blinkers: The Health and Welfare of European Equidae in 2015. WorldHorseWelfare; Eurogroup4Animals. <https://storage.googleapis.com/worldhorsetwelfare-cloud/2019/09/b0d4fbeb-removing-the-blinkers-report.pdf> (18.11.2022).

Willer, H.; Trávníček, J.; Meier, C.; Schlatter, B. (2022): The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2022. Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, and IFOAM – Organics International, Bonn. <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1344-organic-world-2022.pdf> (04.11.2022).

Willett, W.; Rockström, J.; Loken, B.; Springmann, M.; Lang, T.; Vermeulen, S.; Garnett, T.; Tilman, D.; DeClerck, F.; Wood, A.; Jonell, M.; Clark, M.; Gordon, L. J.; Fanzo, J.; Hawkes, C.; Zurayk, R.; Rivera, J. A.; Vries, W. D.; Sibanda, L. M.; Afshin, A.; Chaudhary, A.; Herrero, M.; Agustina, R.; Branca, F.; Lartey, A.; Fan, S.; Crona, B.; Fox, E.; Bignet, V.; Troell, M.; Lindahl, T.; Singh, S.; Cornell, S. E.; Reddy, K. S.; Narain, S.; Nishtar, S.; Murray, C. J. L. (2019): Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. In: *The Lancet*. Elsevier. Vol. 393, No. 10170, S. 447–492 DOI: 10.1016/S0140-6736(18)31788-4.

WMO (2014): Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2014. Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 55. World Meteorological Organization (WMO), Geneva. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=7316 (26.01.2023).

Wong, P.-K. (2002): ICT production and diffusion in Asia Digital dividends or digital divide? In: *Information Economics and Policy*. Vol. 14, No. 2, S. 167–187 DOI: 10.1016/S0167-6245(01)00065-8.

Wong, S. (2019): China's Rail System. In: *Econsult Solutions, Inc.* <https://econsultsolutions.com/chinas-rail-system/> (19.11.2022).

World Animal Protection (o.J.): Humane dog management. World Animal Protection, London. https://www.worldanimalprotection.org/sites/default/files/media/int_files/humane-dog-management.pdf (19.11.2022).

World Atlas (2018): How Many Dogs Are There In The World? In: *WorldAtlas*. <https://www.worldatlas.com/articles/how-many-dogs-are-there-in-the-world.html> (18.11.2022).

World Bank (2000): Study on Urban Transport Development. The World Bank; Padeco. S. 183 https://www.kas.de/c/document_library/get_file?uuid=11b0d57d-726f-7556-7c9d-133c1bb39cba&groupId=252038 (19.11.2022).

World Bank (2007): Railways, passengers carried (million passenger-km) - South Africa. <https://data.worldbank.org/indicator/IS.RRS.PASG.KM?locations=ZA> (14.12.2023).

World Bank (2019): Südafrika: CO2 Emissionen pro Kopf. <http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC> (14.12.2023).

World Bank (2020): Air transport, passengers carried - South Africa.

<https://data.worldbank.org/indicator/IS.AIR.PSGR?locations=ZA> (14.12.2023).

World Bank (2021a): World Bank Country and Lending Groups. In: *Data*.

<https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups> (04.01.2022).

World Bank (2021b): Cable cars: An economically viable public transport system in #AmLat cities?

<https://blogs.worldbank.org/latinamerica/cable-cars-economically-viable-public-transport-system-amlat-cities> (25.10.2022).

World Bank (2021c): Integrated Public Transport In Metropolitan Areas In Argentina Decrease Travel Costs And Times For Commuters. <https://www.worldbank.org/en/results/2021/02/03/public-transport-argentina>

(19.11.2022).

World Bank (2021d): The World Bank in India: Overview.

<https://www.worldbank.org/en/country/india/overview> (07.11.2022).

World Bank (2021e): Fixed broadband subscriptions - South Africa.

<https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.BBND?end=2020&locations=ZA&start=2002&view=chart> (14.12.2023).

World Bank (2022a): World Development Indicators - GDP per capita, PPP (constant 2017 international \$). In: *The World Bank - Data*. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.KD> (04.01.2022).

World Bank (2022b): Population, total. In: *Data*. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL>

(04.11.2022).

World Bank (2022c): Railways, passengers carried (million passenger-km). In: *Data*.

<https://data.worldbank.org/indicator/IS.RRS.PASG.KM> (19.11.2022).

World Bank (2022d): Air transport, passengers carried. In: *Data*.

<https://data.worldbank.org/indicator/IS.AIR.PSGR?end=2020&start=1990> (14.11.2022).

World Bank (2022e): World Development Indicators, total population.

<https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?end=2020&start=1990> (14.12.2023).

World Bank (2022f): Global Electrification Platform (GEP).

<https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0037768/Global-Electrification-Platform--GEP--Application> (21.11.2023).

World Bank (2022g): Access to electricity (% of population) - South Africa.

<https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS?locations=ZA> (14.12.2023).

WU Vienna (2021): Global Material Flows Database. In: *The Material Flow Analysis Portal*.

<http://www.materialflows.net/> (24.11.2021).

Yamama, S. (2021): Fast Fashion in Africa. In: *Infomineo*. <https://infomineo.com/fast-fashion-in-africa/>

(03.11.2022).

Yulin, L.; Xiaoyan, S. (2013): Symphony of Nature and Life: Mongolian Horse Culture. The Association for Asian Studies. <https://www.asianstudies.org/publications/ea/archives/symphony-of-nature-and-life-mongolian-horse-culture/> (18.11.2022).

ZAWYA (2022): SA urgently needs to action its latest energy plan: Another important move by government is the announcement of an Eskom feed-in tariff for small-scale embedded generation.

<https://www.zawya.com/en/economy/africa/sa-urgently-needs-to-action-its-latest-energy-plan-cxfzfqa8> (14.12.2023).

Zhang, A.; Zhang, Y. (2021): Is it time for an integrated aviation market in Northeast Asia? An airline performance perspective. In: *Transport Policy*. Vol. 110, S. 161–169 DOI: [10.1016/j.tranpol.2021.05.020](https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.05.020).

Zicarelli, L. (2020): Current Trends in Buffalo Milk Production. In: *Journal of Buffalo Science*. Vol. 9, S. 121–132 DOI: [10.6000/1927-520X.2020.09.14](https://doi.org/10.6000/1927-520X.2020.09.14).

Zoologische Gesellschaft Frankfurt (2021): Höchste Zeit für mehr Wildnis in Deutschland! In: *Wildnis in Deutschland*. <https://wildnisindeutschland.de/> (15.11.2021).

Zuan, H.; Ellis, D.; Pagliari, R. (2021): Geopolitics and the ASEAN single aviation market: Aspirations versus realities. In: *Transportation Research Procedia*. 10th International Conference on Air Transport – Inair 2021, towards aviation reviva Vol. 59, S. 95–104 DOI: [10.1016/j.trpro.2021.11.101](https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.11.101).

Zuang, J. (2005): China: changing attitudes to pet ownership drive pet food sales. In: *Euromonitor; London, UK*. http://marketresearchworld.net/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=281 (11.08.2022).

ZZF (2016): Prognosestudie 2025: Interesse an der Heimtierhaltung bleibt stabil. In: *Zoologischer Zentral Anzeiger*. <https://www.zza-online.de/artikelarchiv/branche/branche/article/prognosestudie-2025-interesse-an-der-heimtierhaltung-bleibt-stabil.html> (19.11.2022).