

TEXTE

04/2021

Wirkungen veränderter Einkommen auf den Ressourcenverbrauch

Abschlussbericht

TEXTE 04/2021

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3714 93 104 0
FB000402

Wirkungen veränderter Einkommen auf den Ressourcenverbrauch

Abschlussbericht

von

Dr. Malte Oehlmann, Manuel Linsenmeier, Walter Kahlenborn,
Katharina Götting, Katharina Klaas
adelphi, Berlin

Dr. Andreas Ciroth, Jonas Bunsen
GreenDelta, Berlin

Marc Rossbach
Gesellschaft für Konsumforschung, Nürnberg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de
 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

adelphi
Alt-Moabit 91
10559 Berlin

in Zusammenarbeit mit

GreenDelta GmbH
Müllerstrasse 135
13349 Berlin

GfK SE
Nordwestring 101
90419 Nürnberg

Abschlussdatum:

Dezember 2018

Redaktion:

Fachgebiet I 1.4 Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Umweltfragen, nachhaltiger Konsum
Michael Golde

Publikationen als pdf:
<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Dezember 2021

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

Kurzbeschreibung

Das Einkommen und die Konsumausgaben privater Haushalte sind in den letzten Jahren weiter gestiegen. Gleichzeitig macht der Konsum privater Haushalte einen hohen Anteil des globalen Ressourcenverbrauchs aus. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welchen Einfluss die Höhe des Einkommens auf umweltschädliches Verhalten hat. Gerade im deutschen Kontext gibt es zum Zusammenhang von Haushaltseinkommen und dem durch private Haushalte verursachten Ressourcenverbrauch kaum empirische Befunde.

An dieser Stelle setzt das Vorhaben „Einkommen und Ressourcen – Wirkung veränderter Einkommen auf den Ressourcenverbrauch“ an. Im Zentrum des Erkenntnisinteresses steht hierbei, inwieweit höhere Haushaltseinkommen stets mit einem höheren Ressourcenverbrauch verbunden sind, oder ob es eventuell Anzeichen für eine Entkopplung gibt.

Zur Beantwortung dieser Frage werden Mengendaten zum Konsum privater Haushalte mit Ökobilanzen gekoppelt (u.a. hinsichtlich Treibhausgasemissionen und Landnutzung) und anschließend der Effekt des Einkommens unter Zuhilfenahme von Regressionsmodellen untersucht. Darüber hinaus bilden weitere Einflussgrößen wie der Bildungsgrad, die Wohnortgröße sowie das Alter das Erkenntnisinteresse der Untersuchungen.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei gleichzeitiger Kontrolle weiterer Einflussvariablen für die Konsumbereiche Mobilität, Bekleidung und Wohnen das Haushaltseinkommen die dominierende Einflussgröße auf den konsuminduzierten Ressourcenverbrauch ist. Haushalte mit einem höheren Einkommen haben teils einen erheblich höheren Ressourcenverbrauch. Bei den anderen erklärenden Variablen ist das Bild heterogener. Indizien, die auf eine Entkopplung von Einkommen und Ressourcenverbrauch hindeuten, konnten bei der Betrachtung aller Konsumbereiche und im Rahmen dieses Vorhabens nicht gefunden werden. Besonders stark ist der Zusammenhang zwischen höherem Einkommen und Treibhausgasemissionen bei der Mobilität.

Abstract

Private household income and consumption have been growing for some years. At the same time private household consumption accounts for a high proportion of global resource usage. This prompts the question what impact rising income levels have on environmentally harmful behaviour. Especially in the German context, there are hardly any empirical findings on the relationship between household income and the consumption of resources by private households. This is where the project "Income and Resources - Impact of Changed Income on Resource Consumption" comes in. The focus of interest here is the extent to which higher household incomes are associated with higher resource consumption, or whether there are signs of decoupling.

To answer this question, quantitative data on private household consumption was connected with life cycle assessments (i.a. including greenhouse gas emissions and land use) before the effect of income on consumption levels was examined through regression models. In addition, other influencing variables such as the level of education, the size of the place of residence and age were explored.

The results show that in the areas of mobility, clothing and housing household income is the dominant influencing variable on consumption-induced resource usage. This holds true even after controlling for other influencing variables. Households with a higher income partly have a considerably higher resource consumption. The picture is more heterogeneous for the other explanatory variables. Within the scope of this analysis, no evidence was found to suggest that resource consumption and income decouple at some point. The correlation between higher income and greenhouse gas emissions is particularly strong in the case of mobility.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	10
Abkürzungsverzeichnis	13
Zusammenfassung.....	14
Summary.....	20
1 Einleitung	25
1.1 Hintergrund.....	25
1.2 Ziele und Aufbau des Berichtes	29
2 Datengrundlage und Methodisches Vorgehen.....	30
2.1 Datengrundlage	30
2.1.1 GfK Consumer Panel.....	30
2.1.2 Eigene Empirische Erhebung.....	31
2.1.3 Vorhaben „Pro-Kopf-Ressourcenverbrauch“	32
2.1.4 Datengrundlage zur Berechnung der Ressourcenverbräuche	33
2.2 Methodisches Vorgehen.....	34
2.2.1 Konsumanalyse	34
2.2.2 Ressourcenverbrauchsanalyse und Wirkungsabschätzung	36
2.3 Darstellung der Ergebnisse	37
3 Konsumbereich Mobilität	38
3.1 Ergebnisse Längsschnittbetrachtung.....	38
3.1.1 Konsumanalyse	38
3.1.2 Ressourcenanalyse	40
3.2 Ergebnisse Querschnittbetrachtung.....	42
3.2.1 Konsumanalyse	42
3.2.1.1 Deskriptive Analyse Fahrzeuge	42
3.2.1.2 Deskriptive Analyse öffentlicher Personennahverkehr und Zweiräder	42
3.2.1.3 Deskriptive Analyse Fernreisen	42
3.2.1.4 Ergebnisse Regressionsanalysen	43
3.2.2 Ressourcenanalyse	45
4 Konsumbereich Ernährung	51
4.1 Konsumanalyse Längsschnittbetrachtung	51
4.1.1 Getränke, Gemüse, Obst und Nüsse	51
4.1.2 Fleisch, Fleischersatz und Fisch	52
4.1.3 Bio versus Nicht-Bio Produkte.....	54

4.2	Ressourcenanalyse Längsschnittbetrachtung.....	59
5	Konsumbereich Bekleidung	61
5.1	Konsumanalyse Querschnittbetrachtung	61
5.2	Ressourcenanalyse Querschnittbetrachtung.....	62
6	Konsumbereich Wohnen, Haushaltsgeräte, IKT	64
6.1	Konsumanalyse Querschnittbetrachtung	64
6.1.1	Ad-hoc-Daten	64
6.1.1.1	Deskriptive Analyse Haushaltsgeräte	64
6.1.1.2	Deskriptive Analyse Heizanlage	64
6.1.1.3	Ergebnisse Regressionsanalysen	65
6.1.2	Pro-Kopf-Daten	66
6.1.2.1	Konsumbereich Haushaltsgeräte	66
6.1.2.2	Konsumbereich IKT	69
6.2	Ressourcenanalyse Querschnittbetrachtung.....	70
7	Konsumbereichübergreifende Betrachtung	72
7.1	Ressourcenverbrauch insgesamt	72
7.2	Ersparnisse	76
8	Fazit.....	79
8.1	Kernaussagen.....	79
8.2	Schlussfolgerungen	81
8.3	Weiterer Forschungsbedarf	83
9	Quellenverzeichnis.....	85
10	Anhang 1: Der Kumulierte Rohstoffaufwand (KRA).....	87
10.1	Einleitung	87
10.2	Zielsetzung	87
10.3	Methodik.....	87
10.3.1	Intrakontinentale Flugreise in ecoinvent 3.3	87
10.3.2	KRA Faktor und die Berechnung des KRA aus der Sachbilanz.....	89
10.3.2.1	KL1: Nicht massenbasierte Elementarflüsse	90
10.3.2.2	KL2: Massenbasierte Elementarflüsse mit Masseneinheit	91
10.3.2.3	KL3: Massenbasierte Elementarflüsse ohne Masseneinheit	92
10.3.2.4	KL4a: Massenbasierte Elementarflüsse mit Masseneinheit und Angaben zum Reingehalt	92
10.3.2.5	KL4b: Massenbasierte Elementarflüsse ohne Angabe zum Reingehalt	94
10.3.3	Limitierungen	94
10.4	Praktische Umsetzung in openLCA	97

10.5	Fazit und Diskussion.....	101
10.6	Sachbilanz für <i>intrakontinentale Flugreise</i>	102
11	Anhang 2: Zur Bestimmung des Ressourcenverbrauchs	109
11.1.1.1	Konsumbereich Mobilität	112
11.1.1.2	Konsumbereich Ernährung	115
11.1.1.3	Konsumbereich Bekleidung	118
11.1.1.4	Konsumbereich Wohnen, Haushaltsgeräte, IKT	119
12	Anhang 3: Regressionsergebnisse Mobilität, Bekleidung, Wohnen.....	121
12.1	Ressourcenverbrauch für den aggregierten Mobilitätsbereich.....	121
12.2	Ressourcenverbrauch für den aggregierten Bekleidungsbereich.....	123
12.3	Ressourcenverbrauch für den aggregierten Wohnbereich	125

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Entwicklung der Netto-Haushaltseinkommen und privater Konsumausgaben von 2012 bis 2017 in Deutschland	26
Abbildung 2:	Änderung im jährlichen Ressourcenverbrauch durch Mobilität gemessen in kumuliertem Energieaufwand bei einer Veränderung des monatlichen Einkommens von 100 EUR	46
Abbildung 3	Änderung im jährlichen Ressourcenverbrauch durch Mobilität gemessen in Erderwärmungspotential bei einer Veränderung des monatlichen Einkommens von 100 EUR.....	47
Abbildung 4	Änderung im jährlichen Ressourcenverbrauch durch Mobilität gemessen in Ressourcenverknappung abiotischer Ressourcen bei einer Veränderung des monatlichen Einkommens von 100 EUR.....	47
Abbildung 5	Änderung im jährlichen Ressourcenverbrauch durch Mobilität gemessen in Ressourcenverknappung der fossilen Energieträger bei einer Veränderung des monatlichen Einkommens von 100 EUR.....	48
Abbildung 6	Änderung im jährlichen Ressourcenverbrauch durch Mobilität gemessen in Landnutzung bei einer Veränderung des monatlichen Einkommens von 100 EUR.....	48
Abbildung 7	Änderung im jährlichen Ressourcenverbrauch durch Mobilität gemessen in Wasserverbrauch bei einer Veränderung des monatlichen Einkommens von 100 EUR.....	49
Abbildung 8:	Inputflüsse des Prozesses <i>transport, passenger, aircraft, intracontinental</i> <i>transport, passenger, aircraft</i> <i>cut-off, U</i>	88
Abbildung 9:	Prozesse sind durch Flüsse miteinander verbunden, die die Bereitstellung von Produkten für nachfolgende Prozesse darstellen, Bild aus openLCA	88
Abbildung 10:	Ausschnitt des Modellgraphs für intrakontinentale Flugreise, Bild aus openLCA.....	89
Abbildung 11:	Ausschnitt aus der Sachbilanz für <i>intrakontinentale Flugreise</i> , Beiträge zum Elementarfluss „Oil, crude, in ground“	95
Abbildung 12:	Eingehende Flüsse für den Prozess <i>petroleum and gas production, on-shore</i> <i>petroleum</i> <i>cut-off, U</i>	96
Abbildung 13:	Ausschnitt aus der Sachbilanz für <i>intrakontinentale Flugreise</i> , Beiträge zum Elementarfluss „Gas, natural, in ground“	96
Abbildung 14:	Eingehende Flüsse für den Prozess <i>sweet gas, burned in gas turbine</i> <i>sweet gas, burned in gas turbine</i> <i>cut-off, U - RoW</i>	97
Abbildung 15:	Der KRA-Wirkungsabschätzungsmethode zugeordnete Elementarflüsse	98
Abbildung 16:	Rohstoffaufwand für einzelne Prozesse (aufgeschlüsselt nach Flüssen)	99
Abbildung 17:	Rohstoffaufwand je Inputfluss und Outputfluss des Prozesses <i>airport construction</i>	100

Abbildung 18:	Der kumulierte Rohstoffaufwand.....	100
Abbildung 19:	Räumliche Darstellung zum Rohstoffaufwand	101

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Konsumausgaben privater Haushalte 2016 nach dem monatlichen Netto-Haushaltseinkommen	28
Tabelle 2:	Auflistung der verwendeten Ressourcenindikatoren.....	36
Tabelle 3:	Durchschnittliche Anzahl an Reisen/Fahrten pro Haushalt im Jahr 2016	38
Tabelle 4:	Längsschnittanalyse Mobilität Anzahl Reisen.....	40
Tabelle 5:	Konsumveränderung und Umweltwirkungen zu Pkw-Nutzung, Flugreisen und ÖPFV.....	41
Tabelle 6:	Umweltwirkungen von Konsumänderungen zu Reisen per Kreuzfahrt und Flugzeug.....	41
Tabelle 7:	Häufigkeitsverteilung der Fahrzeugtypen	42
Tabelle 8:	Häufigkeitsverteilung Nutzung ÖPNV und Zweiräder	42
Tabelle 9:	Häufigkeitsverteilung Anzahl Kreuzfahrten.....	43
Tabelle 10:	Ergebnisse der Regressionsanalyse im Konsumbereich Mobilität	45
Tabelle 11:	Ressourcenverbrauchsänderung im Konsumbereich Mobilität pro Ressourcenverbrauchsindikator und Einkommensgruppe relativ zu Haushalten mit einem Nettoeinkommen <= 1.000 EUR	50
Tabelle 12:	Durchschnittliche Ausgaben pro Haushalt für Getränke, Gemüse, Obst und Nüsse im Jahr 2016	51
Tabelle 13:	Längsschnittanalyse Getränke, Gemüse, Obst und Nüsse	52
Tabelle 14:	Durchschnittliche Ausgaben pro Haushalt für Fleisch, Fleischersatz und Fisch im Jahr 2016	52
Tabelle 15:	Längsschnittanalyse Fleisch, Fleischersatz und Fisch	54
Tabelle 16:	Durchschnittliche Anzahl und Ausgaben pro Haushalt für Röstkaffee im Jahr 2016.....	54
Tabelle 17:	Längsschnittanalyse Röstkaffee.....	55
Tabelle 18:	Durchschnittliche Anzahl und Ausgaben pro Haushalt für Molkereiprodukte im Jahr 2016	56
Tabelle 19:	Längsschnittanalyse Molkereiprodukte.....	57
Tabelle 20:	Durchschnittliche Ausgaben pro Haushalt für Fleischprodukte im Jahr 2016	57
Tabelle 21:	Längsschnittanalyse – Fleischprodukte	58
Tabelle 22:	Veränderte Ressourcenverbräuche (übergeordnete Kategorien).....	60
Tabelle 23:	Ergebnisse der Regressionsanalyse im Konsumbereich Bekleidung ..	62
Tabelle 24:	Änderung des Ressourcenverbrauchs im Konsumbereich Bekleidung pro Ressourcenverbrauchsindikator und Einkommensgruppe relativ zu Haushalten mit einem Nettoeinkommen von unter 1.000 EUR (- = nicht signifikant)	63

Tabelle 25:	Häufigkeitsverteilung der Haushalts- und Kühlgeräte.....	64
Tabelle 26:	Häufigkeitsverteilung Heizungsanlage.....	65
Tabelle 27:	Ergebnisse der Regressionsanalyse im Konsumbereich Wohnen – Wohnfläche, Strom, Heizen.....	66
Tabelle 28:	Querschnittanalyse Waschmaschinen.....	67
Tabelle 29:	Querschnittanalyse Trockner.....	68
Tabelle 30:	Querschnittanalyse Spülmaschinen	68
Tabelle 31:	Querschnittanalyse Kühlgeräte	69
Tabelle 32:	Querschnittanalyse IKT	70
Tabelle 33:	Änderung der jährlichen Umweltauswirkungen im Konsumbereich Wohnen (Wohnfläche, Heizen und Strom) je Einkommensgruppe relativ zu Haushalten mit einem Nettoeinkommen von unter 1.000 EUR (- = nicht signifikant).....	70
Tabelle 34:	Kumulierter Energieaufwand, Erderwärmungspotenzial und Ressourcenverknappung abiotischer Ressourcen über alle Konsumbereiche hinweg	74
Tabelle 35:	Ressourcenverknappung fossile Energieträger, Landnutzung und Wasserverbrauch über alle Konsumbereiche hinweg.....	75
Tabelle 36:	Ergebnisse der Regressionsanalysen für die Kategorie „Ersparnisse“	76
Tabelle 37:	Projekte und Anschaffungen, für die gezielt gespart wird	77
Tabelle 38:	Weitere Projekte oder Anschaffungen, auf die gespart wird.....	78
Tabelle 39:	Klassifizierung von Elementarflüssen zur Berechnung des KRA Faktors	90
Tabelle 40:	Nicht massenbasierte Elementarflüsse aus der Sachbilanz von 1.500 Personenkilometer <i>intrakontinentale Flugreise, Ausschnitt</i>	91
Tabelle 41:	Massenbasierte Elementarflüsse aus der Sachbilanz von 1.500 Personenkilometer <i>intrakontinentale Flugreise</i> mit einem KRA Faktor gleich 1, Ausschnitt.....	92
Tabelle 42:	Massenbasierte Elementarflüsse aus der Sachbilanz von 1.500 Personenkilometer <i>intrakontinentale Flugreise</i> ohne Masseneinheit, der KRA Faktor wurde manuell ergänzt und bezieht sich auf die Umrechnung in Kilogramm.....	92
Tabelle 43:	Massenbasierte Elementarflüsse aus der Sachbilanz von 1.500 Personenkilometer <i>intrakontinentale Flugreise</i> , deren KRA Faktor sich aus Angaben zur Reinheit im Flussname berechnen lässt.	93
Tabelle 44:	Massenbasierte Elementarflüsse aus der Sachbilanz von 1.500 Personenkilometer <i>intrakontinentale Flugreise</i> , die KRA Faktoren basieren auf Literaturwerten und Annahmen.....	94
Tabelle 45:	Sachbilanz für den Prozess <i>transport, passenger, aircraft</i> , <i>intracontinental</i> <i>transport, passenger, aircraft</i> <i>cut-off, U</i> mit einer Zielmenge von 1.500 Personenkilometern und einem Cut-off von 1%	102

Tabelle 46:	Datengrundlage zur Wirkungsabschätzung in openLCA (Querschnittanalyse)	110
Tabelle 47:	Datengrundlage zur Wirkungsabschätzung in openLCA (Längsschnittanalyse)	111
Tabelle 49:	Prozesse und Erläuterungen zur Berechnung der Ressourcenverbräuche durch Pkw Nutzung.....	113
Tabelle 50:	Dokumentation der Ressourcenverbrauchsrechnung für den Konsumbereich Ernährung.	115
Tabelle 51:	Materialverbrauchsannahmen zum Konsumbereich Bekleidung	118
Tabelle 52:	Dokumentation der Ressourcenverbrauchsrechnung für den Konsumbereich Wohnen, Haushaltsgeräte, IKT.....	119
Tabelle 53:	Dokumentation der Ressourcenverbrauchsrechnung für den Konsumbereich Heizen.	120
Tabelle 54:	Ressourcenverbrauch Mobilität Gesamt I.....	121
Tabelle 55:	Ressourcenverbrauch Mobilität Gesamt II	122
Tabelle 56:	Ressourcenverbrauch Bekleidung Gesamt I	123
Tabelle 57:	Ressourcenverbrauch Bekleidung Gesamt II	123
Tabelle 58:	Ressourcenverbrauch Wohnen Gesamt.....	125

Abkürzungsverzeichnis

-	Nicht signifikant
CAPI	Computer Assisted Personal Interview
CML-Methode	Geht auf das C entrum voor M ilieukunde der Universität L eiden zurück
FMCG	Fast Moving Consumer Goods
GfK	Gesellschaft für Konsumforschung
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
(m)g Sb Äq.	Antimon-Äquivalente in (Milli-)Gramm
kg CO₂ Äq.	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente in Kilogramm
km	Kilometer
KQ	Methode der Kleinsten Quadrate
KRA	Kumulierter Rohstoffaufwand
kWh	Kilowattstunde
m²	Quadratmeter
m³	Kubikmeter
MJ	Megajoule
ÖPFV	Öffentlicher Personenfernverkehr
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
Pkw	Personenkraftwagen
RCS	Roper Consumer Styles
Sb	Antimon
UFOPLAN	Umweltforschungsplan

Zusammenfassung

Hintergrund

Deutschland hat sich verpflichtet, seine Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80 bis 95 Prozent im Vergleich zum Jahr 1990 zu senken. Auch für andere Umweltbereiche gibt es ambitionierte Ziele. Um diese zu erreichen, sind Maßnahmen in verschiedenen Bereichen nötig.

Besonders privaten Haushalten fällt dabei eine wichtige Rolle zu, da deren Konsum für über 60 Prozent der globalen CO₂-Emissionen und für bis zu 80 Prozent der gesamten Land-, Wasser- und Ressourcennutzung verantwortlich ist (Ivanova et al., 2016). Der Konsum von Haushalten kann sich entweder direkt oder indirekt auf die Umwelt auswirken. Ein Beispiel für direkte Effekte sind die CO₂-Emissionen, die durch den Treibstoffverbrauch bei der Nutzung eines Pkws entstehen; indirekte Auswirkungen ergeben sich zum Beispiel durch die Produktion und den Transport von Gütern (Kerhof et al. 2009).

In Deutschland werden die höchsten Konsumausgaben in den Bereichen Wohnen (Wohnen, Energie, Instandhaltung; 35,3 Prozent), Lebensmittel inklusive Tabakwaren (13,8 Prozent) und Mobilität (13,5 Prozent) getätigt (DeStatis 2018). Diese drei Bereiche haben auch die größten Auswirkungen auf die Umwelt. Während Lebensmittel für 48 bis 70 Prozent der Land- und Wassernutzung verantwortlich sind, führen die Energieversorgung im Wohnbereich und die Mobilität vor allem zu hohem CO₂-Ausstoß sowie Ressourcen- und Materialverbrauch (Ivanova et al., 2016). Die verbleibenden etwa 37 Prozent der Konsumausgaben entfallen auf die Anschaffung von Haushaltsgeräten und -Gegenständen, Ausgaben für Freizeit, Unterhaltung und Kultur, Bekleidung und Schuhe, Beherbergungs- und Gaststättendienstleistungen sowie auf Ausgaben für Telekommunikation und sonstige Waren und Dienstleistungen (DeStatis 2018).

Im Jahr 2017 gaben Haushalte mit einem Netto-Einkommen unter 1.300 Euro im Monat im Schnitt 1.002 Euro für den Konsum aus. Dies beinhaltet Mobilität, Wohnen, Bekleidung und Ernährung. In der Einkommensklasse zwischen 5.000 und 18.000 Euro waren es mit 4.481 Euro mehr als viermal so viel (DeStatis 2019). Bisherige Studien zeigen zudem, dass neben dem Einkommen auch andere Variablen Einfluss auf die Konsumausgaben und die dadurch induzierten Ressourcenverbräuche haben können. Beispiele hierfür sind die Verstädterung (Zhang et al. 2017), das Bildungsniveau und die Haushaltsgröße (Ivanova et al. 2017) sowie die alternde Gesellschaft in Deutschland (z.B. Kunert et al. 2008).

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welchen Einfluss die Höhe des Einkommens auf umweltschädliches Verhalten hat. Gerade im deutschen Kontext gibt es zum Zusammenhang von Haushaltseinkommen und dem durch private Haushalte verursachten Ressourcenverbrauch kaum empirische Befunde. Viele der bisherigen Untersuchungen basieren zudem auf der Analyse von Konsumausgaben – also monetären Einheiten – anstatt der Anzahl konsumierter Produkte und Dienstleistungen – also Mengeneinheiten. Analysen unter Zuhilfenahme von Geldeinheiten erlauben jedoch nur bedingt Aussagen zum Zusammenhang von Einkommen und Ressourcenverbrauch, da nicht in vollem Umfang für Verschiebungen in der Qualität des Konsums kontrolliert werden kann.

An dieser Stelle setzt das Vorhaben „Einkommen und Ressourcen – Wirkung veränderter Einkommen auf den Ressourcenverbrauch“ an. So ist es das Ziel des Projektes, den Einfluss von Einkommen bzw. Einkommensänderungen auf die Höhe und Zusammensetzung des Konsums bzw. Konsumänderungen zu analysieren und darauf aufbauend die Wirkung auf die Ressourceninanspruchnahme empirisch zu untersuchen. Darüber hinaus wird der Konsum in einzelne Konsumbereiche aufgeschlüsselt und für weitere mögliche Einflussgrößen, wie beispielsweise Wohnort, Bildung und Alter erhoben und in Zusammenhang mit den Konsumausgaben untersucht. Bisherige Analysen zum Zusammenhang zwischen Einkommen und Umweltbelastung können diese Frage nur bedingt beantworten, da oftmals weitere

Einflussfaktoren, wie z.B. der Bildungsgrad oder der Wohnort außen vor bleiben. Dieses Forschungsprojekt wurde in Auftrag gegeben, um diese Lücke zu schließen. Im Zentrum des Erkenntnisinteresses steht hierbei, inwieweit höhere Haushaltseinkommen stets mit einem höheren Ressourcenverbrauch verbunden sind, oder ob es eventuell Anzeichen für eine Entkopplung von Haushaltseinkommen und Ressourcenverbrauch gibt.

Datengrundlage und Methodik

Wesentliche Datenbasis für die Analyse bilden deutschlandweite, repräsentative Bevölkerungsbefragungen zum Konsumverhalten in Privathaushalten. Hierbei handelt es sich einerseits um Auswertungen von repräsentativen Erhebungen der Deutschen Gesellschaft für Konsumforschung (GfK-Befragung) und andererseits um eine eigene repräsentative Primärdatenerhebung (Ad-hoc-Befragung). Die GfK-Befragung ist eine Längsschnitterhebung von mehreren Tausend Personen. Dabei wurde die Anzahl an Privatreisen bzw. Anzahl gekaufter Produkte für ausgewählte Verkehrs- und Nahrungsmittel ausgewertet und für die Jahre 2012 und 2016 verglichen. Für die Ad-hoc-Befragung wurden insgesamt 1.000 Personen zu einem Zeitpunkt im Jahr 2018 befragt. Die Befragten machten hierbei Angaben zum Konsumverhalten von jeder der im Haushalt lebenden Personen. Die Angaben bezogen sich auf Anzahl und Art privater Reisen mit dem Pkw, Motorrad, Fahrrad, Flugzeug und dem öffentlichen Verkehr (Nahverkehr, Bahn, Fernbus). Zudem wurden u.a. detaillierte Angaben zum Konsum von Kleidungsstücken sowie zum Wohnraum, zum Heizen und zum Stromverbrauch gemacht.

Durch verschiedene statistische Analysen der Daten war es möglich, die Auswirkungen unterschiedlicher Einflussfaktoren auf das Konsumverhalten und den Ressourcenverbrauch zu berechnen.

Die Auswertung der Daten erfolgte im Wesentlichen in zwei Phasen:

In einem ersten Schritt wurden die in jedem Haushalt konsumierten Güter und Dienstleistungen mit Hilfe von Ökobilanzen in ihre entsprechenden Auswirkungen auf die Umwelt umgerechnet. Diese Bilanzen erfassen die Umweltauswirkungen von Konsumgütern über ihren gesamten Lebensweg. Dies schließt neben der Nutzung auch Produktion und Entsorgung mit ein. So werden beispielsweise für das Konsumgut „Wohnraum“ auch der Bau und der Abbruch des Wohnhauses bilanziert und die Produkte und Komponenten miteinkalkuliert, welche in den Bau der Wohnung eingehen. Analog hierzu werden für Flugreisen auch Bau, Wartung und Entsorgung des Flugzeugs sowie Aufwendungen für die Förderung, Raffinerie und den Transport des Kerosins erfasst. Ergebnisse der Ökobilanzierung sind Umweltwirkungen in verschiedenen Kategorien, darunter die Flächennutzung oder der Beitrag zum Klimawandel.

Folgende Auswirkungen auf die Umwelt wurden berücksichtigt:

- ▶ Beitrag zum Klimawandel durch Treibhausgasemissionen
- ▶ Energieaufwand
- ▶ Landnutzung
- ▶ Ressourcenverknappung
- ▶ Wasserverbrauch.

In einem zweiten Schritt wurde mit Hilfe linearer Regressionsmodelle berechnet, welche Faktoren Einfluss auf den Ressourcenverbrauch nehmen. Diese statistischen Modelle erlauben es, den Effekt verschiedener Variablen voneinander zu isolieren und dabei für die Einflüsse anderer Variablen zu kontrollieren. Berücksichtigt wurden u.a. das Netto-Haushaltseinkommen, Angaben zur Größe und Zusammensetzung des Haushaltes, das Bildungsniveau und die Wohnortgröße.

Zentrale Ergebnisse

Bei gleichzeitiger Kontrolle weiterer Einflussvariablen – z.B. Bildung, Haushaltsgröße, Wohnort – ist für die Konsumbereiche Mobilität, Bekleidung und Wohnen das Haushaltseinkommen die dominierende Einflussgröße auf den konsuminduzierten Ressourcenverbrauch. Der Effekt ist in den allermeisten Fällen positiv, Haushalte mit einem höheren Einkommen haben also im Durchschnitt einen höheren Ressourcenverbrauch. Bei den anderen erklärenden Variablen ist das Bild heterogener. Hieraus kann abgeleitet werden, dass auf dem Weg zu einer Senkung des Ressourcenverbrauchs verstärkt das Einkommen privater Haushalte in den Blick genommen werden sollte. Die Effekte sind hierbei teils erheblich. Sollten – wie zu erwarten – die Haushaltseinkommen in der Zukunft weiter steigen, könnte sich dies den Ergebnissen der vorliegenden Studie zufolge auch entsprechend im Ressourcenverbrauch niederschlagen. Indizien, die auf eine Entkopplung von Einkommen und Ressourcenverbrauch hindeuten, konnten bei der Betrachtung aller Konsumbereiche und im Rahmen dieses Vorhabens nicht gefunden werden.

Vor dem Hintergrund der steigenden Anzahl der Universitätsabsolventen ist auch hervorzuheben, dass ein höheres Bildungsniveau bei gleichzeitiger Kontrolle der weiteren Einflussgrößen mit einem höheren Ressourcenverbrauch verbunden ist. Sollte sich der Trend zu einem höheren Bildungsniveau also fortsetzen, kann hierdurch auch ein höherer Ressourcenverbrauch erwartet werden.

Im Fokus der Detailanalysen standen der Beitrag von Privathaushalten zur Emission von Treibhausgasen sowie ihr Beitrag zur Landnutzung, obgleich die Studie ebenfalls den Beitrag zu Ressourcenverknappung, Energieaufwand und Wassernutzung beleuchtete. Für den Effekt auf das Klima konnte ein positiver Zusammenhang zwischen Einkommen und Anstieg der Treibhausgasemissionen nachgewiesen werden. Weiter konnte festgestellt werden, dass Haushalte mit einem Einkommen von mehr als 2.000 EUR monatlich eine höhere Landnutzung haben als Haushalte mit einem Einkommen unter 2.000 EUR.

Auch die Wohnortgröße spielt eine Rolle. In Deutschland leben schon heute drei von vier Bewohner*innen (77 Prozent) in Städten, im Jahr 2050 werden es voraussichtlich 84,3 Prozent sein (DSW 2018). Insbesondere getrieben durch den Konsumbereich Wohnen, haben Haushalte, die in Städten leben, im Durchschnitt eine deutlich niedrigere Landnutzung als diejenigen, die im ländlichen Raum wohnen. Ein ähnliches Bild zeigt sich für den jährlichen Ausstoß von Treibhausgasen, der mit der Größe des Wohnortes ebenfalls sinkt – wenngleich der Einfluss anderer Variablen deutlich größer ist.

Bei der Betrachtung einzelner Konsumbereiche tritt in puncto Mobilität ein weiteres klares Muster zutage: Haushalte mit einem höheren Einkommen verursachen mehr Treibhausgasemissionen. Sowohl im Längsschnitt, d.h. im Vergleich der Anzahl an jährlichen Reisen eines Haushaltes zu zwei verschiedenen Messzeitpunkten, als auch im Querschnitt, also im Vergleich der im selben Jahr durch verschiedene Haushalte zurückgelegten Kilometer, zeigt sich eindeutig, dass höhere Einkommen stets zu höherer Mobilität und somit auch zu höheren Treibhausgasemissionen führen. Dies gilt insbesondere für die Nutzung des Pkw. Hier geht ein steigendes Einkommen mit mehr Emission von Treibhausgasen einher. Den zweitgrößten Effekt auf das Klima hat der Flugverkehr. Der ÖPNV ist das einzige untersuchte Transportmittel, das mit steigendem Einkommen weniger genutzt wird.

Dies ist vor dem Hintergrund, dass der ÖPNV pro Personenkilometer deutlich geringere Umweltauswirkungen hat als der Individualverkehr, mit Blick auf die Reduktion des Ressourcenverbrauchs besonders kontraproduktiv.

Des Weiteren steigen die Treibhausgasemissionen mit dem Bildungsgrad. Haushaltsführer*innen mit Realschul-, Abitur- und Hochschulabschluss haben im Vergleich zur Referenz (Hauptschul- oder kein Schulabschluss) deutlich höhere Treibhausgasemissionen. Bei den Flugreisen ist es ein Hochschulabschluss, der zu mehr Treibhausgasemissionen führt.

Insgesamt spiegelt sich die Herausforderung, die Verkehrspolitik umweltgerechter zu gestalten, also auch in diesen Ergebnissen wider. Auch die Analyse des Sparverhaltens stützt diese Ergebnisse. Hier gab eine Vielzahl von Haushalten an, dass sie gezielt Geld für den Kauf eines neuen, in der Regel mit konventioneller Technologie, betriebenen Pkw zurücklegen.

Das Alter spielt in Bezug auf die Konsumbereiche Wohnen und Mobilität eine besondere Rolle. Haushalte mit älteren Haushaltsführer*innen bzw. Senior*innen nutzen im Durchschnitt eine deutlich größere Wohnfläche und geben mehr für Strom und Heizen aus. Im Konsumbereich Mobilität ist der Einfluss genau umgekehrt. Ältere Menschen reisen deutlich weniger und haben dadurch auch einen geringeren Ressourcenverbrauch. Nimmt man beide Effekte zusammen, ergibt sich ein mit dem Alter der Haushaltsmitglieder sinkender Ressourcenverbrauch.

Bei den durch Nahrungsmittel verursachten Ressourcenverbräuchen zeigt sich ein uneinheitliches Bild. Beim Vergleich von konventionellem und biologisch erzeugtem Fleisch deutet sich an, dass sich bei steigendem Einkommen der Konsum in seiner Qualität anstatt in seiner Quantität verändert. Haushalte mit höherem Einkommen, konsumieren nicht etwa mehr Fleisch, sondern sie substituieren Massentierhaltungsprodukte in der Regel durch teurere, qualitativ hochwertigere Produkte aus biologischer Landwirtschaft. Dies trifft insbesondere für Geflügel und Schweinefleisch zu. Darüber hinaus senken Wohnortgröße, das Alter und insbesondere der Bildungsabschluss (Hochschule) die Ausgaben für konventionelles Fleisch.

Höhere Ressourcenverbräuche werden durch mit dem Haushaltseinkommen steigende Konsumausgaben für Milchprodukte und Getränke verursacht. Der Effekt von Einkommenssteigerungen auf die Konsumausgaben und im Anschluss auf den Ressourcenverbrauch ist mit Blick auf Entscheidung im Bereich der Nahrungsmittel in allen Fällen jedoch äußerst gering. Andere Einflussgrößen wie beispielsweise Bildung, Alter und Wohnortgröße haben einen teils deutlich größeren Effekt. Ein eindeutiges Muster lässt sich aber auch hier nicht erkennen. Wohlgeachtet berücksichtigt die Bestimmung des Ressourcenverbrauchs in dieser Studie nicht die Qualität der konsumierten Lebensmittel (bis auf einige Vergleiche zwischen Bio- und konventionellen Lebensmitteln).

Insbesondere durch einen deutlich positiven Zusammenhang zwischen Wohnfläche und Einkommen steigt die Landnutzung im Konsumbereich Wohnen mit dem Einkommensniveau. Über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg hat die höchste Einkommensklasse (mehr als 4.000 EUR) im Vergleich zur Referenz (bis 1.000 EUR) im Durchschnitt eine um rund 374 Quadratmeter höhere Landnutzung pro Jahr. Der entsprechende Wert für die Mobilität, wo ebenfalls eine eindeutige Beziehung zwischen Einkommen und Landnutzung identifiziert werden konnte, beträgt 176 Quadratmeter pro Haushalt und Jahr.

Handlungsempfehlungen

Zentraler Befund des Vorhabens ist es, dass Haushalte mit höheren Einkommen auch mehr zur Umweltbelastung und -zerstörung beitragen. Etwaige Indizien für eine Umwelt-Kuznets-Kurve, bei der angenommen wird, dass mit wachsendem Einkommen die Umweltschäden nach Erreichen eines Maximums wieder sinken, da vermehrt Umweltqualität nachgefragt wird, konnten nicht identifiziert werden. Eine Entkopplung von Einkommen und Ressourcenverbrauch ist also nicht in Sicht.

Zudem deutet sich an, dass steigende Umweltbelastungen auch nicht durch zusätzliche Bildung aufgehalten werden können. Im Gegenteil, höhere Bildung ist in einigen Bereichen mit einem noch höheren Ressourcenverbrauch verbunden. Andere Trends, wie Bevölkerungsalterung, Verstädterung oder kleinere Haushalte verringern bzw. erhöhen teilweise die Umweltbelastungen, sind aber weit weniger wichtig als die Auswirkungen höherer Einkommen.

Somit unterstreicht dieses Projekt die Umweltprobleme, die von Wirtschaftswachstum ausgelöst werden. Eine autonome Trendumkehr aus einkommensbedingter Konsumänderung bietet keine Hoffnung für die Umweltpolitik. Das fortschreitende Wirtschaftswachstum erzwingt daher umweltpolitische

Eingriffe, die weit über reine Information hinausgehen. Die Tatsache, dass höhere Bildung nicht zu umweltschonenderem Verhalten führt, spricht dafür, dass Ansätze, die rein auf Informationskampagnen oder Beratung beruhen, unzureichend sind. Vielmehr sollte verstärkt auf ordnungspolitische Ansätze oder ökonomische Instrumente gesetzt werden. Hierfür bieten sich drei mögliche Strategien:

- ▶ Einkommenszuwächse in Richtung umweltschonenden Konsums lenken,
- ▶ Abkehr von Wachstum und Einkommenszuwachs,
- ▶ Eine Kombination dieser Ansätze.

Bei Versuchen, den Konsum in Richtung umweltschonender Konsummuster zu lenken, sollte zuerst der Konsumbereich Mobilität in den Blick genommen werden. Die Mobilität ist unter den analysierten Konsumbereichen klar das größte Problemfeld. Hier sollten also Anreize gesetzt werden, die einen Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel und alternative Mobilitätsmöglichkeiten attraktiver und die Nutzung von privaten Pkw unattraktiver machen. Es gibt zahlreiche Ideen und mögliche Instrumente, die dies zum Ziel haben und die teilweise bereits länger in der politischen Diskussion stehen. Ein Beispiel stellt eine fahrleistungsabhängige Pkw-Maut dar. Im urbanen Kontext seien zudem Konzepte zur Parkraumbewirtschaftung, eine City-Maut und der Ausbau von Fahrradwegen und des ÖPNV genannt. Zudem sollten auch im ländlichen Raum Alternativen zum konventionell betriebenen Pkw gefördert werden. In diesem Zusammenhang wäre auch eine Neuregelung der Entfernungspauschale denkbar, die den Trend zu langen Arbeitswegen und Zersiedelung der Landschaft eher fördert.

Ein weiteres großes Problemfeld ist der Flugverkehr, der sowohl mit steigendem Einkommen als auch mit höherem Bildungsniveau zunimmt. Auch hier kann also nicht davon ausgegangen werden, dass mit steigendem Einkommen eine Verhaltensänderung der Konsument*innen eintritt oder durch vermehrte Bewusstseinsbildung erreicht werden kann. Wer mehr Geld zur Verfügung hat bzw. einen höheren Bildungsabschluss, fliegt zwar zunehmend mit schlechtem Gewissen – dafür spricht die vermehrte Diskussion um CO₂-Kompensationen für Flüge – aber die Fluggastzahlen steigen statt zu sinken. Mögliche Instrumente, die dem entgegenwirken könnten, sind die Einführung einer Kerosinsteuer oder eine Mehrwertsteuererhebung auf internationalen Flügen.

Übergreifend kann festgehalten werden, dass bei der Ausgestaltung von Maßnahmen bei der Mobilität die Höhe der Abgaben verstärkt an den Umweltbelastungen der einzelnen Verkehrsträger ausgerichtet werden sollten. Bisher ist dies bei Pkw und vor allem im Flugverkehr noch nicht der Fall, während der ÖPNV eine verhältnismäßig hohe Abgabenlast zu tragen hat. Bei allen anreizbasierten Instrumenten sollte zudem in Erwägung gezogen werden – ähnlich wie bei der Einkommenssteuer –, die Abgaben progressiv auszugestalten, also Vielfahrer*innen und Vielflieger*innen überproportional zu belasten. Die erzielten Einnahmen könnten dann zur Förderung von emissionsarmen Verkehrsalternativen wie dem Fuß- und Rad- und dem öffentlichen Verkehr eingesetzt werden. Diese Herangehensweise leistet gleichzeitig einen Beitrag zum sozialen Ausgleich, da niedrige Einkommensgruppen oft öffentliche Verkehrsmittel nutzen. Hingegen würden Haushalte mit hohem Einkommen, die die Umwelt besonders stark belasten, den größten Teil der Abgabenlast tragen. Hierdurch könnte etwaigen sozialen Verwerfungen entgegengewirkt werden, da die unteren Einkommensgruppen vor allem durch die Förderung weniger umweltschädlicher Verkehrsalternativen profitieren würden.

Darüber hinaus sollte der Konsumbereich Wohnen keinesfalls außer Acht gelassen werden. Hier zeigt sich, dass gerade die höchsten Einkommensgruppen höhere Treibhausgasemissionen verursachen. Noch stärker ist der Effekt bei der Landnutzung. Bisherige politische Initiativen, die vor allem auf den Neubau von Wohnraum ausgerichtet sind, befördern diese. Vielmehr sollten Maßnahmen ergriffen werden, die den bestehenden Wohnraum effizienter nutzen. Zudem könnten Anreizsysteme geschaffen werden, um älteren Menschen den Umzug in kleinere Wohnungen zu erleichtern und somit dem weit dokumentierten Remanenzeffekt entgegenzuwirken. Darüber hinaus könnten selbst genutzte Zweitwohnungen steuerlich stärker belastet werden.

Neben Maßnahmen zur Lenkung des Konsums sollten vor dem Hintergrund der Studienergebnisse mögliche Umweltfolgen weiterer Einkommenszuwächse verstärkt Eingang in den politischen und gesellschaftlichen Diskurs finden. Bisher herrscht hier ein breiter Konsens, dass höhere Einkommen und somit Wachstum erstrebenswert sind. Es sollte jedoch vielmehr über alternative Wohlfahrtskonzepte nachgedacht werden. Überlegungen zur Postwachstums-Gesellschaft oder zum Zeitwohlstand, die bisher nur marginal in der Öffentlichkeit wahrgenommen werden, bieten hierfür mögliche theoretische Grundlagen. Praktische Ansatzpunkte wären beispielsweise eine noch stärkere Förderung von Teilzeitarbeit.

Summary

Background

Germany has committed to reducing its greenhouse gas emissions by 80 to 95 percent by 2050. The year 1990 serves as a reference for these reduction targets. In addition to that, Germany has formulated similarly ambitious goals in other areas of environmental protection. Various measures in different areas need to be taken in order to achieve the formulated target goals.

It is crucial to highlight the important role of private households since their consumer behaviour is responsible for more than 60 percent of global CO₂-emissions and up to 80 percent of global land, water and resource depletion (Ivanova et al., 2016). This is the case because consumer behaviour has both direct and indirect environmental effects. A common example for direct effects are CO₂-emissions generated through the use of automobiles as popular means of transportation. On the other hand, indirect effects are often the result of the production and the transport of consumer goods (Kerhof et al. 2009). These impacts can be further divided into local, regional, national and global effects.

In Germany, consumer spending is highest in the following areas: Germans spend most in the area of living. Housing, energy consumption and maintenance work make up for about 35,3 percent of all spending. This is followed by expenses for foodstuffs (including tobacco) which represent 13,8 percent of private individuals' total spending. Spending is third highest in the area of mobility which corresponds to 13,5 percent. Incidentally, these three sectors have the highest environmental impact. While the food industry is responsible for 48 to 70 percent of global land and water use, private energy consumption and transportation result in high CO₂-emissions as well as resource depletion (Ivanova et al., 2016). The remaining 37 percent of consumption expenses are invested in new household appliances, leisure activities, entertainment and cultural expenses, shoes and clothing, vacations, eating out as well as telecommunication and other goods and services (DeStatis 2018).

In 2017, households with a monthly net income below 1,300 Euro spent about 1,002 Euro on consumer goods and services. The sum already includes transportation, living expenses, clothing and foodstuffs. This number is four times lower than the consumption expenses in the income group, which earns between 5,000 and 18,000 Euro per household since they tended to spend a total of about 4.481 Euro on these sectors (DeStatis 2019). Yet, existing studies on consumer behaviour suggest that income may not be the sole explaining factor for the differences in consumption levels and the resulting resource usage. Other studies cast a spotlight on the urban/rural divide when it comes to the use of resources (Zhang et al. 2017), the level of education and household size (Ivanova et al. 2017) as well as the impact of an aging society (e.g. Kunert et al. 2008) as possible explanatory factors.

Thus, the question remains open how much of the differences in environmentally harmful consumption behaviour can be attributed to differing income levels. Especially for the German context, there is few empirical evidence to answer this question unequivocally. Furthermore, most studies conducted so far have focussed on the monetary value of the goods and services consumed by private households rather than analysing the number of items, which are consumed. However, such analyses based on monetary units only allow for very limited statements regarding the connection between income and resource depletion since they are inadequate approximations of the scale of consumption. It might well be imaginable that high income households, which seem to spend more than their counterparts with lower disposable income, do not consume more items in total but rather opt for more expensive products.

Thus, this project's aim is to analyse to what extent differences in disposable household income result in different resource usage patterns. The focus of the analysis is to determine the impact of income changes on consumption patterns and consumption volume before connecting these changes to their impact on resource depletion. Furthermore, the consumption is split by areas of consumption and the

data analysis controlled for possible confounding variables such as the size of the place of residence, the level of education and age in order to ensure their impact on consumption expenses. This distinguishes the analysis from other studies which aimed to explore the relationship between income levels and individuals' impact on the environment. These studies often did not take the confounding factors into consideration. The study at hand was commissioned in order to fill that gap. At the centre of the analysis is the question whether higher household income levels result in higher resource depletion levels or whether there is evidence to support the theory that resource consumption is decoupled from income levels.

Data and Methodology

The basis for the data analysis area German-wide, representative populations surveys. Participants were asked about the consumption patterns of the households they were living in. The Data was sampled by the German „Gesellschaft für Konsumforschung“ (GfK) as well as through a primary data collection (Ad-hoc-Befragung). The GfK-survey is a longitudinal data collection covering several thousand participants. It consists of a comparison of consumer behaviour regarding the number of private trips taken, the number of foodstuffs bought and the number of products bought for transportation for two different points in time (2012 and 2016). A total number of 1,000 people was asked for the for the Ad-hoc survey conducted in 2018. The participants of this round of questioning gave information on the consumption behaviour of all people living in their household. The questions posed to them referred to the number and the type of private trips they took by car, motorbike, bike, plane and public transportation (local transport, train, bus). Furthermore, they were asked to give detailed information on the number of clothing items purchased, the size of their living space as well as their heating and electricity usage. The statistical analysis of this data consisted of two steps.

As a first step, data from life cycle analysis was used in order to calculate the environmental impact of the consumption of all stated goods and services. Life cycle assessment covers the environmental impact of a good or a service from cradle to grave. This includes the impact resulting from usage, production and disposal. As such, a life cycle assessment for a private dwelling would not only include the environmental impact of a house during construction and demolition, but it would furthermore include the impacts of all construction materials during their production, usage and disposal. Similarly, an analysis of a flight's impact would include construction, maintenance and disposal of the aircraft as well as all impacts resulting from the kerosene production, refinery and transport. The results of such environmental accounting efforts yield the magnitude of the environmental impact in different categories, including a land use dimension and the impact on the climate.

The following environmental impacts were taken into consideration during the analysis:

- ▶ Contribution to Climate Change through greenhouse gas emissions
- ▶ Energy expenditure
- ▶ Land use
- ▶ Resource depletion
- ▶ Water usage

In the second step, a linear regression was conducted to determine which factors influence resource consumption. The statistical models made it possible to isolate the impact of the different explanatory variables from each other and to control for confounding variables. Net household income, household size and composition, educational level as well as the size of the place of residence were selected as predictors for the model.

Main Findings

Net household income was found to have the greatest impact on resource usage. This effect holds true for the areas mobility, clothing and housing and it remained significant even after controlling for other possible influencing factors such as the education level and household size. The effect was positive in most cases meaning that households with a higher income have a higher resource usage level on average. The results concerning the other explanatory variables, which were examined, were more heterogeneous. Therefore, it can be concluded that household income needs to be at the centre of attention when it comes to developing resource usage reduction strategies. The results of this study suggest that if net household income continues to rise as expected, this is going to result in an increased resource usage. Moreover, no evidence was found to suggest that income levels and resource usage decouple at a certain point.

Furthermore, and in view of the growing numbers of university graduates, it is important to highlight that high levels of education were found to result in a higher level of resource usage- even after controlling for all other variables.

The detailed analyses focused on the contribution of private households to the emission of greenhouse gases and their contribution to land use, although the study also highlighted the contribution to resource scarcity, energy consumption and water use. When it comes to greenhouse gas emissions the positive relationship between income and emission holds true for all income groups while the impact on land use is especially pronounced for households with a net income of more than 2,000 Euro.

Apart from that, the size of the place of residence plays an important role. Three out of four Germans live in a city (77 percent). This number is expected to rise to 84,3 percent by the year 2050 (DSW 2018). The smaller living spaces result in a lower land use average for households in cities. Similarly, greenhouse gas emissions are inversely related to the size of the place of residence, albeit the impact of other variables is much higher.

When looking at individual areas of consumption another clear pattern is observed concerning mobility: Households with higher income levels cause more greenhouse gas emissions. This holds true for the longitudinal study wherein households were asked about their travels during two separate points in time as well as for the cross-sectional analysis where the travel distance was compared for several households within the same year. The effect is especially pronounced when it comes to using cars. The distance travelled by car increases with rising income and results in greenhouse gas emissions. The second biggest effect for the climate is caused by flights while public transportation is the only form of transportation that is used less if people earn more. Given that public transportation has a smaller environmental impact per passenger kilometre than individual transport, this is contra productive from a resource perspective.

In addition, higher levels of education lead to higher greenhouse gas emissions. For example, in the survey participants with a secondary school certificate, high school graduates and, in particular, university graduates were found to emit more greenhouse gases than the reference group consisting of people with the German "Hauptschulabschluss" or no degree at all.

As a whole, these results highlight the challenges of making transport policy more environmentally sound. In addition to that, the analysis of savings behaviour supports these results as a high number of households stated that they were saving to buy a new car. Most of these cars were to be powered by conventional technologies.

Age plays an important role with regard to the consumption areas of housing and mobility. Households with older household leaders or elderly people occupy a larger living area on average and spent more on heating and electricity. This effect is reversed for the expenses on mobility since older people tend to travel less. This results in a reduced resource usage related to travel. If both effects are offset against each other, it can be concluded that resource usage decreases with increasing age.

A mixed picture emerges with regard to the resource usage caused by food. When it comes to meat consumption, a comparison of conventionally produced and organic meat indicates that rising incomes result in a change of the quality of the consumed goods rather than resulting in a quantitative increase. Households with higher incomes were found to substitute products from livestock farming with more expensive, qualitatively higher, organic products rather than just buying more of the cheaper alternatives. This especially applies to poultry and pork. Furthermore, the size of the place of residence, age and especially the educational levels were found to reduce the amount households spent on conventional meat.

Higher resource usage levels in the foodstuffs sector are linked to increased expenditures on dairy products and beverages. Regardless, the effect of a rise in income on consumption expenses and the resulting resource usage is limited in all cases. Other influencing factors such as education, age and the size of the place of residence partly have bigger effects. Yet, it is impossible to discern a clear pattern. It is important to note that the study does not take changes in the quality of the consumed foodstuffs into consideration. The only exception is the comparison between some organic and conventional foods such as meat.

Contrastingly, rising income levels were found to have a positive relationship with resource usage in the consumption sector housing since the living space tended to increase with a rising income. The highest income group (more than 4,000 Euro) was found to have a higher land use rate across the entire value chain. This group's land use was on average 374 square metres higher than the land use of the comparison group which consisted of the households which have an available net household income of a maximum of 1,000 Euro. With regard to the mobility sector this difference corresponds to 176 square kilometres per household and year.

Recommended Action

The main finding of the study is that households with higher available incomes contribute more to environmental degradation and pollution than households with fewer available monetary resources. No evidence was found to support the theory that the relationship between income and environmentally harmful behaviour follows a Kuznets Curve. As such, the idea that the environmental impact stemming from the available income reaches a peak before dropping again remains unsupported. Similarly, nothing indicates a decoupling of income rises and increased resource usage.

Furthermore, the study suggests that better education is not a remedy for environmentally harmful behaviour. On the contrary, higher education is found to result in a higher resource consumption in some areas. Other trends such as demographic change with an aging society, urbanization or the trend towards smaller households partly increase the environmental impact, but were found to have a smaller effect magnitude than rising incomes.

This project highlights the environmental problems incurred by economic growth. Moreover, nothing indicates an autonomous reversal of this trend. Households are not expected to change their consumption patterns. Thus, continued economic growth requires environmental policy interventions that venture beyond information campaigns. The fact that higher education levels do not result in environmentally friendly behaviour indicates that information campaigns and consultations fall short of having the desired impact. Instead, more emphasis should be placed on regulatory approaches or economic instruments.

There are three possible strategies to achieve this:

- ▶ Steering income growth towards environmentally friendly consumption
- ▶ Moving away from growth and income growth
- ▶ A combination of these approaches.

Any attempt to steer consumer choices in the direction of more environmentally friendly alternatives should begin by focussing on the mobility sector as this sector has proven to be the most problematic of all the consumption areas analysed in this study. Thus, it is important to make public transportation more attractive and to reduce the usage of private cars through incentives. There are several ideas and instruments to achieve this, many of which have already been discussed by policy makers. One example would be a mileage-based car toll. In the urban context, concepts for parking space management, a city toll and the expansion of cycle paths and public transport are also worth mentioning. In addition, alternatives to the conventionally operated car should also be promoted in rural areas. Moreover, a new regulation of the commuting allowance would be advisable, as the old regulatory framework tends to encourage the trend towards long commuting distances and urban sprawl.

Another big problem area is air traffic, which increases with rising income and education levels. Here, too, it cannot be assumed that a change in consumer behaviour will occur while the income continues to rise. Nor can change be achieved by increasing awareness through information campaigns. Those who have more money at hand or who have a higher degree travel with an increasingly bad conscience as evidenced by the vivid discussion surrounding CO₂-compensation schemes. Regardless, passenger numbers are rising rather than decreasing. Possible instruments to mitigate this effect could be the introduction of a kerosene tax or a value-added tax for international flights.

It can be stated across the board that changes should be geared more closely to the environmental impact of the individual modes of transportation. So far, this is not the case for cars or flights since public transportation has a comparatively high tax burden. Similar to the income tax, for all incentive-based instruments, consideration should also be given to structuring levies progressively, i.e. imposing a disproportionate burden on frequent drivers and frequent flyers. The generated proceeds could then be used to promote transport alternatives with lower emissions such as a better infrastructure for pedestrians, cyclists and for public transportation. This approach also contributes to social equality because low-income groups often use public transport. Households with high incomes, which have the bigger negative impact on the environment, would carry the bigger financial burden. This could counteract possible social unrest since the lower income groups would benefit most from the promotion of less environmentally damaging transport alternatives.

Apart from that, the consumption area of housing should not be neglected. Here, the high-income groups cause higher greenhouse gas emissions. Their impact on land use is even bigger. So far, political efforts, which aim to incentivize new building, exacerbate this trend. Thus, new measures should focus on increasing the efficient use of already existing living space. In addition to that, new incentive systems should target older generations and facilitate their move to smaller flats in order to mitigate the well-documented remanence effect. Moreover, places of secondary residence could be subjected to higher taxes.

This study also suggests that, apart from taking measures to influence consumer choices, the political and societal discourse about the environmental consequences of rising incomes is crucial to success. Especially alternative welfare concepts need to be discussed more extensively. Considerations about the post-growth society or „Zeitwohlstand“, which have so far been only marginally perceived by the public, offer possible theoretical foundations for this. Practical starting points would be, for example, an even stronger promotion of part-time work.

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Die deutsche Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen bei gleichzeitiger Ressourcenschonung bis 2050 um 80 bis 95 Prozent im Vergleich zum Jahr 1990 zu reduzieren.¹ Dafür sind Maßnahmen und Interventionen auf allen wirtschaftlichen sowie gesellschaftlichen Ebenen notwendig. Für ressourceneffiziente Maßnahmen im Industriesektor wurde 2012 bereits das Ressourceneffizienzprogramm verabschiedet und 2016 weiterentwickelt.² Mit dem Programm wird das Ziel verfolgt, das Wirtschaftswachstum weitgehend von der Nutzung von Primärrohstoffen zu entkoppeln und auf ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft zu setzen. Die Umsetzung erfolgt vor allem über Bildung und Beratung, Innovationen und Forschung sowie Marktanreize und die Stärkung von freiwilligen Maßnahmen und Initiativen.

Neben den Industriesektoren bieten auch private Haushalte ein wichtiges Handlungsfeld für politische Interventionen, da deren Konsum einen erheblichen Anteil zum CO₂-Ausstoß sowie zum Ressourcenverbrauch beiträgt. Ivanova und Kolleg*innen (2016) beispielsweise belegen, dass der Konsum privater Haushalte für ca. 60 Prozent der Kohlenstoffdioxid- (CO₂-Emissionen und zwischen 50 und 80 Prozent der gesamten Land-, Wasser- und Ressourcennutzung verantwortlich ist.

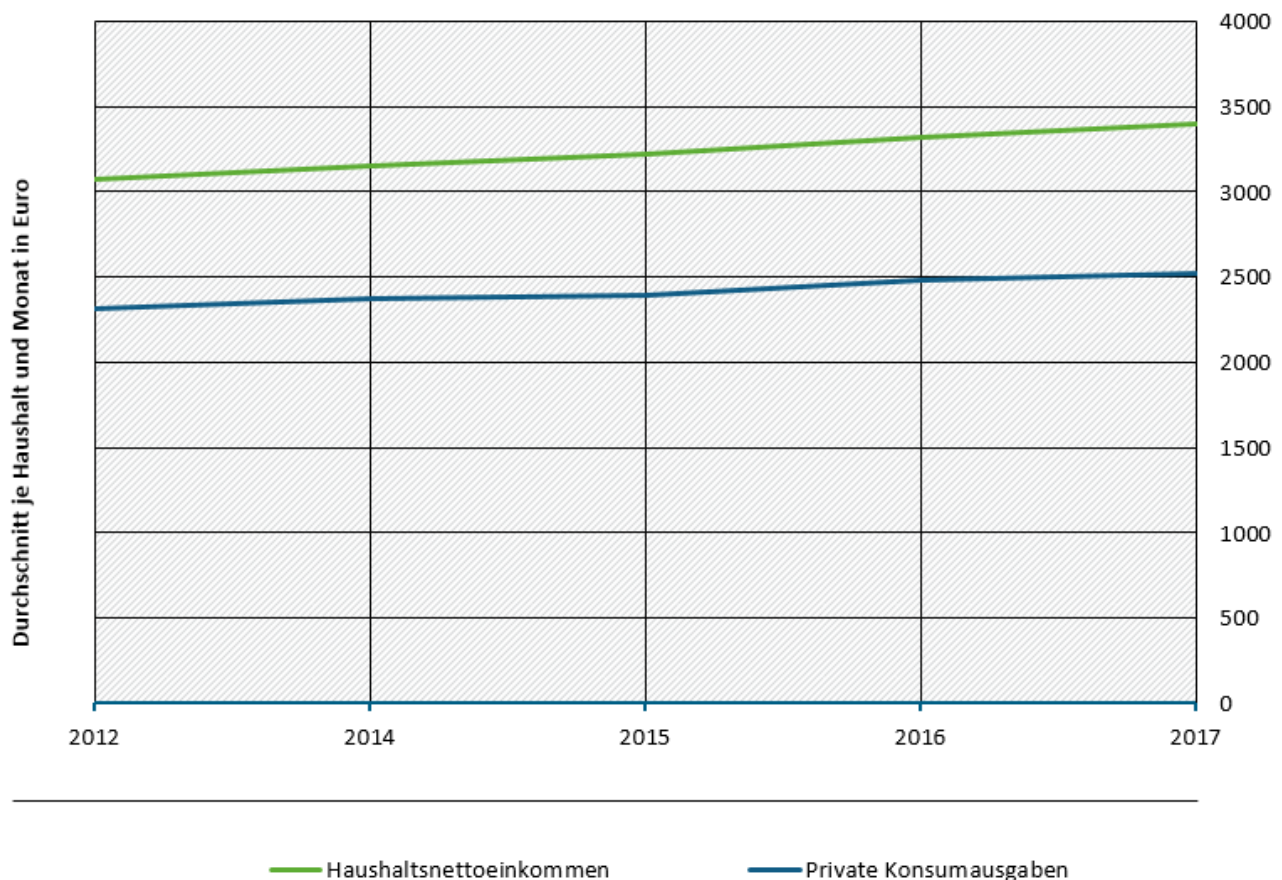
Der Konsum von Haushalten kann sich entweder direkt oder indirekt auf die Umwelt auswirken. Ein Beispiel für direkte Effekte sind die CO₂-Emissionen, die durch das Nutzen eines Pkws entstehen; indirekte Auswirkungen ergeben sich zum Beispiel durch die Produktion und den Transport von Gütern (Kerhof et al. 2009). Die Auswirkungen des Konsums können dabei sowohl lokaler, regionaler und nationaler, als auch globaler Natur sein.

In Deutschland werden die höchsten Konsumausgaben in den Bereichen Wohnen (Wohnen, Energie, Instandhaltung; 35,3 Prozent), Lebensmittel inklusive Tabakwaren (13,8 Prozent) und Mobilität (13,5 Prozent) getätigt (DeStatis 2018). Diese drei Bereiche haben auch die größten Auswirkungen auf die Umwelt. Während Lebensmittel für 48 bis 70 Prozent der Land- und Wassernutzung verantwortlich sind, führen die Energieversorgung im Wohnbereich und die Mobilität vor allem zu hohem CO₂-Ausstoß sowie Ressourcen- und Materialverbrauch (Ivanova et al., 2016). Die verbleibenden etwa 37 Prozent der Konsumausgaben entfallen auf die Anschaffung von Haushaltsgeräten und -gegenständen, Ausgaben für Freizeit, Unterhaltung und Kultur, Bekleidung und Schuhe, Beherbergungs- und Gaststättendienstleistungen sowie auf Ausgaben für Telekommunikation und sonstige Waren und Dienstleistungen (DeStatis 2018). Ein Überblick über die Ausgabenbereiche im Jahr 2016 - gestaffelt nach Einkommenskategorien – ist in Tabelle 1 dargestellt.

¹ <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/klimaschutzplan-2050/>

² <https://www.bmu.de/themen/wirtschaft-produkte-ressourcen-tourismus/ressourceneffizienz/deutsches-ressourceneffizienzprogramm/>

Abbildung 1: Entwicklung der Netto-Haushaltseinkommen und privater Konsumausgaben von 2012 bis 2017 in Deutschland



Quelle: Eigene Darstellung adelphi nach DeStatis 2018

Bei der Betrachtung der Konsumausgaben im Querschnitt zeigt Tabelle 1 zudem deutlich einen bivariaten, positiven Zusammenhang zwischen Einkommen und Konsum. Im Jahr 2017 gaben Haushalte mit einem monatlichen Nettoeinkommen von unter 1.300 EUR pro Monat durchschnittlich 1 002 EUR für den privaten Konsum³ aus. Für Nettoeinkommen zwischen 5.000 und 18.000 EUR waren es mit 4 481 EUR im Durchschnitt dreimal so viel (DeStatis 2018). Die steigenden Ausgaben betreffen fast alle Konsumbereiche. Lediglich in der Kategorie „Post und Telekommunikation“ unterscheiden sich die Ausgaben der verschiedenen Einkommenskategorien weniger signifikant (siehe Tabelle 1).

Ein Zusammenhang zwischen Haushaltseinkommen und Konsumausgaben zeigt sich auch über die Zeit hinweg, also im Längsschnitt. So stieg das durchschnittliche Netto-Haushaltseinkommen pro Monat im Zeitraum von 2012 bis 2017 in Deutschland von ca. 3.000 EUR auf ca. 3.400 EUR. Parallel dazu stiegen auch die durchschnittlichen monatlichen Konsumausgaben von ca. 2.300 EUR auf ca. 2.500 EUR (siehe Abbildung 1).

³ Der private Konsum umfasste in vorliegender Umfrage die Bereiche Lebensmittel; Bekleidung; Wohnen und Energie; Haushaltsgeräte und -gegenstände; Gesundheitspflege; Verkehr; Nachrichtenübermittlung; Freizeit, Unterhaltung und Kultur; Bildungswesen; Beherbergungs- und Gaststättendienstleistungen; andere Waren und Dienstleistungen.

Der Zusammenhang zwischen Einkommen und Konsum ist darüber hinaus in der Literatur vielfach diskutiert und dokumentiert (siehe z.B. Ivanova et al. 2016; Zhang et al. 2017).

Tabelle 1: Konsumausgaben privater Haushalte 2016 nach dem monatlichen Netto-Haushaltseinkommen

Art der Ausgabe	Durchschnittliche Ausgaben pro Haushalt und Monat bei einem monatlichen Haushaltsnettoeinkommen von ... bis unter ... EUR					
	unter 1300	1 300 Bis 1 700	1 700 bis 2 600	2 600 bis 3 600	3 600 bis 5 000	5 000 bis 18 000
Nahrungsmittel, Getränke und Tabakwaren	175	232	279	346	427	535
Bekleidung und Schuhe	36	50	76	98	136	214
Wohnen, Energie, Wohnungsinstandhaltung	488	608	716	900	1 094	1 346
Innenausstattung, Haushaltsgeräte, -gegenstände	33	58	81	136	190	277
Gesundheit	21	35	50	75	120	233
Verkehr	72	99	186	336	421	778
Post und Telekommunikation	37	50	55	63	74	92
Freizeit, Unterhaltung und Kultur	74	115	172	257	326	493
Bildungswesen	(5)	(3)	8	12	23	43
Beherbergungs- und Gaststättendienstleistungen	32	53	92	131	183	311
Andere Waren und Dienstleistungen	30	51	69	87	111	158
Private Konsumausgaben insgesamt	1 002	1 354	1 785	2 441	3 105	4 481

Anmerkung: () = Aussagewert eingeschränkt, da der Zahlenwert aufgrund der Haushaltszahl (25 bis unter 100 Haushalte) statistisch relativ unsicher ist (relativer Standardfehler von 10 % bis unter 20 %). Daten aus DeStatis 2018 Laufende Wirtschaftsrechnungen zu Einkommen, Einnahmen und Ausgaben privater Haushalte

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob der Konsum stets in seiner Quantität zunimmt, oder ob sich der einkommensindizierte Ressourcenverbrauch ab einem bestimmten Einkommensniveau stabilisiert bzw. sogar sinkt.

Bisherige Studien zeigen zudem, dass neben dem Einkommen auch andere Variablen Einfluss auf die Konsumausgaben und die dadurch induzierten Ressourcenverbräuche haben können. Beispiele hierfür sind die Verstädterung (Zhang et al. 2017), das Bildungsniveau und die Haushaltsgröße (Ivanova et al. 2017) sowie die alternde Gesellschaft in Deutschland (z.B. Kunert et al. 2008).

Auch scheint der Zusammenhang zwischen Einkommen und Konsumausgaben für verschiedene Konsumfelder unterschiedlich stark zu sein (Ivanova et al. 2017). Die bisherigen Studienergebnisse erlauben jedoch keine eindeutigen Aussagen bezüglich eines Zusammenhangs zwischen Veränderungen von Einkommen bzw. weiterer erklärender Variablen und der Inanspruchnahme von Ressourcen. Dies gilt sowohl für die Ebene einzelner Produkte und Dienstleistungen (siehe z.B. Leahy et al. 2011 für ein Beispiel aus dem Konsumbereich Ernährung) als auch für ganze Konsumbereiche (siehe z.B. Frick und Grimm 2014 für den Konsumbereich Mobilität) und gesamte Volkswirtschaften (z.B. Bagliania et al. 2008). Gerade im deutschen Kontext gibt es zum Zusammenhang von Haushaltseinkommen und dem durch private Haushalte verursachten Ressourcenverbrauch kaum empirische Befunde. Viele der bisherigen Untersuchungen basieren zudem auf der Analyse von Konsumausgaben – also monetären Einheiten – anstatt der Anzahl konsumierter Produkte und Dienstleistungen – also Mengeneinheiten. Ana-

lysen unter Zuhilfenahme von Geldeinheiten erlauben jedoch nur bedingt Aussagen zum Zusammenhang von Einkommen und Ressourcenverbrauch, da nicht in vollem Umfang nach Verschiebungen in der Qualität des Konsums kontrolliert werden kann.

An dieser Stelle setzt das Vorhaben „Einkommen und Ressourcen – Wirkung veränderter Einkommen auf den Ressourcenverbrauch“ an. So ist es das übergeordnete Ziel des Projekts, den Einfluss von Einkommen bzw. Einkommensänderungen auf die Höhe und Zusammensetzung des Konsums bzw. Konsumänderungen zu analysieren und darauf aufbauend die Wirkung auf die Ressourceninanspruchnahme empirisch zu untersuchen. Darüber hinaus wird der Konsum in einzelne Konsumbereiche aufgeschlüsselt und für weitere mögliche Einflussgrößen, wie beispielsweise Wohnort, Bildung und Alter erhoben und in Zusammenhang mit den Konsumausgaben untersucht.

1.2 Ziele und Aufbau des Berichtes

Der vorliegende Bericht präsentiert zentrale Ergebnisse des Vorhabens. Im Fokus der Betrachtungen stehen empirische Analysen zum Zusammenhang zwischen Haushaltseinkommen und Ressourcenverbrauch. Diese wurden sowohl für ausgewählte Produkte und Dienstleistungen als auch für gesamte Konsumbereiche bzw. Teile derer durchgeführt. Der angegebene Ressourcenverbrauch berücksichtigt hierbei stets die gesamte Wertschöpfungskette. Das heißt, nicht nur die direkt durch die Herstellung oder den Nutzen eines Produktes oder die Bereitstellung einer Dienstleistung induzierten Umweltwirkungen, sondern ebenso die Umweltwirkungen aller dafür benötigten vorgeschalteten Produkte (inklusive Herstellung und Nutzung) und Dienstleistungen. Der Zusammenhang von Einkommen, Konsum und Ressourcenverbrauch wird mit Hilfe von multivariaten Regressionsanalysen untersucht. Im Gegensatz zu deskriptiven Untersuchungen kann so neben dem Haushaltseinkommen gleichzeitig auch für weitere Variablen wie z.B. die sozio-demographischen Charakteristika des Haushalts kontrolliert werden. Dies erlaubt es, etwaige Einkommenseffekte von den Einflüssen weiterer Variablen (z.B. Bildungsniveau, Wohnort) zu isolieren. Im Zentrum des Erkenntnisinteresses steht hierbei, inwieweit höhere Haushaltseinkommen mit einem höheren Ressourcenverbrauch verbunden sind, oder ob es eventuell Anzeichen für eine Entkopplung von Haushaltseinkommen und Ressourcenverbrauch gibt.

Auf Basis der quantitativen Analysen werden die zentralen Ergebnisse herausgearbeitet und Kernbotschaften entwickelt, die Ansatzpunkte für zukünftige politische Interventionen geben können. Alle Analysen dieses Berichtes sind durch die Verfügbarkeit von Konsum- und Ressourcendaten beschränkt. Beispielsweise ist es für einzelne Güter und Dienstleistungen nicht möglich, Konsumänderungen in Ressourcenverbräuche umzurechnen. Auf der anderen Seite können auf der Basis einzelner Güter und Dienstleistungen in der Regel nur ausgewählte Produkte berücksichtigt werden. Dies trifft insbesondere auf den Konsumbereich Ernährung zu, in welchem die Anzahl der Produkte extrem hoch ist.

Das folgende Kapitel präsentiert zunächst die Datengrundlage und das methodische Vorgehen, welches den Analysen zugrunde liegt. In den darauffolgenden Kapiteln werden dann – aufgeschlüsselt nach Konsumbereichen – die Ergebnisse vorgelegt. Der Bericht schließt mit konsumbereichübergreifenden Betrachtungen sowie einem Fazit, in welchem Kernbotschaften betont und weiterer Forschungsbedarf diskutiert werden.

2 Datengrundlage und Methodisches Vorgehen

Die empirischen Untersuchungen wurden auf zwei Analyseebenen realisiert. Zum einen wurde im Rahmen einer Konsumanalyse der Zusammenhang zwischen dem Netto-Haushaltseinkommen (folgend auch Einkommen genannt) bzw. Einkommensänderungen und dem Konsum privater Haushalte (folgend Konsum genannt) bzw. Konsumänderungen ermittelt. Hierbei wurden statistische Analysen zum Zusammenhang von Einkommen und Konsum für einzelne Güter und Dienstleistungen durchgeführt. Die Auswahl der Güter und Dienstleistungen erfolgte auf Basis einer breiten Literaturrecherche sowie eines Expertenworkshops. Ziel war es, besonders ressourcenintensive Güter und Dienstleistungen zu identifizieren.

Grundlage dieser Analysen waren einerseits Längsschnittdaten auf Basis des Consumer Panels der Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) sowie Querschnittsdaten, die im Rahmen einer eigenen empirischen Befragung erhoben wurden. Die Analysen wurden punktuell durch eine Querschnittsbefragung des UFOPLAN-Vorhabens „Repräsentative Erhebung von Pro-Kopf-Verbräuchen natürlicher Ressourcen in Deutschland“ ergänzt.

Zum anderen wurden anschließend in der Ressourcenanalyse der Zusammenhang von Einkommen und Ressourcenverbrauch für ausgewählte Produkte und Dienstleistungen bzw. gesamte Konsumbereiche auf Basis von Lebenszyklusanalysen berechnet.

Im Folgenden wird zunächst näher auf die Datengrundlage eingegangen. Anschließend wird das ökonomische Analysemodell skizziert und das Vorgehen zur Berechnung der Ressourcenverbräuche erläutert.

2.1 Datengrundlage

Die Konsumanalysen basieren auf drei Datenquellen:

- ▶ Consumer Panel der GfK (GfK-Daten)
- ▶ Eigene empirische Erhebung (Ad-hoc-Daten)
- ▶ UFOPLAN-Vorhaben „Repräsentative Erhebung von Pro-Kopf-Verbräuchen natürlicher Ressourcen in Deutschland“ (Pro-Kopf-Daten)

Während es sich bei den GfK-Daten um Längsschnittdaten handelt – Konsum- und Einkommensänderungen können für einzelne Haushalte über die Zeit beobachtet werden – handelt es sich bei der eigenen Erhebung und dem UFOPLAN-Vorhaben um Querschnittsdaten. Hier werden Einkommen und Konsum eines Haushaltes nur zu einem Zeitpunkt ermittelt. Dieser Unterschied ist insbesondere vor dem Hintergrund der Interpretation der Ergebnisse und dem Ableiten von Schlussfolgerungen zu betonen. Querschnittsbetrachtungen können zeigen, in wieweit die unabhängigen Variablen – hier das Einkommen – mit der abhängigen Größe – Konsum bzw. Ressourcenverbrauch – im Zusammenhang stehen. Sie erlauben jedoch keine Aussage darüber, wie sich die Änderung einer unabhängigen Variable auf konkrete Verhaltensänderungen auswirkt. Dies ist nur unter Zuhilfenahme von Längsschnittdaten möglich (siehe z.B. Longhi 2015).

2.1.1 GfK Consumer Panel

Für die Analysen in diesem Vorhaben werden Daten aus zwei Haushaltspanels der GfK herangezogen. In einem Panel geht es i.d.R. darum, in der stets gleichen Verbraucherstichprobe mit den stets gleichen Methoden den stets gleichen Sachverhalt kontinuierlich zu erheben. Dieses Ziel wird auch mit dem GfK Consumer Panel und dem GfK MobilitätsMonitor verfolgt.

Im GfK Consumer Panel sind der erhobene Sachverhalt die Einkäufe der Verbraucher in bestimmten Produktbereichen. Dabei handelt es sich um sogenannte Fast Moving Consumer Goods (FMCG) wie z.B. Nahrungs- und Genussmittel, Getränke, Wasch-, Putz- und Reinigungsmittel, Körperpflege, Kosmetik

und Tiernahrung, aber auch um langlebige Gebrauchsgüter (Nonfood), wie z.B. Bekleidung, Haushaltswaren, Elektrogeräte, Möbel und Do-It-Yourself Produkte. Die kontinuierlich erfassten Informationen sind im Wesentlichen das gekaufte Produkt, Datum des Kaufs, Einkaufsstätte und bezahlter Preis.

Das GfK Consumer Panel besteht aus 30.000 repräsentativen privaten Haushalten für FMCG (Stand Januar 2018), von denen 20.000 Haushalte zusätzlich noch ihre Nonfood-Käufe berichten. Die Erfassung der Käufe erfolgt entweder über ein „handheld“-Gerät, das mit einer Lesevorrichtung für EAN-Codes ausgestattet ist, oder über eine elektronische Erhebungsmethode, die Scanning und Internet kombiniert. Die Datenerhebung erfolgt kontinuierlich, d.h. über das ganze Jahr werden alle Käufe von FMCG und Nonfood berichtet.

Der GfK MobilitätsMonitor erfasst Reisen privater Haushalte und den Buchungsentscheidungsprozess. Dabei werden unter Reisen mehrtägige Urlaubsreisen, Tagesausflüge über 50 km Entfernung, Geschäftsreisen über 50 km Entfernung und Pendlerreisen verstanden.

Im GfK MobilitätsMonitor berichten 18.500 repräsentative private Haushalte über Reisen von insgesamt 37.000 Personen (Stand Januar 2018). Die Erfassung der Reisen erfolgt entweder über Papierfragebögen oder über das Internet. Die Datenerhebung erfolgt monatlich, d.h. zum Beginn eines neuen Monats werden die Reisen des letzten Monats berichtet.

Für beide Panels gilt, dass über die erhobenen Kauf- und Reisedaten hinaus soziodemografische Informationen über die Panelteilnehmer, wie z.B. monatliches Netto-Haushaltseinkommen, Haushaltsgröße, Alter, Bundesland des Wohnorts usw. für die Auswertung zur Verfügung stehen.

Die soziodemographische Struktur der Panels entspricht der Struktur der privaten Haushalte in Deutschland und wird jährlich an die aktuellsten Vorgaben des Statistischen Bundesamtes angepasst. Bei den Panels handelt es sich um Quotenstichproben, die nach den Merkmalen Bundesländer, Regierungsbezirke, Ortsgrößenklassen, Haushaltsgröße, Alter, Geschlecht (im Individualpanel) und anderen mehr gewichtet werden.

Damit können die erfassten Käufe im GfK Consumer Panel und die erfassten Reisen im GfK MobilitätsMonitor auf die Gesamtheit der privaten Haushalte in Deutschland hochgerechnet werden (41,29 Mio. Stand Januar 2018).

2.1.2 Eigene Empirische Erhebung

Im August 2018 wurde eine eigene für die deutsche Bevölkerung repräsentative Onlinebefragung durchgeführt. Der Fragebogen startete mit der Abfrage von soziodemographischen Charakteristika des Haushalts. Hierbei wurden der höchste erzielte Bildungsabschluss, die Haushaltsgröße sowie die Größe des Ortes, an dem der Haushalt wohnt, erfasst. Darüber hinaus wurde für alle der im Haushalt lebenden Personen das Alter und das Geschlecht erfragt.

Anschließend wurde das Konsumverhalten bezüglich der folgenden Konsumbereiche betrachtet: Mobilität, Bekleidung, Wohnen und Haushaltsgeräte. Im Konsumbereich Mobilität wurde zunächst der Bestand an Pkw erfasst. Hierbei wurde nach verschiedenen Fahrzeuggrößen und Antriebsarten differenziert. Zudem wurde abgefragt, wie viele Kilometer (Auswahl nach vorgegebenen Kategorien) mit jedem der genannten Fahrzeuge im letzten Jahr zurückgelegt wurden. Ein ähnliches Vorgehen wurde anschließend für den Besitz und die Nutzung von Motor- und Fahrrädern angewandt. Im Bereich des öffentlichen Verkehrs wurden die Befragten gebeten, Angaben zu Flugreisen, Reisen mit dem öffentlichen Fern- (Fernbus und Bahn) und Nahverkehr sowie zu Kreuzfahrten zu machen. Diese Angaben wurden jeweils für alle der in einem Haushalt lebenden Personen einzeln getätigt. Wichtig ist in diesem Zusammenhang zu betonen, dass es sich bei den Angaben ausschließlich um private Reisen handelt. Im Rahmen der Abfrage des Reiseverhaltens mit dem Flugzeug wurden die Befragten gebeten, für jede der im letzten Jahr unternommenen Reisen das Flugziel aus einer Länderliste zu wählen. Die Anzahl der Reisen mit öffentlichen Fernverkehrsmitteln wurde anhand verschiedener Kategorien erfasst.

Beim öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) wurde die Anzahl der Reisen mit Regionalzug, U-Bahn, S-Bahn, Tram und Stadt-Bus für eine durchschnittliche Arbeitswoche abgefragt. Zum Abschluss des Konsumbereiches wurde Anzahl und Länge der durch die Haushaltsmitglieder unternommenen Kreuzfahrten erfragt.

Im Konsumbereich „Bekleidung“ wurden die Befragten gebeten, aus verschiedenen Kategorien die Anzahl der im letzten Jahr durch den gesamten Haushalt gekauften Kleidungsstücke zu wählen. Hierbei wurde zwischen

- ▶ Jeans
- ▶ Hosen (ohne Jeans)
- ▶ T-Shirts, Hemden, Blusen
- ▶ Pullover
- ▶ Kleider, Röcke
- ▶ Leder-Jacken, Leder-Mäntel
- ▶ Jacken, Mäntel (nicht Leder)
- ▶ Lederschuhe
- ▶ Sneaker, Sportschuhe (nicht aus Leder)
- ▶ Sandalen und Hausschuhe

unterschieden.

Im abschließenden Konsumbereich - Wohnen und Haushaltsgeräte - wurde zunächst abgefragt, wie der Haushalt wohnt (Ein- oder Mehrfamilienhaus) und wie groß die durch den Haushalt bewohnte Wohnung / das Haus ist. Sofern der Haushalt eine Zweitwohnung / ein Zweithaus bewohnt, wurde auch hierfür die Wohnfläche in einer offenen Frage erfasst. Anschließend wurden die Befragten gebeten anzugeben, ob ihr Haushalt im Besitz einer Spülmaschine, Waschmaschine, eines Trockners, eines Kühl- und/oder Gefriergerätes und/oder eines Fernsehers ist. Abschließend machten die Befragten Angaben zu ihrer Strom-, Wasser- und Heizrechnung, wobei bei letzterer zwischen verschiedenen Heizungsarten unterschieden wurde.

Zum Abschluss der Umfrage wurden das Einkommen sowie das Sparverhalten des Haushaltes ermittelt. Bei der Einkommensabfrage wurde den Befragten zunächst die Möglichkeit gegeben, ihr Einkommen in einem offenen Feld zu nennen. Wurde hier keine Angabe getätigt, so konnten die Teilnehmer*innen der Umfrage im nächsten Schritt ihr Einkommen einer Einkommensklasse zuordnen.

Insgesamt haben 1.083 Personen die Umfrage abgeschlossen, von welchen 952 Beobachtungen für die statistischen Analysen genutzt werden konnten. Die Differenz ergibt sich im Wesentlichen durch Fehlwerte bei der Abfrage des Haushaltseinkommens.

2.1.3 Vorhaben „Pro-Kopf-Ressourcenverbrauch“

Im Rahmen des UFOPLAN-Vorhabens „Repräsentative Erhebung von Pro-Kopf-Verbräuchen natürlicher Ressourcen in Deutschland (nach Bevölkerungsgruppen)“ wurden mittels Repräsentativbefragung Daten zum Ressourcenverbrauch der privaten Haushalte in Deutschland erhoben. Die Erhebung wurde in einer Face-to-face-Befragung durch die GfK mit der CAPI-Methode (Computer Assisted Personal Interview) durchgeführt.

Die Grundgesamtheit der Befragung war die deutschsprachige Wohnbevölkerung mit einem Alter ab 18 Jahren, soweit sie in Privathaushalten in Deutschland lebt. Es wurden 1.012 Privatpersonen mit einer durchschnittlichen Interviewlänge von 45 Minuten befragt. Die Erhebung erfolgte im Zeitraum von März bis April 2014.

Neben personen- und haushaltsbezogenen Merkmalen zur Soziodemographie (Anzahl Personen pro Haushalt, Geschlecht, Alter, Bildungsabschluss, Erwerbstätigkeit, berufliche Stellung, persönliches und

Netto-Haushaltseinkommen, Wohnortgröße, Bundesland und Staatsangehörigkeit) wurden die Zugehörigkeit zu sozialen Milieus (traditionell, gehoben, kritisch-kreativ, bürgerlicher Mainstream, einfach-prekär und junge Milieus) und umweltbezogene Einstellungen abgefragt.

Der Schwerpunkt der Datenerhebung lag auf dem Energie- und Ressourcenverbrauch bzw. den dadurch verursachten CO₂-Emissionen. Daher wurden Informationen zur Wohn- und Grundstücksfläche, zu Energie und CO₂-Emissionen (Heizung, Kochen, Mediennutzung, Ernährung, Reisen etc.) und zu stofflichen Ressourcen (Ausstattung mit Kfz, Haushaltsgeräte, Kleidung etc.) erhoben.

Auf Grundlage dieser Daten wurden die Pro-Kopf-Verbräuche von Fläche, energetischen und stofflichen Ressourcen sowie die personenbezogenen CO₂-Emissionen berechnet. Der Schwerpunkt lag auf den Energieverbräuchen in verschiedenen Handlungsfeldern (u.a. Heizen, Warmwasser, Beleuchtung, Haushalts- und Multimediageräte, Alltagsmobilität und Urlaubsreisen, Ernährung und Kleidung) und den damit zusammenhängenden CO₂-Emissionen. Ziel war es, in verschiedenen Handlungsbereichen in Bezug auf den Ressourcenverbrauch besonders abweichende Bevölkerungssegmente zu identifizieren, Art und Umfang der Abweichungen zu bestimmen und hierfür relevante Einflussfaktoren (Treiber) zu ermitteln (für weitere Informationen siehe Kleinhüchelkotten 2016).

2.1.4 Datengrundlage zur Berechnung der Ressourcenverbräuche

Als Datenquellen für die Modellierung der Ressourcenverbräuche in diesem Bericht dienen vier Datenbanken:

- ▶ *Ecoinvent*⁴ ist die favorisierte Datenbank, da sie eine hohe Vollständigkeit aufweist und international anerkannt ist. Zudem bietet sie den Vorteil, dass die Produktsysteme transparent die Zulieferketten offenlegen und damit Informationen über involvierte Prozesse aufzeigen. Die ecoinvent Datenbank wird in drei verschiedenen Varianten, sogenannten Systemmodellen, vertrieben, die sich in Bezug auf den Umgang mit multifunktionalen Prozessen und bezüglich der Modellierung von Recyclingprozessen unterscheiden. Für Konsumprozesse (Reisen, Nahrungsmittel und Kleidung) sowie für Bestandsgüter (z.B. Wohnfläche und Pkw) wurde das Ecoinvent 3.3 und 3.4 Systemmodell *Allocation, cut-off by classification* verwendet. Dieses Systemmodell ist besonders transparent und erlaubt es, Umweltauswirkungen entlang der Wertschöpfungskette bestmöglich nachzuverfolgen. Es berücksichtigt vereinfacht gesagt bei Wertstoffen den Aufwand für die erste Erzeugung nicht, es schneidet die entsprechenden Prozessketten ab (daher der Name).
- ▶ *ESU World Food*⁵ enthält Daten zu Landwirtschaft, Lebensmittelverarbeitung und Konsumaktivitäten, die für unsere Analyse Daten im Bereich der Nahrungsmittel dort ergänzen, wo in Ecoinvent keine passenden Daten verfügbar sind.
- ▶ *Exiobase* ist eine multiregionale Input-Output Datenbank, die Umsätze einzelner Wirtschaftssektoren mit deren Ressourcenverbrauch koppelt. Für die Konsumkategorien *Getränke*, *Fleischprodukte* und *Gemüse, Früchte, Nüsse* wurden Umweltauswirkungen durch Konsumveränderungen mit der Exiobase 2.2 Datenbank für Ökobilanzstudien berechnet (Wood et al. 2014 und Tukker et al. 2013). Diese Kategorien wurden über die Prozesse *Beverages*, *Meat products* und *vegetables, fruits, nuts* für die Region Deutschland mit einem Abschneidekriterium von 1E5 berechnet⁶. Da der Aufbau der Exiobase im Vergleich zu prozessbasierten Datenbanken wie

⁴ www.ecoinvent.org

⁵ www.esu-services.ch

⁶ Das Abschneidekriterium legt fest, welche Prozesse in der Wertschöpfungskette des betreffenden Produktes für die Berechnung der Umweltauswirkungen berücksichtigt werden. Berücksichtigt werden nur jene Prozesse, deren Outputprodukt mindestens 1E-5 EUR zum jeweils betrachteten der drei Prozesse beiträgt. S.a. ISO 14040:2006, 3.18, Abschneidekriterien.

ecoinvent und ESU World Food grundverschieden ist, sind auch die verwendeten Wirkungsabschätzungskategorien teilweise anders aufgebaut und die Ergebnisse vor diesem Hintergrund im Vergleich mit Vorsicht zu betrachten.

- ▶ *PSILCA*⁷ ist eine Datenbank zur Entwicklung produktbezogener Sozialbilanzen, basierend auf einem Multi-Regionalen Input Output Modell das den Anspruch hat, die gesamte Weltwirtschaft zu repräsentieren. Diese Datenbank enthält neben sozialen Indikatoren auch Indikatoren zum Ressourcenverbrauch. Sie wurde für *M5 Kreuzfahrten* verwendet, da sich hierzu in anderen Datenbanken keine auch nur näherungsweise passenden Daten finden lassen.

2.2 Methodisches Vorgehen

2.2.1 Konsumanalyse

Zur Berechnung des Zusammenhangs von Einkommen und Konsum werden im Rahmen dieses Vorhabens multivariate Regressionsanalysen eingesetzt. Diese haben den Vorteil, dass im Gegensatz zu deskriptiven Untersuchungen gleichzeitig für verschiedene Einflussgrößen kontrolliert werden kann. Hierdurch lässt sich der Einkommenseffekt von möglichen Einflüssen weiterer Variablen (z.B. Bildung, Alter) trennen (siehe z.B. Wooldridge 2010).

Im Rahmen der Regressionsanalysen wird die Methode der Kleinsten Quadrate (KQ) verwendet. Bei der Verwendung von Regressionsanalysen können Multikollinearität und insbesondere im Falle des KQ-Ansatzes auch Ausreißer die Ergebnisse stark beeinflussen und verzerren. Um zu überprüfen, ob Multikollinearität in den Regressionsanalysen ein Problem darstellt, wurde der variance inflation factor verwendet. Im Rahmen der Querschnittanalysen wurden Büchs und Schnepf (2013) und Gill und Möller (2018) folgend nur diejenigen Beobachtungen in die finalen Analysen aufgenommen, bei denen die „studentized residuals“ im Bereich von -3 bis +3 lagen. Darüber hinaus wurden Beobachtungen mit extremen Werten beim Haushaltseinkommen (<250 und >10.000 EUR) in den Analysen nicht berücksichtigt. Etwaige Fehlwerte bei Konsumangaben wurden durch das arithmetische Mittel ersetzt.

Abhängige Variablen

Es werden die folgenden abhängigen Variablen verwendet:

- ▶ Besitz langlebiger Gebrauchsgüter (nur Querschnittanalyse): z.B. Wohnfläche, Anzahl Pkw etc.
- ▶ Anzahl, bzw. Differenz der jährlich gekauften Ver- und Gebrauchsgüter (Quer-, bzw. Längsschnittanalyse): Flugreisen, Anzahl Kleidungsstücke, etc.
- ▶ Differenz der jährlichen Ausgaben für Verbrauchsgüter in EUR (Längsschnittanalyse): Ausgaben Lebensmittel
- ▶ Differenz der jährlichen Ressourcenverbräuche (Längsschnittanalyse): Ressourcenindikatoren zur Analyse gesamter (Teil)-Konsumbereiche

Im Fall der Längsschnittanalyse ist die abhängige Variable jeweils die Differenz in den Konsumausgaben bzw. die Differenz in der Anzahl der Reisen eines jeweiligen Haushaltes zwischen den Jahren 2012 (Mobilität) bzw. 2013 (Ernährung) und 2016.

Die Querschnittanalysen basieren hingegen auf den absoluten Angaben des Jahres 2014 (Pro-Kopf-Daten) und 2018 (Ad-hoc-Daten).

Unabhängige Variablen

Monatliches Netto-Haushaltseinkommen

⁷ www.psilca.net

Auf der Seite möglicher Einflussgrößen auf das Konsumverhalten liegt ein besonderer Fokus auf dem monatlichen Netto-Haushaltseinkommen⁸, welches im Rahmen der Längsschnittanalyse in Klassen von 250 EUR und bei den Querschnittanalysen in 500-EUR-Schritten abgefragt wurde. Die höchste Einkommensklasse sind 4.000 EUR (GfK- und Pro-Kopf-Daten) bzw. 7.000 EUR (Ad-hoc-Daten) oder höher. Im Rahmen der Regressionen wird im Fall der Längsschnittanalysen die Differenz des Netto-Haushaltseinkommens zwischen den Jahren 2012 und 2016 als unabhängige Variable betrachtet, im Fall der Querschnittanalysen die absoluten Werte für 2014. Diese unabhängige Variable wird jeweils für lineare und für nichtlineare (quadratisch, exponentiell, Dummy-Kodierung) Beziehungen zur abhängigen Variable getestet. Zur Präsentation der Ergebnisse wird jeweils dasjenige Modell gewählt, welches den höchsten Erklärungswert – auf Basis des adjusted r-squared – liefert. Die Ergebnisse der Längsschnittanalysen bezüglich des Einkommens werden stets als der 2,5-te Teil der durchschnittlichen Veränderung der abhängigen Variable beim Übergang von einer der abgefragten Einkommensklassen zur nächsten angegeben. Dies wird hier als Veränderung der abhängigen Variablen bei einem Einkommenssprung von 100 EUR bezeichnet.

Kontrollvariablen

Neben dem Einkommen wird für eine Reihe weiterer Einflussgrößen, insbesondere sozio-demographische Variablen, kontrolliert. Die genaue Kodierung dieser Variablen (dummy versus linear) unterscheidet sich zwischen den Datenquellen. Generell werden folgende Effekte berücksichtigt:

- ▶ Haushaltsgröße: Anzahl der Personen im Haushalt, Anzahl Kinder, Anzahl Senior*innen
- ▶ Geschlecht: Geschlecht der bzw. des Befragten oder der Haushaltsführerin bzw. des Haushaltsführers⁹
- ▶ Alter: Alter der Befragten bzw. des Befragten oder der Haushaltsführerin bzw. des Haushaltsführers
- ▶ Geografischer Bezug: Größe des Wohnortes
- ▶ Bildungsgrad: Höchster Bildungsabschluss der Befragten bzw. des Befragten oder der Haushaltsführerin bzw. des Haushaltsführers

Bei den Längsschnittanalysen werden die im Jahr 2012 ermittelten Werte der Kontrollvariablen als unabhängige Variablen verwendet. Neben den oben gelisteten Variablen kann im Fall der Längsschnittbetrachtung für verschiedene Lebensstile kontrolliert werden. Zur Anwendung kommen hier die GfK Roper Consumer Styles (RCS). Die RCS unterscheiden zwischen acht Lebensstil-Typen (Peichl 2013):

- ▶ Träumer: Der Traum vom großen Glück
- ▶ Abenteurer: Leidenschaft erleben
- ▶ Weltoffene: Zwischen Selbstverwirklichung, sozialer Verantwortung und Vergnügen
- ▶ Häusliche: Der Wunsch nach materieller Sicherheit und Status
- ▶ Realisten: Harte Arbeit und Verantwortung
- ▶ Kritische: Auf der Suche nach Nachhaltigkeit und Selbstverwirklichung
- ▶ Bodenständige: Die Sehnsucht nach Frieden und Harmonie

⁸ Das Netto-Haushaltseinkommen einkommen errechnet sich, indem vom Brutto-Haushaltseinkommen (alle Einnahmen des Haushalts aus Erwerbstätigkeit, aus Vermögen, aus öffentlichen und nicht-öffentlichen Transferzahlungen sowie aus Untervermietung) Einkommen-/Lohnsteuer, Kirchensteuer und Solidaritätszuschlag sowie die Pflichtbeiträge zur Sozialversicherung abgezogen werden (DeStatis 2017).

⁹ Abfrage Haushaltsführer bzw. Haushaltsführerin: „Können Sie uns bitte sagen, wer bei Ihnen im Haushalt für die Haushaltsführung, also zum Beispiel die Einkäufe, die Organisation von Urlaubsreisen, die Verwaltung des Haushaltseinkommens verantwortlich ist? 1. überwiegend/ ausschließlich ich selber; 2. ich und eine/ mehrere andere Personen; oder 3. andere Person/en im Haushalt -> Ende der Befragung“

► Anspruchsvoll: Zwischen Verantwortung, Pflicht und Lebensgenuss

Die Berechnungen auf Basis der GfK- sowie der Ad-hoc-Daten werden stets auf der Ebene gesamter Haushalte durchgeführt. Das heißt z.B., dass im Konsumbereich Mobilität die Reisen aller Haushaltsmitglieder berücksichtigt werden. Die ergänzenden Untersuchungen, denen die Pro-Kopf-Daten zugrunde liegen, beziehen sich hingegen im Konsumbereich Mobilität nur auf die Person, die die Umfrage beantwortet hat, also auf den Haushaltsführer bzw. die Haushaltsführerin.

2.2.2 Ressourcenverbrauchsanalyse und Wirkungsabschätzung

Der durch die Konsumveränderung induzierte Ressourcenverbrauch wurde vereinfacht durch Prozesse aus den in 2.1.4 gelisteten Ökobilanz-Datenbanken berechnet, die für die betrachteten Konsumgüter als repräsentativ erachtet wurden. In Einzelfällen wurden geringfügige Veränderungen an den Prozessen vorgenommen, um die Repräsentativität der entsprechenden Prozesse in Bezug auf die betrachteten Konsumgüter zu erhöhen. Die Auswahl der Prozesse und die jeweiligen Anpassungen sind im Anhang in Abschnitt 11 (Anhang 2) dargestellt. Für das Vorhaben wurde eine angepasste Wirkungsabschätzungsmethode erstellt, mit der für die einzelnen Prozesse der Ressourcenverbrauch berechnet wurde. Die angepasste Wirkungsabschätzungsmethode konzentriert sich auf folgende Ressourcenindikatoren (Wirkungskategorien):

Tabelle 2: Auflistung der verwendeten Ressourcenindikatoren

Indikator	Einheit	Anmerkung
Klimawandel	kg CO ₂ Äq.	Ausstoß von Treibhausgasen gemessen in CO ₂ Äquivalenten
Kumulierter Energieaufwand	MJ	Energieaufwand durch Verwendung von z.B. Biomasse, Kohle, Rohöl, Wasserkraft, Gas, Solarenergie, Torf oder Uranium
Landnutzung	m ² /Jahr	Nutzungsformen wie z.B. Landwirtschaft, Bauland, Deponien, Minen, Forstwirtschaft, Industrie oder bewohntes Gebiet
Ressourcenverknappung – abiotische Ressourcen	g Sb Äq.	Verbrauch abiotischer Ressourcen umgerechnet auf Antimon (Sb) Äquivalente z.B. Aluminium, Kupfer, Gold, Blei, Nickel, Silber oder Uranium
Ressourcenverknappung – fossile Energieträger	MJ	Verbrauch fossiler Energieträger wie Gas, Kohle, Öl oder Torf
Wasserverbrauch	m ³	Verbrauch von Wasser aus verschiedenen Quellen z.B. Seewasser, Flusswasser, Grundwasser (die Emission von verbrauchtem Wasser zurück in die Umwelt wird nicht berücksichtigt)

Die einzelnen Ressourcenverbrauchsindikatoren der Wirkungsabschätzungsmethode erfassen Rohstoffströme, Energieströme und Produktströme entlang der Wertschöpfungskette und rechnen diese mittels Charakterisierungsfaktoren in gleiche Einheiten um (z.B. CO₂ und CH₄ in CO₂-Äquivalente). Für die angepasste Wirkungsabschätzungsmethode wurden Ressourcenverbrauchsindikatoren aus folgenden Wirkungsabschätzungsmethoden verwendet:

- Kumulierter Energieaufwand (CED): Eine Wirkungsabschätzungsmethode, in der der Verbrauch nicht-erneuerbarer Ressourcen (fossile, nukleare, Urwälder) und erneuerbarer Ressourcen (Biomasse, Solar, Wasser, Wind, Geothermie) in der Wirkungskategorie „CED total“ zusammengefasst werden.

- ▶ CML¹⁰, IPCC 2007: Aus dieser Wirkungsabschätzungsmethode wurde die Wirkungskategorie Klimawandel in die neue Wirkungsabschätzungsmethode integriert.
- ▶ ReCiPe, 2008, midpoint (H): Aus dieser Wirkungsabschätzungsmethode wurde die Wirkungskategorie "Water depletion" übernommen, die ohne weitere Bewertung oder Gewichtung durch Charakterisierungsfaktoren insgesamt den Wasserverbrauch erfasst. Darüber hinaus wurden die Wirkungskategorien "Urban land occupation" und "Agricultural land occupation" für die neue Methode in der Wirkungskategorie "Land use total" kombiniert, um Landnutzung abzubilden.
- ▶ Der Kumulierte Rohstoffaufwand (KRA) steht derzeit nicht in einer direkt anwendbaren Methodensammlung zur Verfügung. Aus diesem Grund wird testweise eine Berechnung von KRA für drei ausgewählte Produkte durchgeführt.

2.3 Darstellung der Ergebnisse

In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse für die Konsumbereiche „Mobilität“ (Kapitel 3), „Ernährung“ (Kapitel 4), „Bekleidung“ (Kapitel 5), „Wohnen, Haushaltsgeräte, IKT“ (Kapitel 6) sowie konsumbereichübergreifende Analysen (Kapitel 7) dargestellt. Hierbei werden die Regressionsuntersuchungen punktuell um deskriptive Statistiken ergänzt. Diese dienen u.a. dazu, die Regressionsergebnisse besser einordnen zu können. Die Effekte des Einkommens werden jeweils für ein um 100 EUR verändertes Monatseinkommen umgerechnet. Der Effekt auf die abhängige Variable bezieht sich jeweils auf den Zeitraum von zwölf Monaten. In den Ergebnistabellen der Konsumanalyse werden ausschließlich die signifikanten – also statistisch bedeutsamen – Einflussgrößen gezeigt. Im Zuge der Ressourcenanalyse wird der Konsumeffekt bezüglich des Einkommens nur dann in Ressourcenverbräuche umgerechnet, wenn dieser signifikant ist.

Die Signifikanz eines Effekts wird aus den P-Werten der Regressionsanalyse abgeleitet. Hierbei wird differenziert zwischen

***	$p \leq 0,01$	Hoch signifikant
**	$p > 0,01$ und $p \leq 0,05$	Signifikant
*	$p > 0,05$ und $p \leq 0,10$	Schwach signifikant
-	$p > 0,10$	Nicht signifikant

Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass diese Einteilung der einfacheren Darstellung und Interpretation dient. Da der P-Wert eine kontinuierliche und keine diskrete Größe ist, ist eine Einteilung in Signifikanzniveaus arbiträr (siehe z.B. Gigerenzer 2018).

¹⁰ Centrum voor Milieuwetenschappen/Institute of Environmental Sciences (CML) of the Universiteit Leiden

3 Konsumbereich Mobilität

Im Folgenden werden die Analyseergebnisse für den Konsumbereich Mobilität vorgestellt. Hierbei werden zunächst die Konsum- und Ressourcenanalyse auf Basis der GfK-Daten präsentiert. Ein ähnliches Vorgehen wird anschließend für die Ad-hoc-Daten verfolgt. Die Analysen werden hier um eine Ressourcenbetrachtung des gesamten Konsumbereiches ergänzt. Die abhängige Variable bezieht sich jeweils auf die durch den gesamten Haushalt unternommenen, privaten Reisen mit Bezug auf einen Zeitraum von zwölf Monaten.

3.1 Ergebnisse Längsschnittbetrachtung

3.1.1 Konsumanalyse

Tabelle 3 zeigt zunächst die Anzahl der Reisen im Jahr 2016 auf Basis der GfK-Daten.

Tabelle 3: Durchschnittliche Anzahl an Reisen/Fahrten pro Haushalt im Jahr 2016

	Pkw	Flugreisen	Kreuzfahrten	ÖPNV 50 – 100 km	ÖPFV >100 km
Anzahl 2016	7,32	0,57	0,08	0,28	0,67

Anmerkung: Die Angaben beziehen sich auf die komplette Stichprobe inklusive Nicht-Reisender.

In Tabelle 3 befindet sich die durchschnittliche Anzahl getätigter Reisen kategorisiert nach den verschiedenen Verkehrsmitteln. Dabei beziehen sich die Angaben auf die gesamte Stichprobe der Befragten. Im Jahr 2016 unternahmen die befragten Haushalte im Durchschnitt rund sieben Reisen mit dem Pkw, die länger als 100 Kilometer waren sowie etwa 0,6 private Flugreisen. Die entsprechenden Angaben für Kreuzfahrten, sowie Reisen mit dem ÖPNV von 50 bis 100 Kilometern bzw. dem öffentlichen Personenfernverkehr (ÖPFV) für 100 Kilometer und mehr betrugen im Durchschnitt rund 0,1, 0,3 bzw. 0,7 Fahrten.

Ausgehend von den GfK-Daten wurde die Differenz in der Anzahl der Reisen zwischen den Jahren 2012 und 2016 in einen Zusammenhang mit den unabhängigen Variablen gesetzt. Daraus resultierten die in Tabelle 4 zusammengefassten Ergebnisse.

Die Regressionsanalysen zeigen bezüglich der Differenz der privaten Fahrten mit dem Pkw einen hoch signifikanten Zusammenhang mit einer Änderung im Einkommen. Ein Einkommenssprung von 100 EUR ist demnach mit einer durchschnittlichen Steigerung der Anzahl von Pkw-Reisen pro Jahr von 0,02 verbunden. Zudem beeinflusst die Größe des Wohnortes die Nachfrage nach Pkw-Reisen negativ, d.h., je größer der Wohnort, desto stärker nimmt die Anzahl der Fahrten mit dem Pkw ab.

Positive Effekte sind hingegen für den Bildungsgrad des Haushaltsführers bzw. der Haushaltsführerin zu beobachten. Im Vergleich zur Basis-Kategorie, dies sind Personen mit Hauptschul- oder ohne Schulabschluss, ist die Anzahl der Pkw-Reisen für Haushaltsführer*innen mit Realschul- oder Hochschulabschluss gestiegen. Im Bereich der Roper Consumer Styles hat die Anzahl der Reisen

- ▶ Anspruchsvoller (Zwischen Verantwortung, Pflicht und Lebensgenuss)
- ▶ Kritischer (Auf der Suche nach Nachhaltigkeit und Selbstverwirklichung)
- ▶ Weltoffener (Zwischen Selbstverwirklichung, sozialer Verantwortung und Vergnügen)
- ▶ und von Realisten (Harte Arbeit und Verantwortung)

im Vergleich zu derjenigen bodenständiger Personen, deren Lebensstil durch Sehnsucht nach Frieden und Harmonie geprägt ist, signifikant zugenommen.

Auch die Änderung der Anzahl privater Flugreisen wird hochsignifikant durch die Entwicklung des Haushaltseinkommens beeinflusst. Ein um 100 EUR erhöhtes Einkommen führt hier zu einem jährlichen Zuwachs von rund 0,01 Flugreisen. Weitere positive Effekte zeigen sich für den Bildungsgrad (Hochschulabschluss und mittlere Reife), während die Größe des Haushaltes und das Alter des Haushaltsführers bzw. der Haushaltsführerin die Änderung der Anzahl der Flugreisen negativ beeinflussen.

Im Bereich der Roper Consumer Styles nimmt die Anzahl von Flugzeugreisen kritischer, weltoffener und Träumer (der Traum vom großen Glück) sowie Abenteurer (Leidenschaft erleben) im Vergleich zu derjenigen bodenständiger Personen signifikant stärker zu.

Ähnliche Effekte sind für die Differenz der Anzahl der Kreuzfahrten zu beobachten, die ebenfalls hochsignifikant auf Einkommenszuwächse reagieren. Die Nachfrage beträgt 0,002 für einen Einkommenssprung von 100 EUR.

Innerhalb der Kontrollvariablen und im Unterschied zu den Flugreisen steigt die Differenz der Anzahl der Kreuzfahrten auch mit dem Alter. Sie nimmt außerdem mit dem Bildungsgrad zu. Keine signifikanten Effekte sind für die verschiedenen Lebensstile zu beobachten.

Für Reisen mit dem ÖPNV mit einer Länge zwischen 50 und 100 Kilometern zeigen die statistischen Analysen keine signifikanten Einkommenseffekte. Für Strecken mit dieser Länge führt ausschließlich ein höherer Bildungsgrad (Hochschulabschluss) zu einer Erhöhung der Differenz der Reisen.

Die Änderung der Nachfrage nach Reisen mit dem ÖPFV mit einer Länge von mehr als 100 Kilometern steht hingegen in einem schwach signifikanten Zusammenhang mit dem Haushaltseinkommen, welches zu mehr zusätzlichen Reisen führt. Effekte in dieselbe Richtung zeigen sich für die Größe des Wohnorts und den Bildungsgrad, während die Änderung der Nachfrage sinkt, wenn der Haushaltsführer männlich ist. Abgesehen von Anspruchsvollen, die im Vergleich zu Bodenständigen mehr Reisen mit dem öffentlichen Personenverkehr mit einer Länge von mehr als 100 Kilometern unternehmen, ergeben sich keine weiteren lebensstilbedingten Effekte.

Tabelle 4: Längsschnittanalyse Mobilität Anzahl Reisen

Einflussgröße	Pkw-Fahrten	Flugreisen	Kreuzfahrten	ÖPNV 50 – 100 km	ÖPFV >100 km
Einkommen	0,016***	0,009***	0,002***	-	0,003*
Wohnortgröße	-0,014**	0,004*	-	-	0,006**
Alter	-	-0,004**	0,003***	-	-0,008***
Geschlecht	-	-	-	-	-0,038***
Realschulabschluss	0,101**	0,035***	0,014***	-	-
Abitur	-	-	0,017**	-	-
Hochschulabschluss	0,247***	0,092***	0,018***	0,028**	0,134***
Haushaltsgröße ¹¹	-0,097**	-0,035**	-	-	-0,097***
Abenteurer	-	0,045*	-	-	-
Anspruchsvolle	0,205***	-	-	-	0,045**
Häusliche	-	-	-	-	-
Kritische	0,171**	0,076***	-	-	-
Realisten	0,265***	-	-	-	-
Träumer	-	0,074**	-	-	-
Weltoffene	0,219***	0,094***	-	-	-

Anmerkung: Kodierung kontinuierlich für Einkommen (100 EUR), Wohnortgröße (1.000 Einwohner*innen), Alter (Jahre), Haushaltsgröße (Personen), Dummy-Kodierung: Referenz Geschlecht = männlich; Referenz Lebensstile = Bodenständige; Referenz Bildung = kein Abschluss bzw. Hauptschulabschluss; Bildung, Alter, Geschlecht und Lebensstile beziehen sich auf Haushaltsführer*in.

Zusammenfassend zeigt sich, dass sich die Differenz der Anzahl der Reisen pro Jahr mit steigendem Monatseinkommen erhöht. Dies trifft sowohl für Reisen mit dem Pkw als auch für Flugreisen und Kreuzfahrten sowie in geringerem Maße auch für Reisen mit dem öffentlichen Personenverkehr zu. Über die verschiedenen Reisearten hinweg ist die Nachfragesteigerung bezüglich einer Veränderung des Einkommens für Pkw-Fahrten – gefolgt von Flugreisen – am größten.

3.1.2 Ressourcenanalyse

Die Ergebnisse der Berechnungen der Umweltwirkungen durch geänderte Pkw-Nutzung, Inanspruchnahme von ÖPFV und Flugreisen sind in Tabelle 5 aufgeführt. Sie zeigen, dass im Durchschnitt der Konsumanstieg von Flugreisen die höchsten Umweltwirkungen verursacht. Die Konsumänderung im Bereich ÖPFV verursacht im Durchschnitt die geringsten Umweltwirkungen. Letzteres ist zum einen durch die geringere Konsumänderung bedingt, zum anderen aber auch durch die, im (durchschnittlichen) Vergleich zu Pkw-Nutzung und Flugreisen, geringeren Umweltwirkungen pro Personenkilometer. Obwohl für Flugreisen (monetär) nicht die höchsten Konsumänderungen erfasst wurden, treten hier die höchsten Umweltwirkungen auf z.B. für den Ressourcenverbrauchsindikator Erderwärmungspotenzial. Den zweithöchsten diesbezüglichen Beitrag hat die Änderung von Pkw-Nutzung. Geänderte Pkw-Nutzung und ÖPFV induzieren beide mehr Landinanspruchnahme als Flugreisen.

¹¹ Je größer der Haushalt war, desto weniger Pkw-Fahren, Flugreisen und Reisen mit dem ÖPFV über 100 km wurden unternommen.

Die dargestellten Umweltwirkungen von Kreuzfahrten sind nur schwierig mit jenen der anderen Konsumkategorien in einen Kontext zu setzen. Der Grund hierfür ist, dass die Berechnungen auf einer grundlegend anders aufgebauten Datenbank (*PSILCA v2*) beruhen und auch mit anderen Ressourcenverbrauchsindikatoren berechnet wurden. Um die Größenordnung der Umweltwirkungen zu veranschaulichen, wurden zusätzlich aus der gleichen Datenbank die Umweltwirkungen für den Prozess *Luftfahrt in Deutschland* für die gleiche Referenzgröße berechnet. Der Vergleich zeigt, dass die Umweltwirkungen von Kreuzfahrt für jeden der vier betrachteten Ressourcenverbrauchsindikatoren deutlich höher sind als die von Luftfahrt. Da Luftfahrt selber aber i.d.R. mit sehr hohen Umweltwirkungen assoziiert wird, zeigt dieses Beispiel, wie die Größenordnung der Umweltwirkungen des Konsumbereichs Kreuzfahrt einzuordnen ist.

Tabelle 5: Konsumveränderung und Umweltwirkungen zu Pkw-Nutzung, Flugreisen und ÖPFV

Konsumgut	Effekt für +100 EUR	Einheit	Ressourcenverbrauchsindikatoren					
			Kumulierter Energieaufwand [MJ]	Erderwärmungspotenzial (GWP100) [kg CO ₂ Äq.]	Ressourcenverknappung (abiotische Ressourcen) [kg Sb Äq.]	Ressourcenverknappung (fossile Energieträger) [MJ]	Landnutzung [m ² *a]	Wasserverbrauch [m ³]
Pkw-Fahrten ¹²	0,016	St.	4,74	0,31	3,45E-06	0,101	0,013	0,43
Flugreisen	0,009	St.	28,98	1,88	2,18E-07	0,65	0,001	0,61
ÖPFV	0,003	St.	0,39	0,025	1,98E-08	0,0063	0,002	0,08

Tabelle 6: Umweltwirkungen von Konsumänderungen zu Reisen per Kreuzfahrt und Flugzeug

Konsumgut	Betrag	Einheit	Konsum von Biomasse [med risk hours ¹³]	Beitrag zur Umweltbelastung [med risk hours]	Konsum von fossilen Energieträgern [med risk hours]	Konsum von Mineralstoffen [med risk hours]		
Kreuzfahrten	0,002	EUR ₁₄	6,71	14,2	0,12	1,11		
Luftfahrt	0,002	EUR	0,002	0,003	4.32E-05	2.39E-04		

¹² Referenz-Produkt: Pkw Fahrten (à 50 km)

¹³ Die Werte werden aus der PSILCA-Datenbank errechnet. Die Datenbank stellt die Auswirkungen, die mit der Herstellung eines Produktes einhergehen, über den gesamten Lebensweg dar. Da zahlreiche der abgebildeten Indikatoren nicht direkt quantifizierbar sind, bewertet die Datenbank zunächst das Risiko für eine negative oder positive Auswirkung des Indikators und quantifiziert dann diese Risikoeinstufungen für die Indikatoren mit der für die Herstellung eines Produkts im Wert von 1 USD im jeweiligen Prozess aufgewendeten Arbeitszeit. Diese Arbeitszeit wird Aktivitätsvariable genannt (englisch activity variable). In einer einfachen Gewichtung werden schließlich die verschiedenen Risikobewertungen zu einem mittleren Risikowert aggregiert, den „medium risk hours“. Diese medium risk hours können für einen Indikator linear aggregiert werden.

¹⁴ Für die Kreuzfahrten ergibt sich aus den Längsschnittanalysen eine Konsumänderung von 0,002 EUR pro 100 EUR Einkommensänderung; die Flugreisen sind aus der gleichen PSILCA Datenbank ebenfalls i.H.v. 0,002 EUR in der Tabelle dargestellt, um die Werte für die Kreuzfahrten einzuordnen.

3.2 Ergebnisse Querschnittbetrachtung

3.2.1 Konsumanalyse

3.2.1.1 Deskriptive Analyse Fahrzeuge

Die folgende Tabelle 7 präsentiert den Fahrzeugtyp des meistgenutzten Fahrzeugs der Haushalte im Befragungszeitraum von zwölf Monaten¹⁵. Insgesamt besitzen 798 der 952 befragten Haushalte mindestens ein Fahrzeug, wobei die meisten dieser Haushalte einen Mittelklasse- oder Kompaktklassewagen (316 bzw. 273) fahren. Der mit Abstand am häufigsten benutzte Fahrzeugtyp ist der Benzinere (580), gefolgt von Dieselfahrzeugen. Fahrzeuge mit Elektro- oder Hybridantrieb sind deutlich in der Unterzahl (6 bzw. 16).

Tabelle 7: Häufigkeitsverteilung der Fahrzeugtypen

	Diesel	Benziner	Elektro	Hybrid	Andere	Insgesamt
Oberklasse	21	30	0	1	0	52
Mittelklasse	109	190	3	10	4	316
Kompaktklasse	48	215	3	4	3	273
Kleinwagen	9	145	0	1	2	157
Insgesamt	187	580	6	16	9	798

Anmerkung: Die Angaben beziehen sich auf das meistgenutzte Fahrzeug im Haushalt.

3.2.1.2 Deskriptive Analyse öffentlicher Personennahverkehr und Zweiräder

Fast die Hälfte (46 Prozent) der Befragten gab an, den ÖPNV in Anspruch zu nehmen. Einige (15 Prozent) der befragten Haushalte besitzen ein konventionelles Motorrad. Nur sehr wenige (0,5 Prozent) besitzen einen Elektro-Roller. Ein konventionelles Fahrrad (70 Prozent) oder ein E-Bike (10 Prozent) ist in relativ vielen Haushalten zu finden (für die Übersicht der Ergebnisse siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Häufigkeitsverteilung Nutzung ÖPNV und Zweiräder

Kategorie	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit (in %)
Nutzung ÖPNV	441	46,3
Besitz und Nutzung Motorrad (konventionell)	147	15,4
Besitz und Nutzung Elektro-Roller	5	0,5
Besitz und Nutzung eines E-Bikes	93	9,8
Besitz und Nutzung eines Fahrrades	674	70,8

3.2.1.3 Deskriptive Analyse Fernreisen

46 Prozent der Haushalte unternahmen in den letzten zwölf Monaten mindestens eine kontinentale Flugreise und 21 Prozent mindestens eine interkontinentale Flugreise. Den Zug nutzen innerhalb eines Jahres ca. 49 Prozent für Fernreisen, während 16 Prozent der Befragten den Fernbus nutzen.

¹⁵ Die befragten Haushaltsführer*innen haben ebenfalls die Anzahl weiterer Fahrzeuge angegeben.

In Tabelle 9 ist die Anzahl der Kreuzfahrten pro Jahr und Haushalt dargestellt. Die Zahlen wurden auf Haushaltsebene erfasst, sind aber auf Personenebene zu interpretieren. Das bedeutet, wenn ein Haushalt mit vier Personen eine Kreuzfahrt im Jahr unternimmt, äußert sich dies in der Anzahl „vier Kreuzfahrten“ in der Tabelle. Die Ergebnisse zeigen, dass die meisten Haushalte (92,92 Prozent) keine Kreuzfahrten im letzten Jahr unternahmen. Einige Haushalte (ca. 7 Prozent) unternehmen eine bis fünf Kreuzfahrten beziehungsweise in diesen Haushalten fahren ein bis fünf Personen pro Jahr mit auf Kreuzfahrt. Zudem gibt es einen Extremwert von 14 Kreuzfahrten pro Jahr.

Tabelle 9: Häufigkeitsverteilung Anzahl Kreuzfahrten

Anzahl Kreuzfahrten pro Jahr	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit (in %)
0	885	93,0
1	27	2,8
2	24	2,5
3	6	0,6
4	8	0,8
5	1	0,1
14	1	0,1

Anmerkung: Die Anzahl der Kreuzfahrten wurden auf Personenebene gemessen. D.h., wenn beispielsweise ein Haushalt mit vier Personen eine Kreuzfahrt im Jahr unternimmt, äußert sich diese Kreuzfahrt in der Anzahl „4“.

3.2.1.4 Ergebnisse Regressionsanalysen

Tabelle 10 zeigt die Regressionsergebnisse für den Konsumbereich Mobilität. Die abhängige Variable ist hierbei jeweils die Anzahl der gereisten Kilometer mit dem jeweiligen Verkehrsmittel pro Jahr in den Kategorien Flug, Pkw, öffentlicher Nah- und Fernverkehr und Fahrrad. Der ÖPNV bezieht sich auf eine Wegelänge von unter 50 Kilometern. Berücksichtigt wurden die Verkehrsmittel S-Bahn, U-Bahn, Straßenbahn, Bus und Regionalzug. Der ÖPFV umfasst Reisen mit der Bahn und dem Fernbus ab einer Länge von 50 Kilometern.

Die Einkommenseffekte werden auch hier jeweils für einen Einkommenssprung von 100 EUR angegeben. Darüber hinaus fließen Dummy-Variablen zur Wohnortgröße, Bildung, Alter, Geschlecht sowie die Anzahl der Erwachsenen im Haushalt und die Angabe, ob Kinder¹⁶ oder Senior*innen im Haushalt leben, mit in die Analyse ein. Die Angaben zu Bildung, Alter und Geschlecht beziehen sich auf den Haushaltsführer bzw. die Haushaltsführerin. Die Analysen der Wohnortgröße stehen in Bezug zu einer Wohnortgröße mit weniger als 5.000 Einwohner*innen, während sich die Variablen der Bildung auf die Angabe von „keinem Bildungsabschluss“ bzw. „Hauptschulabschluss“ beziehen. Die Referenzvariable der Dummy-Variablen für „Alter“ ist die Altersgruppe der unter 30-Jährigen.

Durchschnittlich legten alle befragten Haushalte 14.669 Kilometer mit dem Flugzeug, 13.813 Kilometer per Auto, 585 Kilometer im ÖPFV und 2.382 Kilometer im ÖPNV in den vergangenen zwölf Monaten zurück. Das Fahrrad nutzen die befragten Teilnehmer*innen durchschnittlich für 1.788 Kilometer. Im Querschnitt zeigt sich ein Einkommenseffekt über alle fünf Kategorien (Flüge, Pkw, öffentliche Verkehrsmittel und Fahrrad) hinweg. Dabei gibt es einen hochsignifikanten Zusammenhang zwischen einem Einkommenssprung von 100 EUR und den gefahrenen Kilometern mit dem Pkw. Demnach legten Haushalte im Jahresdurchschnitt 256,3 Kilometer mehr mit dem Pkw zurück, wenn sie 100 EUR mehr Einkommen zu Verfügung hatten als andere Haushalte. In der Kategorie „Flüge“ ist ein um 100 EUR

¹⁶ „Kinder“ sind in vorliegender Untersuchung definiert als Personen unter 15 Jahren.

höheres Einkommen mit durchschnittlich 228,8 zusätzlich geflogenen Kilometern assoziiert. Beim ÖPFV (ab 50 Kilometer) und Fahrradverkehr ist ein leicht signifikanter Anstieg von 5,8 bzw. 8,2 Kilometer pro 100 EUR Einkommen zu beobachten. Der Zusammenhang zwischen Einkommen und der Nutzung des ÖPNV ist negativ. Haushalte mit höherem Einkommen fahren pro 100 EUR durchschnittlich 18 Kilometer weniger mit öffentlichen Verkehrsmitteln im Nahverkehr.

Auch die demographischen Variablen haben einen Einfluss auf das Mobilitätsverhalten. So fliegen Haushalte mit einer Haushaltsführerin oder einem Haushaltsführer mit Hochschulabschluss deutlich mehr. Haushaltsführer*innen über 60 Jahre und Haushalte mit Senior*innen fliegen im Vergleich zu Haushaltsführer*innen unter 30 Jahren deutlich (ca. 5.000 Kilometer) weniger.

Bei den Pkw-Fahrten zeigt sich, dass umso weniger Kilometer mit dem Pkw zurückgelegt werden, je größer der Wohnort ist und auch Haushaltsführer*innen ab 45 Jahre fahren deutlich weniger Kilometer mit dem Pkw als Haushaltsführer*innen unter 30 Jahren. Der Schulabschluss hingegen äußert sich in einem positiven Zusammenhang. Haushaltsführer*innen mit Realschulabschluss oder Abitur fahren deutlich mehr mit dem Pkw als Haushaltsführer*innen ohne Abschluss beziehungsweise mit Hauptschulabschluss.

Mit steigender Wohnortgröße (ab 100.000 Einwohner*innen) werden auch mehr Kilometer mit dem ÖPNV zurückgelegt. Ab einem Alter von 45 Jahren der Haushaltsführer*innen zeigt sich ein negativer Zusammenhang mit der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel. Der ÖPFV wird öfter ab einer Wohnortgröße von 100.000 Einwohner*innen im Gegensatz zu dörflichen Regionen genutzt. Auch Haushaltsführer*innen mit Hochschulabschluss und Haushalte mit Kindern legen mehr Kilometer mit Bus und Bahn auf Langstrecken zurück als die jeweilige Referenzgruppe. Die weiteren Ergebnisse zeigen, dass in den Altersgruppen ab 30 Jahren weniger Kilometer im Langstrecken Bus- und Bahnverkehr zurückgelegt werden als in der Referenzgruppe der unter 30-Jährigen. In der Kategorie „Fahrrad“ zeigt sich, dass Haushalte in Klein- und Mittelstädten häufiger das Rad nutzen als Haushalte in Dörfern. Zudem fahren Haushalte mit Kindern deutlich häufiger mit dem Rad als Haushalte ohne Kinder. Schließlich zeigt sich noch ein Geschlechter-Effekt. Haushalte mit Haushaltsführerinnen legen im Vergleich zu Haushalten mit männlichen Haushaltsführern mehr Kilometer mit dem Fahrrad zurück.

Tabelle 10: Ergebnisse der Regressionsanalyse im Konsumbereich Mobilität¹⁷

Variable	Flüge [km]	Pkw [km]	ÖPNV <50-100 km [km]	ÖPFV ab 100 km [km]	Fahrrad [km]
Einkommen	228,8***	256,3***	-18,0**	5,8**	8,2*
Kleinstadt (5.000-20.000 Einwohner*innen)	-	-	-	-	353,1*
Mittelstadt (20.000 – 100.000 Einwohner*innen)	-	-4.220,4***	-	-	392,2**
Großstadt 100 (100.000-500.000 Einwohner*innen)	-	-4.273,5***	952,4***	185,4*	-
Großstadt 500 (> 500.000 Einwohner*innen)	-	-6.252,2***	2.550,0***	255,4**	-
Realschulabschluss	-	3.466,9***	-	-	-
Abitur	-	2.891,0***	-	-	-
Hochschulabschluss	6.017,2***	-	-	391,3***	-
Kinder < 15 Jahre (ja/nein)	-	-	-	275,3***	491,8***
Alter 30 - 45 Jahre	-	-	-705,1**	-244,3**	-
Alter 45 - 60 Jahre	-	-2.902,8***	-816,5***	-219,3**	-
Alter > 60 Jahre	-5009,7**	-3358,2***	-958,2***	-266,0**	-
Senior*innen > 65 Jahre (ja/nein)	-4835,5**	-2164,3*	-1147,4***	-	-
Zwei Erwachsene pro Haushalt	3662,2**	5208,7***	646,1**	-	-
Drei oder mehr Erwachsene pro Haushalt	-	7194,6***	2783,2***	-	807,8***
Geschlecht	-	-	-	-	-269,6**

Anmerkungen: Einkommen je 100 EUR; Alter, Bildung und Geschlecht beziehen sich jeweils auf den/die Haushaltsführer*in; Dummy-Variablen: Wohnort Basis < 5.000 Einwohner*innen; Alter Basis < 30 Jahre; Bildung Basis keinen Abschluss/Hauptschulabschluss; Geschlecht Basis männlich; Haushalt Basis: Haushalt mit einem Erwachsenen

3.2.2 Ressourcenanalyse

Über alle befragte Haushalte hinweg Durchschnitt kommt es pro Haushalt im Konsumbereich Mobilität für den Ressourcenverbrauchsindikator Kumulierter Energieaufwand zu einem Verbrauch von 98.820 MJ Energie. Gleichzeitig werden im Mittel 6.447 kg CO₂ Äquivalente ausgestoßen, 9.152 m³ Wasser verbraucht und pro Jahr 204 m² Land beansprucht. Die Verknappung von Ressourcen beziffert sich auf 51,9 g Sb Äquivalente für abiotische Ressourcen und auf 2.119 MJ für fossile Energieträger. Die nach Einkommensklassen aufgeschlüsselten Ergebnisse sind in Tabelle 11 enthalten.

¹⁷ Für die Kategorie „Motorräder“ wurden keine Einzelanalysen berechnet. Allerdings gehen die erhobenen Daten mit in den Gesamt-Ressourcenverbrauch für das Bedarfsfeld Mobilität ein.

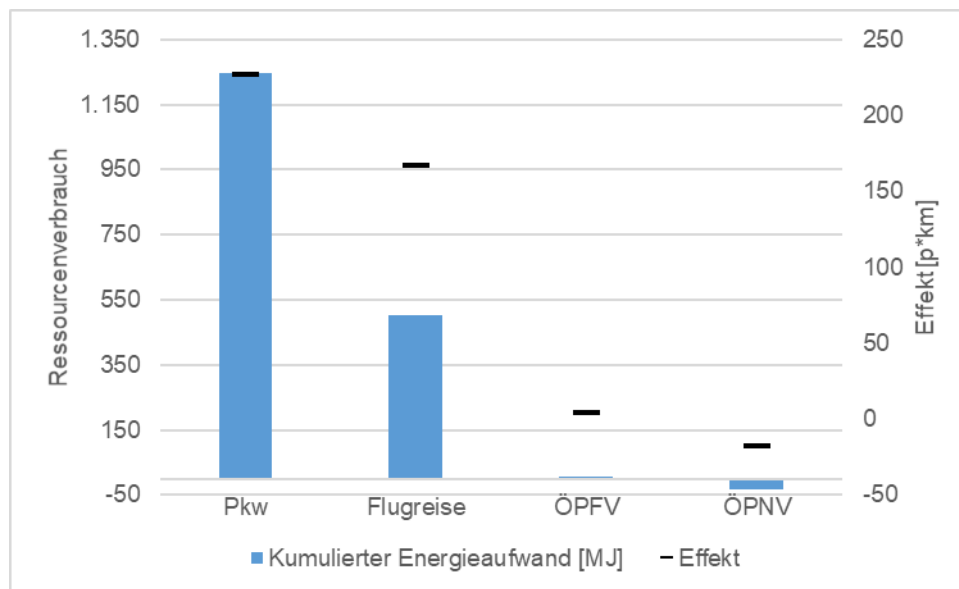
Abbildung 2 bis 7 veranschaulichen, dass für die auf Personenkilometern basierende Querschnittsauswertung im Konsumbereich Mobilität bei steigendem Einkommen die mit Abstand höchsten Veränderungen im Ressourcenverbrauch durch die Nutzung von Pkw induziert werden, gefolgt von Flugreisen. Der Unterschied in der Veränderung von Ressourcenverbrauch durch Konsumzuwachs von Pkw und Flugreisen ist insofern interessant, als dass die Differenz der Ressourcenverbrauchsveränderung deutlich höher ist als die Differenz der Effekte in Kilometer. Für Pkw sind also nicht nur die beobachteten Effekte höher, sondern auch der Ressourcenverbrauch pro zurückgelegtem Personenkilometer. Diesbezüglich ist zu beachten, dass gemäß Richter (2012¹⁸) angenommen wurde, dass ein Pkw durchschnittlich 1,5 Personen transportiert.

ÖPNV ist das einzige untersuchte Transportmittel, das mit steigendem Einkommen weniger konsumiert wird und folglich weniger Umweltauswirkungen verursacht.

Die durch die beobachteten Konsumveränderungen antizipierten Veränderungen im Ressourcenverbrauch für die einzelnen Transportmittel im Konsumbereich Mobilität, sind in den folgenden Grafiken dargestellt. Auf der linken Achse ist die Veränderung im Ressourcenverbrauch dargestellt und auf der rechten Achse der beobachtete Effekt. Für die Ressourcenverbrauchsindikatoren Ressourcenverknappung – abiotische Ressourcen, Landnutzung und Wasserverbrauch ist die Ressourcenverbrauchsveränderung für Flugreisen deutlich geringer als für Pkw. Bei ÖPNV treten Ressourceneinsparungen (negative Veränderungen im Ressourcenverbrauch) auf, da auch der beobachtete Effekt negativ ist.

Die Aussagen beziehen sich ausschließlich auf einkommensinduzierte Veränderungen im Ressourcenverbrauch. Die durch andere Faktoren induzierten Konsumveränderungen können dem Anhang entnommen werden.

Abbildung 2: Änderung im jährlichen Ressourcenverbrauch durch Mobilität gemessen in kumuliertem Energieaufwand bei einer Veränderung des monatlichen Einkommens von 100 EUR



¹⁸ Richter, Nadja. 2012. "Daten Zum Verkehr." <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4364.pdf>.

Abbildung 3 Änderung im jährlichen Ressourcenverbrauch durch Mobilität gemessen in Erderwärmungspotential bei einer Veränderung des monatlichen Einkommens von 100 EUR

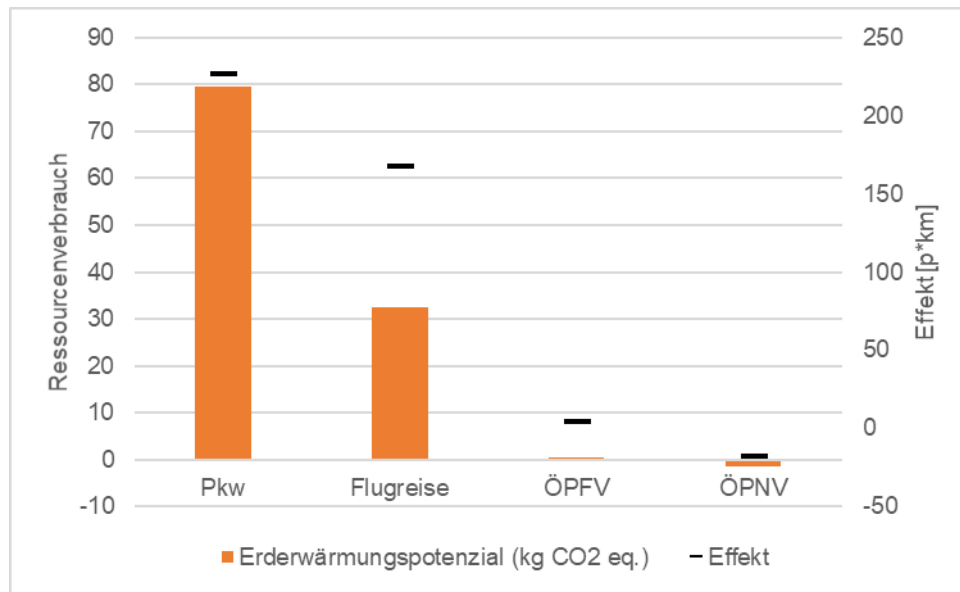


Abbildung 4 Änderung im jährlichen Ressourcenverbrauch durch Mobilität gemessen in Ressourcenverknappung abiotischer Ressourcen bei einer Veränderung des monatlichen Einkommens von 100 EUR

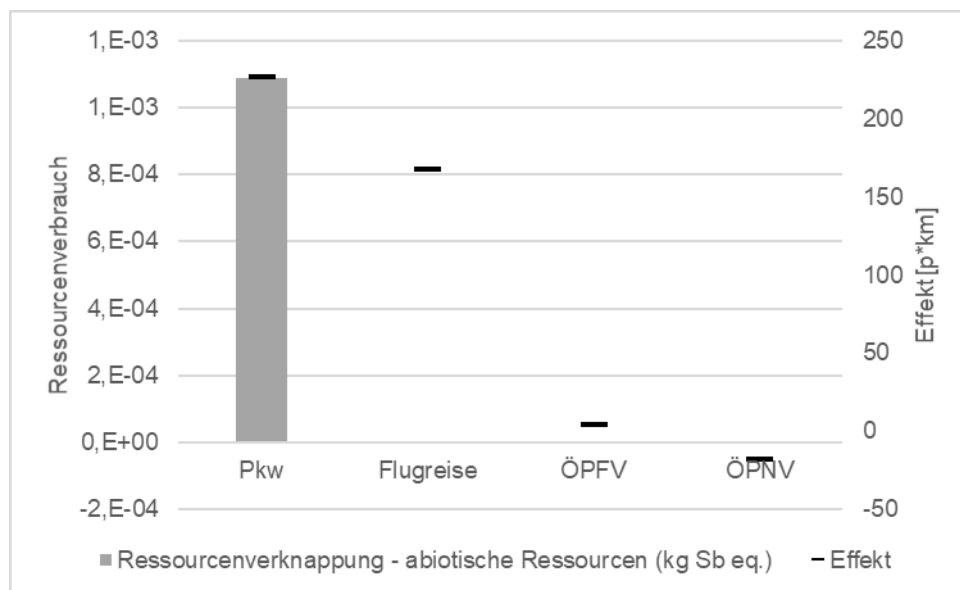


Abbildung 5 Änderung im jährlichen Ressourcenverbrauch durch Mobilität gemessen in Ressourcenverknappung der fossilen Energieträger bei einer Veränderung des monatlichen Einkommens von 100 EUR

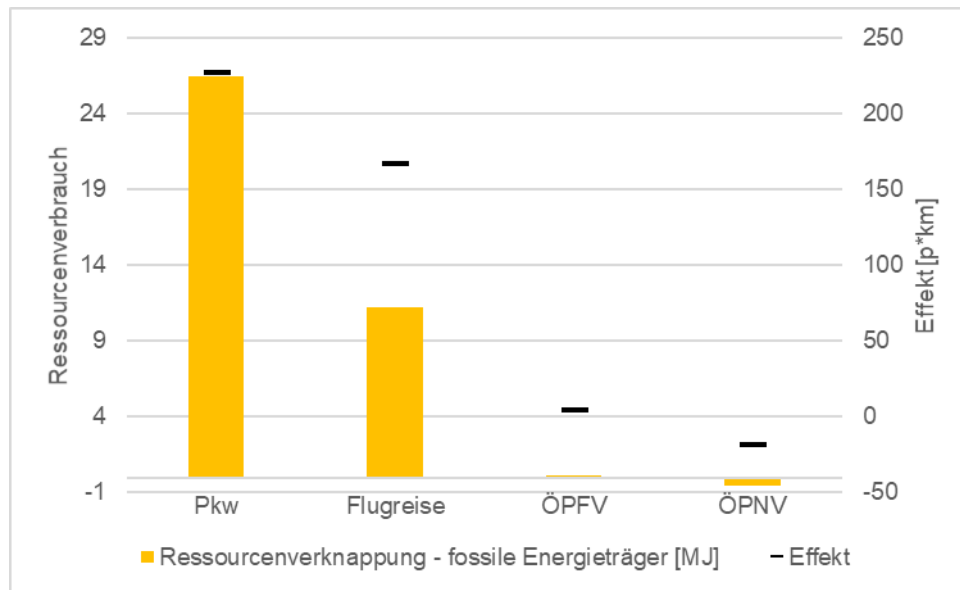


Abbildung 6 Änderung im jährlichen Ressourcenverbrauch durch Mobilität gemessen in Landnutzung bei einer Veränderung des monatlichen Einkommens von 100 EUR

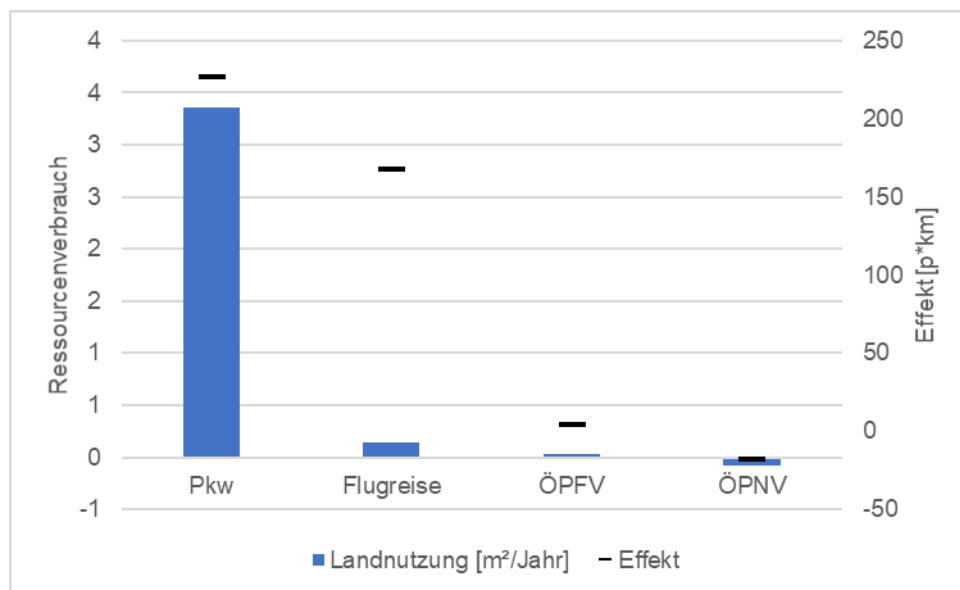
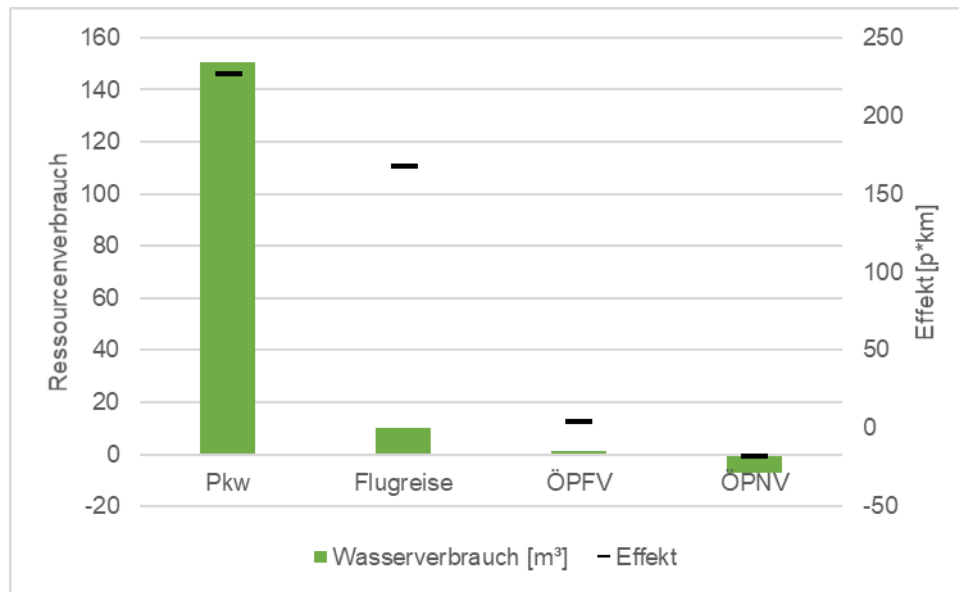


Abbildung 7 Änderung im jährlichen Ressourcenverbrauch durch Mobilität gemessen in Wasserverbrauch bei einer Veränderung des monatlichen Einkommens von 100 EUR



Die Ressourcenverbrauchsveränderungen der einzelnen Einkommensgruppen relativ zur Einkommensgruppe ≤ 1.000 EUR durch unterschiedlichen Konsum von Mobilität sind in Tabelle 11 dargestellt.

Die Ergebnisse zeigen eindeutig, dass im Konsumbereich Mobilität, mit wachsendem Haushaltseinkommen, relativ zu einem Haushaltseinkommen von ≤ 1.000 EUR, auch der Ressourcenverbrauch pro Haushalt steigt. Die Steigerung ist nicht linear und vereinzelt gibt es rückläufige Ressourcenverbräuche wie z.B. Wasserverbrauch von einem Haushaltseinkommen zwischen 1.501 EUR und 2.000 EUR zu einem Einkommen zwischen 2.001 EUR und 2.500 EUR. Darüber hinaus ist auffällig, dass die Steigerungen der Ressourcenverbrauchsveränderungen relativ zu einem Haushaltseinkommen von ≤ 1.000 EUR nicht für alle Ressourcenverbrauchsindikatoren gleich sind. Die Änderung ist für Landnutzung besonders hoch und liegt auch für Wasserverbrauch und dem Verbrauch abiotischer Ressourcen über dem Durchschnitt.

Tabelle 11: Ressourcenverbrauchsänderung im Konsumbereich Mobilität pro Ressourcenverbrauchsindikator und Einkommensgruppe relativ zu Haushalten mit einem Nettoeinkommen ≤ 1.000 EUR

Haushalts-einkommen	Kumulierter Energieaufwand [MJ]	Erderwärmungspotenzial [kg CO ₂ Äq.]	Ressourcenverknappung - abiotische Ressourcen [g Sb Äq.]	Ressourcenverknappung - fossile Energieträger [MJ]	Landnutzung [m ² /Jahr]	Wasserverbrauch [m ³]
bis 1.000 EUR	Referenz	Referenz	Referenz	Referenz	Referenz	Referenz
1.001 EUR bis 1.500 EUR	-	-	-	-	-	-
1.501 EUR bis 2.000 EUR	31.491***	2.012***	16,2***	677***	62***	2.636***
2.001 EUR bis 2.500 EUR	30.136***	1.896***	21,7***	629***	66***	2.598***
2.501 EUR bis 3.000 EUR	48.325***	3.045***	25,5***	1.022***	80***	3.313***
3.001 EUR bis 3.500 EUR	64.144***	3.873***	35,3***	1.368***	125***	5.141***
3.500 EUR bis 4.000 EUR	77.347***	4.891***	43,4***	1.657***	151***	6.200***
>4.000 EUR	95.958***	6.111***	51,2***	2.061***	176***	7.199***

Anmerkung: Die Referenz der Dummy-Variablen zum Haushaltseinkommen ist ein monatliches Einkommen ≤ 1.000 EUR.

4 Konsumbereich Ernährung

Im Folgenden werden die Analyseergebnisse für den Konsumbereich Ernährung präsentiert. Hierfür kann ausschließlich auf die GfK-Daten zurückgegriffen werden. Zunächst werden jeweils Analysen für übergeordnete Lebensmittelgruppen dargestellt (Konsum- und Ressourcenbetrachtung), um dann in einer detaillierten Analyse die Resultate für ausgewählte Lebensmittel zu betrachten. Anders als im Konsumbereich Mobilität, wo die Differenz der Anzahl der Reisen – also Mengeneinheiten – als abhängige Variable definiert wurden, wird bei der „Ernährung“ aufgrund von Datenbeschränkungen auf die Änderung von Konsumausgaben pro Jahr zurückgegriffen. Damit ist es insbesondere nicht möglich zwischen dem Konsum von Produkten unterschiedlicher Qualität zu unterscheiden (z.B. Kauf von Getränken).

4.1 Konsumanalyse Längsschnittbetrachtung

4.1.1 Getränke, Gemüse, Obst und Nüsse

Tabelle 12: Durchschnittliche Ausgaben pro Haushalt für Getränke, Gemüse, Obst und Nüsse im Jahr 2016

	Getränke	Gemüse	Obst	Nüsse
Ausgaben 2016 [EUR]	386,52	153,36	153,62	29,50

Anmerkung: Die Angaben beziehen sich auf die komplette Stichprobe inklusive Nicht-Käufer*innen.

4.1.2 Getränke, Gemüse, Obst und Nüsse

Tabelle 12 bezieht sich zunächst auf die durchschnittlichen Ausgaben für Getränke, Obst und Gemüse sowie Nüsse, die pro Haushalt im Jahr 2016 gekauft wurden. Diese betrugen rund 387 EUR (Getränke), 153 EUR (Gemüse), 154 EUR (Obst) und 30 EUR (Nüsse).

In Tabelle 13 sind die Ergebnisse der Regressionsanalyse, die die Differenz der jährlichen Ausgaben für Getränke, Gemüse, Obst und Nüsse 2016 respektive 2012 in einen Zusammenhang mit den unabhängigen Variablen setzt, dargestellt.

Es zeigt sich ein hochsignifikanter Effekt einer Veränderung des Einkommens auf die Differenz der jährlichen Ausgaben für Getränke. So äußert sich ein Sprung des Einkommens um 100 EUR in 4,53 EUR zusätzlichen Ausgaben. Darüber hinaus sind die Ausgaben für Getränke signifikant mehr gestiegen, wenn der Haushaltsführer männlich ist.

Auch auf die Änderung der Ausgaben für Gemüse hat eine Veränderung des Einkommens einen deutlich signifikanten Effekt. Die Ausgaben steigen bei einem Einkommenszuwachs von 100 EUR um 1,58 EUR pro Jahr. Ferner beeinflussen die Wohnortgröße und der Bildungsabschluss der Haushaltsführerin oder des Haushaltsführers die Ausgaben für Gemüse positiv. Bei den verschiedenen Lebensstilen zeigt sich nur unter den Realisten eine leichte Erhöhung der Änderung der Ausgaben für Gemüse im Vergleich zu den Bodenständigen. Die übrigen Lebensstile unterscheiden sich nicht in der Veränderung ihrer Ausgaben im Vergleich zur Referenz.

Die Ergebnisse für die Kategorie Obst deuten darauf hin, dass das Einkommen im Durchschnitt keinen Effekt auf die Änderung der Konsumausgaben dieser Kategorie hat. Allerdings ergibt sich ein hochsignifikanter positiver Einfluss des Alters der Haushaltsführerin oder des Haushaltsführers. Weiterhin sinkt die Änderung der Ausgaben für Obst, wenn der Haushalt von einer männlichen Person geführt wird.

Tabelle 13: Längsschnittanalyse Getränke, Gemüse, Obst und Nüsse

Einflussgröße	Getränke	Gemüse	Obst	Nüsse
Einkommen	1,81***	0,63***	-	-
Wohnortgröße	-	0,77**	-	0,26**
Alter	-	-	1,56***	-0,57***
Geschlecht	7,21*	-	-6,45**	-
Realschulabschluss	-	-	-	-
Abitur	-	6,63*	-	-
Hochschulabschluss	-	-	-	2,16**
Haushaltsgröße ¹⁹	37,51***	14,71***	14,79***	-
Abenteurer	-	-	-	-
Anspruchsvolle	-	-	-	-
Häusliche	-	-	-	-2,32*
Kritische	-	-	-	-
Realisten	-	6,74*	-	-
Träumer	-	-	-	-5,44***
Weltoffene	-	-	-	-

Anmerkung: Kodierung kontinuierlich für Einkommen (100 EUR), Wohnortgröße (1.000 Einwohner*innen), Alter (Jahre), Haushaltsgröße (Personen), Dummy-Kodierung: Referenz Geschlecht = männlich; Referenz Lebensstile = Bodenständige; Referenz Bildung = kein Abschluss bzw. Hauptschulabschluss; Bildung, Alter, Geschlecht und Lebensstile beziehen sich auf Haushaltsführer*in.

Die Ergebnisse für die Ausgaben von Nüssen sind ebenfalls in Tabelle 13 dargestellt. Hierbei ergibt sich kein signifikanter Einfluss des Einkommens. Allerdings steigt die Differenz der Ausgaben für Nüsse für Haushalte, die in einem größeren Ort wohnen. Eine weitere Einflussvariable ist das Alter. Umso älter die Haushaltsführerin oder der Haushaltsführer sind, umso geringer die Differenz der gekauften Nüsse. Darüber hinaus wirkt sich der Hochschulabschluss des Haushaltsführers oder der Haushaltsführerin positiv auf die Differenz der Ausgaben für Nüsse aus. Schließlich zeigen sich auch signifikante negative Effekte bei den Lebensstilen „Häuslich“ und „Träumer“.

4.1.3 Fleisch, Fleischersatz und Fisch

Tabelle 14: Durchschnittliche Ausgaben pro Haushalt für Fleisch, Fleischersatz und Fisch im Jahr 2016

	Fleisch (kon.)	Fleisch (bio)	Fleischersatz	Fisch
Ausgaben 2016 [EUR]	80,84	0,98	3,61	53,70

Anmerkung: Die Angaben beziehen sich auf die komplette Stichprobe inklusive Nicht-Käufer*innen.

¹⁹ Wie zu erwarten, steigen die Ausgaben für Getränke, Gemüse und Obst in Abhängigkeit der Haushaltsgröße an.

4.1.4 Fleisch, Fleischersatz und Fisch

Tabelle 14 gibt an, wieviel Fleisch, Fleischersatz und Fisch pro Haushalt im Durchschnitt gekauft wurde bzw. wie hoch die Ausgaben in diesen Lebensmittelkategorien waren. Diese betrugen rund 80 EUR für konventionell erzeugtes Fleisch, 1 EUR für Biofleisch, rund 4 EUR für Fleischersatz und 54 EUR für Fisch.

Der Fleischkonsum insgesamt wurde einzeln für Bio-Produkte und konventionelle Produkte analysiert (siehe Tabelle 15). Das Einkommen hat einen signifikant positiven Effekt auf den Kauf von Bio-Fleischprodukten (durchschnittliche Steigerung der Ausgaben um 0,05 EUR je 100 EUR zusätzlichem Einkommen). Des Weiteren zeigt sich ein hochsignifikanter positiver Effekt der Wohnortsgröße sowie des Bildungsabschlusses (Hochschule) der Haushaltsführerin oder des Haushaltsführers. Einen deutlich signifikanten negativen Effekt hat das Alter der Haushaltsführerin oder des Haushaltsführers. Das bedeutet, umso älter die Person, umso stärker nehmen die Ausgaben des Haushalts für Bio-Fleischprodukte im Durchschnitt ab. Gegenteilige Effekte zeigen sich für konventionelle Fleischprodukte. So sinkt die Differenz der Nachfrage nach konventionellem Fleisch mit steigendem Einkommen, wobei sich dieser Effekt abschwächt, umso höher das Einkommen steigt. Auch die Wohnortsgröße und der Bildungsgrad (Hochschulabschluss) der Haushaltsführerin oder des Haushaltsführers stehen in einem negativen Zusammenhang mit der Differenz im Kauf konventioneller Fleischprodukte. Das Alter hatte hierbei keinen Einfluss.

Auch auf die Ausgaben für Fleischersatzprodukte (Tabelle 15) hat das Einkommen einen hochsignifikanten Einfluss. Dieser ist positiv und lässt sich durch eine logarithmische Funktion beschreiben, d.h. mit zunehmendem Einkommen schwächt sich der Einfluss ab. Ferner spielt das Alter des Haushaltsführers bzw. der Haushaltsführerin eine bedeutende Rolle. So sinkt die Differenz der Nachfrage nach Fleischersatzprodukten mit steigendem Alter. Für den Einfluss der verschiedenen Lebensstile ergaben sich folgende signifikant positive Effekte: Anspruchsvolle, Kritische, Weltoffene. Signifikant negative Effekte ergaben sich hingegen für Abenteuerer und Häusliche,

Die Änderung der Nachfrage nach Fisch wird vor allem von dem zunehmenden Alter der Haushaltsführerin oder des Haushaltsführers positiv beeinflusst. Zudem deutet sich an, dass die Ausgaben anspruchsvoller Konsument*innen für Fisch stärker steigen als für Bodenständige, während sie für häusliche Konsument*innen mehr sinken als für Bodenständige. Die Ergebnisse sind in Tabelle 15 dargestellt.

Tabelle 15: Längsschnittanalyse Fleisch, Fleischersatz und Fisch

Einflussgröße	Fleisch (kon.)	Fleisch (bio)	Fleischersatz	Fisch
Einkommen	-0,22**	0,02*	0,08***	-
Wohnortgröße	-0,42**	0,05***	-	-
Alter	-	-0,07***	-	0,69**
Geschlecht	-	-	-	-
Realschulabschluss	-	-	-	-
Abitur	-	-	-	-
Hochschulabschluss	-2,73*	0,48***	-	-
Haushaltsgröße ²⁰	13,93***	-	-	5,40***
Abenteurer	-	-	-	-
Anspruchsvolle	-4,87***	-	-	3,82**
Häusliche	-	-0,32*	-	-4,19*
Kritische	-	-	-	-
Realisten	-	-	-	-
Träumer	-	-	-	-
Weltoffene	-4,13**	-	-	-

Anmerkung: Kodierung kontinuierlich für Einkommen (100 EUR), Wohnortgröße (1.000 Einwohner*innen), Alter (Jahre), Haushaltsgröße (Personen), Dummy-Kodierung: Referenz Geschlecht = männlich; Referenz Lebensstile = Bodenständige; Referenz Bildung = kein Abschluss bzw. Hauptschulabschluss; Bildung, Alter, Geschlecht und Lebensstile beziehen sich auf Haushaltsführer*in.

4.1.5 Bio versus Nicht-Bio Produkte

Neben den übergeordneten Kategorien wurde auch eine Auswahl einzelner Produkte analysiert. Wie schon bei den allgemeinen Betrachtungen zum Fleischkonsum liegt der besondere Fokus auf dem Vergleich von Konsummustern zwischen biologisch und konventionell erzeugten Lebensmitteln.

Tabelle 16: Durchschnittliche Anzahl und Ausgaben pro Haushalt für Röstkaffee im Jahr 2016

	Röstkaffee (kon.)	Röstkaffee (bio)
Ausgaben 2016 (EUR)	38,85	0,92

Anmerkung: Die Angaben beziehen sich auf die komplette Stichprobe inklusive Nicht-Käufer*innen.

Tabelle 16 gibt an, wieviel Röstkaffee im Jahr 2016 pro Haushalt im Durchschnitt gekauft wurde bzw. wie hoch die Ausgaben in dieser Lebensmittelkategorie waren. Diese betrugen rund 39 EUR für konventionellen Röstkaffee und 0,9 EUR für gerösteten Biokaffee.

²⁰ Mit zunehmender Größe des Haushaltes steigen auch die Ausgaben für konventionelle Fleischprodukte und Fisch. Für Bio-Fleischprodukte und Fisch zeigte sich dieser Effekt nicht.

Tabelle 17 bietet eine Übersicht über die Einflussvariablen auf die Ausgaben für Kaffee. Dabei wird zwischen konventionellem und Bio-Röstkaffee unterschieden. Bei konventionellem Röstkaffee steigt die Änderung der Nachfrage mit zunehmendem Alter des Haushaltsführers bzw. der Haushaltsführerin an. Außerdem nimmt die Differenz der Ausgaben weltoffener Personen, die sich durch Selbstverwirklichung, soziale Verantwortung und Hedonismus charakterisieren, für konventionellen Kaffee im Vergleich zu bodenständigen Konsument*innen signifikant zu. Auch mit zunehmender Haushaltsgröße steigt die Differenz der Ausgaben für konventionellen Kaffee.

Auf die Differenz der Ausgaben für Bio-Röstkaffee hat das Einkommen erwartungsgetreu einen positiven Einfluss. Dieser Einfluss steigt exponentiell an, d.h. mit zunehmendem Einkommen verstärkt sich der Zusammenhang zwischen Einkommen und Änderung der Ausgaben für Bio-Röstkaffee. Auch die erhöhte Änderung der Nachfrage nach Bio-Röstkaffee von anspruchsvollen und kritischen Konsument*innen entspricht den Erwartungen.

Tabelle 17: Längsschnittanalyse Röstkaffee

Einflussgröße	Röstkaffee (kon.)	Röstkaffee (bio)
Einkommen	-	0,03**
Wohnortgröße	-	-
Alter	0,85***	-
Geschlecht	-	-
Realschulabschluss	-	-
Abitur	-	-
Hochschulabschluss	-	-
Haushaltsgröße	4,37***	-
Abenteurer	-	-
Anspruchsvolle	-	-
Häusliche	-	-
Kritische	-	-
Realisten	-	-
Träumer	-	-
Weltoffene	-2,58***	-

Anmerkung: Kodierung kontinuierlich für Einkommen (100 EUR), Wohnortgröße (1.000 Einwohner*innen), Alter (Jahre), Haushaltsgröße (Personen), Dummy-Kodierung: Referenz Geschlecht = männlich; Referenz Lebensstile = Bodenständige; Referenz Bildung = kein Abschluss bzw. Hauptschulabschluss; Bildung, Alter, Geschlecht und Lebensstile beziehen sich auf Haushaltsführer*in.

Tabelle 18: Durchschnittliche Anzahl und Ausgaben pro Haushalt für Molkereiprodukte im Jahr 2016

	Sahne, Joghurt und Quark	Käse	Milch (bio)	Milch (kon.)
Ausgaben 2016 (in EUR)	149,68	156,46	4,50	35,38

Anmerkung: Die Angaben beziehen sich auf die komplette Stichprobe inklusive Nicht-Käufer*innen.

Tabelle 18 gibt die durchschnittlichen Ausgaben der Haushalte in 2016 für Molkereiprodukte an. Die Ausgaben beliefen sich für Sahne, Joghurt und Quark auf rund 150 EUR, für Käse auf 156 EUR, für Biomilch auf 5 EUR und 35 EUR für konventionelle Milch.

Tabelle 19 zeigt nun die Berechnungsergebnisse für ausgewählte Milchprodukte. Die erste Produktkategorie fasst die Ausgaben für Sahne, Joghurt und Quark zusammen. Das Einkommen hat hier einen schwach signifikanten Effekt auf die Änderung der Konsumausgaben. Mit einem Einkommenszuwachs von 100 EUR steigt die Differenz der jährlichen Konsumausgaben um 0,16 EUR. Da dieser Effekt exponentiell ist, ist er mit steigender Veränderung des Einkommens noch stärker zu beobachten.

Die Änderung der Nachfrage fällt hingegen mit dem Alter des Haushaltsführers bzw. der Haushaltsführerin. Darüber hinaus nehmen die Ausgaben häuslicher Personen, bei denen der Wunsch nach materieller Sicherheit und Status im Mittelpunkt steht, im Vergleich zu jenen Bodenständiger stärker ab.

Im Vergleich zur letzten Kategorie steigt die Nachfrage für Käse (0,46 EUR je 100 EUR mehr) stärker und dieses Mal hochsignifikant. Für die Größe des Haushalts (positiv und hochsignifikant) und das Alter (negativ und hochsignifikant) ergeben sich ähnliche Einflüsse. Des Weiteren steigt die Änderung der Nachfrage nach Käse, wenn der Haushaltsführer bzw. die Haushaltsführerin einen Hochschulabschluss hat sowie für anspruchsvolle Personen.

Spalte 4 und 5 zeigen die Ergebnisse für Konsumausgaben für Milch (biologisch erzeugt) und Milch (konventionell). Es gibt einen positiven logarithmischen Zusammenhang zwischen dem Einkommen und der Änderung des Konsums biologisch erzeugter Milch. Somit steigen die Ausgaben von Biomilch mit größerem Einkommen, allerdings schwächt sich dieser Effekt mit zunehmendem Einkommen ab. Mit Bezug auf beide Produkte ergibt sich allerdings kein systematischer Einfluss des Einkommens. Im Fall konventionell erzeugter Milch sinkt die Änderung der Nachfrage mit der Größe des Wohnorts. Auch sinkt die Änderung der Ausgaben für beide Milchprodukte, wenn das Alter steigt. Im Vergleich zur Referenz zeigt der Bildungsgrad der Haushaltsführerin bzw. des Haushaltsführers uneinheitliche Effekte. Während die Änderung der Nachfrage biologisch erzeugter Milch zunimmt, nimmt sie bei konventioneller Milch ab. Des Weiteren zeichnen sich anspruchsvolle und weltoffene Konsument*innen durch eine erhöhte Änderung der Nachfrage für biologisch erzeugte Milch aus.

Tabelle 19: Längsschnittanalyse Molkereiprodukte

Einflussgröße	Sahne, Joghurt und Quark	Käse	Milch (bio)	Milch (kon.)
Einkommen	0,16*	0,46***	0,03*	-
Wohnortgröße	-	-	-	-0,24***
Alter	-1,14***	-0,64***	-0,11*	-0,51***
Geschlecht	-	-	-	-
Realschulabschluss	-	-	-	-
Abitur	-	3,82**	-	-3,20***
Hochschulabschluss	-	2,71**	0,64*	-1,63**
Haushaltsgröße ²¹	17,51***	12,47***	-	-
Abenteurer	-	-	-	-
Anspruchsvolle	-	4,18***	1,95***	-
Häusliche	-3,48**	-	-	-
Kritische	-	-	-	-
Realisten	-	-	-	-
Träumer	-	-	-	-
Weltoffene	-	-	1,10*	-

Anmerkung: Kodierung kontinuierlich für Einkommen (100 EUR), Wohnortgröße (1.000 Einwohner*innen), Alter (Jahre), Haushaltsgröße (Personen), Dummy-Kodierung: Referenz Geschlecht = männlich; Referenz Lebensstile = Bodenständige; Referenz Bildung = kein Abschluss bzw. Hauptschulabschluss; Bildung, Alter, Geschlecht und Lebensstile beziehen sich auf Haushaltsführer*in.

Tabelle 20: Durchschnittliche Ausgaben pro Haushalt für Fleischprodukte im Jahr 2016

	Geflügel		Schwein		Rind		Lamm	
	Bio.	Kon.	Bio.	Kon.	Bio.	Kon.	Bio.	Kon.
Ausgaben 2016 (EUR)	0,09	13,56	0,06	53,49	0,82	11,85	-	1,94

Anmerkung: Die Angaben beziehen sich auf die komplette Stichprobe inklusive Nicht-Käufer*innen.

Tabelle 20 zeigt die durchschnittlichen Ausgaben pro Haushalt für Fleischprodukte im Jahr 2016. Für Geflügel gaben die Haushalte im Durchschnitt 0,09 EUR (bio) bzw. 13,56 EUR (kon.) aus, für Schwein 0,06 EUR (bio) bzw. 53,50 EUR (kon.), für Rind 0,82 EUR (bio) bzw. 11,85 EUR (kon.) und für Lamm 1,94 (kon.).

Tabelle 21 fasst die Regressionsergebnisse für die Ausgaben verschiedener Fleischprodukte zusammen. Die Daten erlauben es, bei Geflügel, Schwein und Rind zwischen biologisch und konventionell erzeugtem Fleisch zu differenzieren.

²¹ Die Haushaltsgröße hat einen hochsignifikant positiven Effekt auf die Ausgaben von Molkereiprodukten. Allerdings konnte dieser Effekt nicht bei den Ausgaben für Milch beobachtet werden.

Tabelle 21: Längsschnittanalyse – Fleischprodukte

Einflussgröße	Geflügel		Schwein		Rind		Lamm
	Bio.	Kon.	Bio.	Kon.	Bio.	Kon.	Kon.
Einkommen	0,01*	-0,07*	-	-0,05**	-	-	-
Wohnortgröße	0,015*	-	-	-0,059*	0,028**	-	-
Alter	-0,018*	-0,247***	-0,012*	0,128***	-0,037**	0,158***	0,101**
Geschlecht	-	-	-	-	-	-	-
Realschulabschluss	-	-	-	-	-	0,936***	-
Abitur	-	1,132*	-	-	-	-	-
Hochschulabschluss	0,216***	-	-	-	0,210*	-0,935**	0,425*
Haushaltsgröße	-0,109**	2,001***	-	2,235***	0,206**	2,191***	-
Abenteurer	-	-	-	-	-	-	-
Anspruchsvolle	-	-	-	0,968***	-	-0,907**	-
Häusliche	-	1,576**	-	-	-	-	-
Kritische	-	-	-	-	-	-	-
Realisten	-	-	-	-	-	-	-
Träumer	-	-	-	-	-0,340*	-	-
Weltoffene	-	-	-	-0,674**	-	1,363***	-

Anmerkung: Kodierung kontinuierlich für Einkommen (100 EUR), Wohnortgröße (1.000 Einwohner*innen), Alter (Jahre), Haushaltsgröße (Personen), Dummy-Kodierung: Referenz Geschlecht = männlich; Referenz Lebensstile = Bodenständige; Referenz Bildung = kein Abschluss bzw. Hauptschulabschluss; Bildung, Alter, Geschlecht und Lebensstile beziehen sich auf Haushaltsführer*in.

Bezüglich des Einkommens ergibt sich eine leichte Tendenz zu sinkender Änderung der Ausgaben für Fleisch. Dies betrifft jedoch nur konventionell erzeugtes Geflügel (-0,07 EUR je 100 EUR zusätzlichem Einkommen) und Schweinefleisch (-0,05 EUR). Bei konventionellem Schweinefleisch schwächt der Effekt mit zunehmendem Einkommen etwas ab, da er einer logarithmischen Funktion folgt. Mit Ausnahme von Geflügel und entgegen der ursprünglichen Erwartung ergeben sich keine signifikanten Einkommenseffekte bezüglich der Änderung der Konsumausgaben für biologisch erzeugtes Fleisch. Für Bio-Geflügel ist der Effekt exponentiell, das bedeutet, mit steigendem Einkommen verstärkt sich dieser Effekt.

Wie bereits bei anderen Produkten beobachtet, hat die Größe des Wohnorts einen positiven Einfluss auf die Änderung der Nachfrage nach Bio-Produkten (Geflügel und Rind) und einen negativen Effekt für konventionelle Lebensmittel (Schwein). Deutliche Steigerungen der Änderung des Fleischkonsums ergeben sich mit größeren Haushalten. Diese sind jedoch nur für konventionell erzeugtes Fleisch zu beobachten (Geflügel, Schwein, Rind). Die Änderung der Nachfrage nach Bio-Geflügel ist mit steigender Haushaltsgröße sogar negativ. Für das Alter ergeben sich durchgehend negative Effekte auf die Änderung des Fleischkonsums.

Ausnahmen bilden die Ausgaben für konventionelles Rind- und Lammfleisch, deren Änderungen mit dem Alter ansteigen. Das Geschlecht des Haushaltsführers bzw. der Haushaltsführerin hat hingegen keinen Einfluss auf die Veränderung des Fleischkonsums. Bezüglich des Bildungsgrades zeigt sich eine leichte Tendenz zur Zunahme des Konsums von Bio-Fleisch für Haushaltsführer*innen mit einem Hochschulabschluss. Zudem legen die Regressionsergebnisse nahe, dass die Änderung des Fleischkonsums nur geringfügig von verschiedenen Lebensstilen geprägt ist. Im Vergleich zu Bodenständigen zeichnen sich allenfalls Anspruchsvolle und Weltoffene durch eine Verringerung der Ausgaben für Fleisch aus.

Zusammenfassend zeigt sich, dass eine positive Veränderung des Einkommens insbesondere bei übergeordneten Kategorien wie den Gesamtausgaben für Fleisch zu Erhöhung des Konsums von Bio-Produkten führt. Die Veränderung der Ausgaben für konventionell erzeugte Lebensmittel sinkt hingegen mit dem Einkommen. Zumindest für Fleisch insgesamt ist der negative Einkommenseffekt größer als der positive, sodass sich mit zunehmendem Einkommen insgesamt eine geringere Veränderung der Ausgaben für Fleisch ergibt. Zudem deutet sich an, dass sich mit steigendem Einkommen der Konsum von Fleisch hin zu Molkerei- und Fleischersatzprodukten verlagert.

Allgemein ist festzuhalten, dass die Veränderungen der Ausgaben für die hier analysierten Lebensmittel äußerst gering auf Einkommenszuwächse reagieren. Der größte Effekt ist noch für Käse festzustellen, für den bei einem um 100 EUR erhöhten Einkommen die Änderung der jährlichen Ausgaben im Durchschnitt um 0,46 EUR steigt.

Die Veränderungen der Lebensmittelausgaben scheinen vielmehr von anderen Einflussgrößen geprägt zu sein. So werden die Änderungen der Ausgaben für Bio-Produkte durch das Alter und den Wohnort des Haushalts beeinflusst. Für eine Reihe von Produkten (z.B. Fleisch allgemein, Geflügel, Rind, Äpfel) steigen die Änderungen der Ausgaben mit der Größe des Wohnorts. Die analysierten Lebensstile spielen bei den Differenzen der Ausgaben für Nahrungsmittel eine untergeordnete, uneinheitliche Rolle.

4.2 Ressourcenanalyse Längsschnittbetrachtung

Die Umweltwirkungen durch die Konsumkategorien ‚Getränke‘, ‚Fleischprodukte‘ und ‚Gemüse, Früchte, Nüsse‘ wurden mit der Datenbank Exiobase über die Prozesse²² ‚Beverages‘, ‚Meat products‘ und ‚Vegetables, fruits, nuts‘ für die Region Deutschland berechnet und in Tabelle 22 dargestellt. Bei der Betrachtung der Ergebnisse ist zu beachten, dass es sich um berechnete Veränderungen im Ressourcenverbrauch auf Grundlage der beobachteten Effekte handelt.

Die in Tabelle 22 dargestellten Ressourcenverbräuche sind mit Vorsicht zu interpretieren: Die empirischen Daten, auf denen die Berechnung beruht, schlüsseln nicht die Qualität der konsumierten Getränke oder Gemüse auf. So bleibt beispielsweise unklar welcher Anteil des Anstiegs an Ausgaben für Getränke in hochwertige Bio-Weine oder aber in billigere Produkte geflossen ist. Somit können die Umweltauswirkungen unterschiedlicher Produktionsweisen nicht differenziert werden. Vielmehr wird implizit eine Mischung angenommen, wie sie den Prozessen aus Exiobase zugrunde liegt, auf denen die Berechnungen basieren. Die Berechnung der Veränderung des Ressourcenverbrauchs durch unterschiedlichen Konsum von Fleisch basiert auf der ermittelten Veränderung der Ausgaben für konventionell erzeugtes Fleisch, vgl. Tabelle 15. Bei der Berechnung der Umweltauswirkungen wird dieses Fleisch durch solches ersetzt, das gemäß Exiobase dem Durchschnitt entspricht.

²² Die einzelnen Prozesse wurden mit einem Abschneidekriterium von 1E-5 berechnet. Dieses legt fest, welche Prozesse in der Wertschöpfungskette der Produkte ‚Beverages‘, ‚Meat products‘ und ‚Vegetables, fruits, nuts‘ für die Region Deutschland bei der Berechnung der Umweltauswirkungen berücksichtigt werden. Es werden nur jene Prozesse berücksichtigt, deren Output mindestens 1E-5 EUR zum jeweils betrachteten der drei Produkte beiträgt. S.a. Fußnote 6.

Die mit Abstand höchsten Veränderungen des Ressourcenverbrauchs sind durchweg für die Konsumkategorie Getränke zu beobachten was zu einem großen Anteil auf die hohe Konsumveränderung zurückzuführen ist. Schließlich ist monetär bemessen die Konsumveränderung bei Getränken ca. neunmal so hoch, wie die Konsumveränderung bei Fleischprodukten. Pro ausgegebenen Euro bemessen, wären jedoch z.B. Wasserverbrauch und Landnutzung bei Fleischprodukten am höchsten.

Tabelle 22: Veränderte Ressourcenverbräuche (übergeordnete Kategorien)

Steigerung der jährlichen Ausgaben eines Haushalts pro 100 EUR netto mehr Einkommen im Monat		1,81 EUR	-0,20 EUR	0,63 EUR
Ressourcenverbrauchsindikator²³	Einheit	Getränke	Fleischprodukte	Gemüse, Früchte, Nüsse
Kumulierter Energieaufwand	MJ	21,8299	-1,3623	5,13713
Erderwärmungspotenzial	kg CO ₂ Äq.	0,86408	-0,0639	0,18036
Ressourcenverknappung (abiotische Ressourcen)	kg Sb Äq.	0,03282	-0,0020	0,0040
Ressourcenverknappung (fossile Energieträger)	MJ	42,8026	-1,9383	13,6861
Landnutzung	m ²	4,51381	-0,6075	0,5932
Wasserverbrauch	m ³	0,11649	-0,0176	0,0146

Getränke haben in der Exiobase ungeachtet vom beobachteten Effekt eine höhere Umweltwirkung pro konsumiertem Euro als Gemüse, Früchte und Nüsse. Das hängt damit zusammen, dass viele Getränke (Wasser ausgenommen) in der Wertschöpfungskette auf Gemüse, Früchte und Nüssen folgen. Das heißt, Letztere sind Vorprodukte zur Herstellung von Getränken und die Weiterverarbeitung ist mit zusätzlichem Ressourceneinsatz verbunden. Dementsprechend tragen zum Prozess Getränke in Exiobase, der die Produktion eines durchschnittlichen Getränks darstellt, Getreidekörner, Getreide, Produkte aus pflanzlichen Ölen und Fetten, Lebensmittelprodukte, Nutzpflanzen und Ölsaaten, gefolgt von Gemüse, Obst und Nüssen, bei.

²³ Kumulierter Energieaufwand: EXIOBASE - Other impacts; Erderwärmungspotenzial: CML baseline 4.4; Ressourcenverknappung (abiotische Ressourcen): Eigene Zusammenstellung; Ressourcenverknappung (fossile Energieträger): Eigene Zusammenstellung; Landnutzung: EXIOBASE - Other impacts; Wasserverbrauch: EXIOBASE - Other impacts;

5 Konsumbereich Bekleidung

Dieses Kapitel zeigt die Berechnungen für den Konsumbereich Bekleidung auf Basis der Ad-hoc-Daten, wobei die Anzahl der durch einen Haushalt in den letzten zwölf Monaten gekauften Kleidungsstücke betrachtet wird.

5.1 Konsumanalyse Querschnittbetrachtung

Die Ergebnisse für den Konsumbereich „Bekleidung“ sind in Tabelle 23 dargestellt. Der Konsumbereich wurde in zwei Kategorien „Kleidung“ und „Schuhe“ eingeteilt. „Kleidung“ umfasst dabei die im letzten Jahr durch den Haushalt gekauften Jeans, Hosen, T-Shirts, Hemden, Blusen, Pullover, Kleider, Röcke, Leder-Jacken, Leder-Mäntel sowie Jacken und Mäntel, die nicht aus Leder sind. In der Kategorie „Schuhe“ wurden Lederschuhe, Sneaker und Sportschuhe sowie Sandalen und Hausschuhe zusammengefasst. Durchschnittlich kaufen die Haushalte 18 Kleidungsstücke und 6 Paar Schuhe im Jahr.

Das Einkommen hat einen hochsignifikanten Zusammenhang mit beiden Kategorien im Konsumbereich Bekleidung. So kaufen Haushalte je 100 EUR zusätzlichem Einkommen durchschnittlich 0,11 Kleidungsstücke und 0,03 Paar Schuhe mehr. Zudem kaufen Haushalte, die in einer Kleinstadt leben, signifikant mehr Kleidungsstücke und Schuhe als Haushalte, die auf dem Land wohnen. Auch für Haushalte in Mittelstädten gilt dieser Zusammenhang bezüglich Kleidungsstücken. Weitere Effekte zeigen sich im Zusammenhang zwischen dem Kauf von Kleidung und dem Alter. Umso höher das Alter der Haushaltsführer*innen ist, umso weniger Bekleidung wird im Vergleich zu der Altersgruppe der unter 30-Jährigen gekauft. Dieser Effekt zeigt sich in beiden Kategorien in allen untersuchten Altersgruppen mit Ausnahme der 30 bis 45-Jährigen in der Kategorie Schuhe. Zudem kaufen Haushalte mit weiblichen Haushaltsführerinnen und Haushalte mit Kindern signifikant mehr Kleidungsstücke und Schuhe.

Tabelle 23: Ergebnisse der Regressionsanalyse im Konsumbereich Bekleidung

Variable	Kleidungsstücke	Schuhe (Anzahl)
Einkommen	0,11***	0,03***
Kleinstadt (5.000-20.000 Einwohner*innen)	3,57***	0,85**
Mittelstadt (20.000 – 100.000 Einwohner*innen)	2,04*	-
Großstadt 100 (100.000-500.000 Einwohner*innen)	-	-
Großstadt über 500 (< 500.000 Einwohner*innen)	-	-
Realschulabschluss	-	-
Abitur	-	-
Hochschulabschluss	-	-
Kinder < 15 Jahre (ja/nein)	6,32***	3,13***
Alter 30 - 45 Jahre	-1,91*	
Alter 45 - 60 Jahre	-6,95***	-1,36***
Alter > 60 Jahre	-8,86***	-2,23***
Senior*innen > 65 Jahre (ja/nein)	-2,63*	-1,10**
Zwei Erwachsene pro Haushalt	2,89***	1,66***
Drei oder mehr Erwachsene pro Haushalt	7,80***	2,94***
Geschlecht	2,67***	0,84***

Anmerkung: Kleidung umfasst dabei Jeans, Hosen, T-Shirts, Hemden, Blusen, Pullover, Kleider, Röcke, Leder-Jacken, Leder-Mäntel sowie Jacken und Mäntel, die nicht aus Leder sind; Schuhe beinhalten Lederschuhe, Sneaker, Sport-schuhe sowie Sandalen und Hausschuhe; Einkommen je 100 EUR; Alter, Bildung und Geschlecht beziehen sich jeweils auf den/die Haushaltsführer*in; Dummy-Variablen: Wohnort Basis < 5.000 Einwohner*innen; Alter Basis < 30 Jahre; Bildung Basis keinen Abschluss/Hauptschulabschluss; Geschlecht Basis männlich; Haushalt Basis: Haushalt mit einem Erwachsenen.

5.2 Ressourcenanalyse Querschnittbetrachtung

Über alle Haushalte hinweg kommt es pro Haushalt im Konsumbereich Bekleidung für den Ressourcenverbrauchsindikator Kumulierter Energieaufwand zu einem Verbrauch von 2.441 MJ Energie. Gleichzeitig werden 151 kg CO₂ Äquivalente ausgestoßen, 1126,49 m³ Wasser verbraucht und pro Jahr 80 m² Land beansprucht. Die Verknappung von Ressourcen beziffert sich auf 6,6 E-4 mg Sb Äquivalente für abiotische Ressourcen und auf 48 MJ für fossile Energieträger. Diese Werte sind im Vergleich zu den anderen Konsumbereichen deutlich niedriger.

Bei der aggregierten Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Ressourcenverbrauch und Einkommen fällt auf, dass die Ergebnisse äußerst heterogen sind und viele Beobachtungen nicht signifikant. Es ergibt sich kein klares Muster zu den Veränderungen im Ressourcenverbrauch.

Als Beispiel kann der Kumulierte Energieaufwand betrachtet werden. Der Ressourcenverbrauch steigt mit der Höhe des Einkommens kontinuierlich an. Einzige Ausnahme ist die fünfte Einkommensgruppe (3.001 EUR bis 3.500 EUR), für die ein kleiner Einbruch im kumulierten Energieaufwand zu verzeichnen ist. Weiterhin ist das Ergebnis für die dritte Einkommensgruppe (2.001 EUR bis 2.500 EUR) nicht signifikant. Etwas durchwachsender ist das Bild, wenn man den Ausstoß von Treibhausgasen betrachtet. Auch hier ist der Unterschied zwischen der Gruppe mit dem geringsten und jener mit dem höchsten Einkommen am größten. Weiterhin gibt es auch hier keine signifikanten Effekte für die dritte Einkommensgruppe (2.01 EUR bis 2.500 EUR). Anders als für den kumulierten Energieaufwand, steigt der Wert

für das Erderwärmungspotential nicht kontinuierlich, sondern schwankt bei den mittleren Einkommensgruppen. Dasselbe gilt auch für die, Ressourcenverknappung, Landnutzung und Wasserverbrauch. Folglich suggeriert die Gesamtbetrachtung keinen linearen Zusammenhang.

Die Aussagen beziehen sich ausschließlich auf einkommensinduzierte Veränderungen im Ressourcenverbrauch. Die durch andere Faktoren hervorgerufenen Konsumveränderungen können dem Anhang entnommen werden.

Tabelle 24: Änderung des Ressourcenverbrauchs im Konsumbereich Bekleidung pro Ressourcenverbrauchsindikator und Einkommensgruppe relativ zu Haushalten mit einem Nettoeinkommen von unter 1.000 EUR (- = nicht signifikant)

Haushalts-einkommen	Kumulierter Energieaufwand [MJ]	Erderwärmungspotenzial (kg CO ₂ Äq.)	Ressourcenverknappung - abiotische Ressourcen (mg Sb Äq.)	Ressourcenverknappung - fossile Energieträger [MJ]	Landnutzung [m ² /Jahr]	Wasserverbrauch [m ³]
Bis 1.000 EUR	Referenz	Referenz	Referenz	Referenz	Referenz	Referenz
1.001 EUR bis 1.500 EUR	425.4**	26.74**	0.000115**	8.567**	15.07**	201.0**
1.501 EUR bis 2.000 EUR	620.6***	42.05***	0.000192***	12.99***	20.49***	317.1***
2.001 EUR bis 2.500 EUR	-	-	-	-	-	-
2.501 EUR bis 3.000 EUR	713.8***	33.09**	0.000170**	10.57**	17.38**	245.8**
3.001 EUR bis 3.500 EUR	627.6**	43.29***	0.000164**	13.64***	22.52**	320.6***
3.501 EUR bis 4.000 EUR	747.2***	40.12**	0.000217***	12.91**	24.53***	302.6**
> 4.000 EUR	792.1***	47.94***	0.000246***	16.14***	24.53***	357.7***

6 Konsumbereich Wohnen, Haushaltsgeräte, IKT

Im folgenden Kapitel werden die Analyseergebnisse für den Konsumbereich Wohnen, Haushaltsgeräte und IKT vorgestellt. Hierbei wird auf die Ad-hoc-Daten und ergänzend auf die Pro-Kopf-Daten zurückgegriffen. Die abhängige Variable bezieht sich in der Regel auf Mengeneinheiten. Ausnahmen bilden die Ausgaben für Strom und Heizen.

6.1 Konsumanalyse Querschnittbetrachtung

6.1.1 Ad-hoc-Daten

6.1.1.1 Deskriptive Analyse Haushaltsgeräte

Tabelle 25 zeigt die Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Haushaltsgeräte. Fast alle Haushalte (ca. 96 Prozent) besitzen eine Waschmaschine, während nur ca. die Hälfte der Haushalte auch einen Trockner besitzt. Eine Spülmaschine gibt es in ca. 75 Prozent der Haushalte. Darüber hinaus sind die meisten Haushalte (85,4 Prozent) mit ein oder zwei Kühlgeräten ausgestattet, während einige Haushalte sogar über drei bis sieben Kühlgeräte verfügen.

Tabelle 25: Häufigkeitsverteilung der Haushalts- und Kühlgeräte

Haushaltsgerät	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit (in %)
Spülmaschine	716	75,2
Waschmaschine	913	95,9
Trockner	461	48,4
Anzahl der Kühlgeräte		
Null	4	0,4
Eins	464	48,7
Zwei	349	36,7
Drei	92	9,7
Vier	28	2,9
Fünf	10	1,1
Sechs	4	0,4
Sieben	1	0,1

6.1.1.2 Deskriptive Analyse Heizanlage

In Tabelle 26 sind die Häufigkeitsverteilungen der verschiedenen Typen von Heizungsanlagen dargestellt. Die meisten Haushalte (46,2 Prozent) sind mit einer Gas-Heizung ausgestattet, während jeweils ca. 20 Prozent der Haushalte eine Öl-Heizung besitzen oder ein Fernwärmesystem nutzen. Die Wärmeversorgung über Kohle, Solar, Wärmepumpen oder Öfen ist weniger gebräuchlich.

Tabelle 26: Häufigkeitsverteilung Heizungsanlage

Typ Heizungsanlage	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit (in %)
Öl	195	20,5
Gas	440	46,2
Fernwärme	183	19,2
Kohle	11	1,2
Solarthermie	18	1,9
Wärmepumpe	27	2,8
Nachtspeicheröfen	19	2,0
Pellets	23	2,4
Kaminofen	49	5,2
Andere	25	2,6
Keine Angabe	53	5,6

6.1.1.3 Ergebnisse Regressionsanalysen

In Tabelle 27 werden die Ergebnisse der Regressionsanalysen für Strom- und Heizkosten sowie die Wohnfläche dargestellt. Diese beruhen auf den im Folgenden zusammengefassten Daten.

Die jährliche Rechnung der Stromkosten der untersuchten Haushalte beläuft sich auf 763,85 EUR.²⁴ Für die Stromaushgaben zeigt sich ein hochsignifikanter Zusammenhang mit dem Einkommen. So geben Haushalte pro 100 EUR mehr monatlichem Einkommen 3,76 EUR mehr im Jahr für die Stromversorgung aus. Mit zunehmender Wohnortgröße hingegen sinken die jährlichen Ausgaben für Strom erheblich im Vergleich zu ländlichen Gebieten. Auch Haushalte, in denen die Haushaltsführer*innen einen Hochschulabschluss haben, geben signifikant weniger Geld für die Stromversorgung aus als Haushalte, in denen die Haushaltsführer*innen keinen Abschluss oder einen Hauptschulabschluss haben. Haushalte mit Kindern und Haushalte mit Haushaltsführer*innen über 45 bzw. über 60 Jahre haben hingegen wieder höhere Stromaushgaben im Vergleich zur jeweiligen Referenzgruppe.

Die jährlichen Heizkosten der befragten Haushalte betragen 774,78 EUR. Ähnlich zu den Stromkosten steigt diese Summe mit zusätzlichem Einkommen signifikant um ca. 5 EUR pro Jahr. Haushalte in kleinen und großen Mittelstädten sowie in Großstädten geben außerdem deutlich weniger für die Wärmeversorgung aus als Haushalte, die in ländlichen Gebieten wohnen. Zudem heizen Haushalte mit Kindern und Senior*innen sowie Haushalte mit Haushaltsführer*innen ab 45 Jahren deutlich mehr als Haushalte ohne Kinder und Senior*innen und Haushalte mit Haushaltsführer*innen unter 30 Jahren.

Durchschnittlich hat ein Haushalt ca. 94 m² für den Hauptwohnsitz zur Verfügung. Die durchschnittliche Gesamtwohnfläche, also inklusive Zweitwohnungen und Ferienwohnungen, beträgt 98 m². Dieser Wert unterscheidet sich nicht groß von der Fläche des Hauptwohnsitzes, da nur 46 Haushalte eine Zweit- oder Ferienwohnung und nur 33 Haushalte ein Zweit- oder Ferienhaus besitzen. Es ergeben sich deutliche Einkommenseffekte für die Wohnfläche. So haben Haushalte mit 100 EUR mehr monatlichem Einkommen ca. 0,93 m² mehr Wohnfläche für ihren Hauptwohnsitz und 0,95m² mehr inklusive weiterer Immobilien. Des Weiteren wohnen Haushalte mit steigender Wohnortgröße auf signifikant weniger Fläche im Vergleich zu Haushalten auf dem Land. Dieser Zusammenhang ist bei der Fläche des Hauptwohnsitzes sowie der Wohnfläche insgesamt – also inklusive Zweit- und Ferienwohnungen – zu beobachten. Haushaltsführer*innen mit höherem Bildungsabschluss haben durchschnittlich mehr

²⁴ 27 Prozent der befragten Haushalte beziehen 100 Prozent Ökostrom.

Wohnfläche als Haushaltsführer*innen ohne Abschluss oder mit Hauptschulabschluss zur Verfügung, wobei der Zusammenhang für den Hauptwohnsitz wieder etwas abschwächt. Erwartungsgemäß wohnen Haushalte mit Kindern auf einer größeren Fläche als Haushalte ohne Kinder. Ferner zeigt sich ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen der Wohnfläche und steigendem Alter für den Hauptwohnsitz. Für weitere Immobilien ist dieser Zusammenhang nur in der Altersgruppe über 60 Jahren im Vergleich zu den unter 30-Jährigen zu beobachten.

Tabelle 27: Ergebnisse der Regressionsanalyse im Konsumbereich Wohnen – Wohnfläche, Strom, Heizen

Variable	Wohnfläche (Hauptwohnsitz; in m²)	Wohnfläche (weitere Immobilien; in m²)	Stromausgaben (jährlich in EUR)	Heizkosten (jährlich in EUR)
Einkommen	0,93***	0,95***	3,76***	5,11***
Kleinstadt (5.000-20.000 Einwohner*innen)	-14,62***	-15,80***	-60,85*	
Mittelstadt (20.000 – 100.000 Einwohner*innen)	-15,33***	-17,07***	-83,31**	-125,7***
Großstadt 100 (100.000-500.000 Einwohner*innen)	-27,39***	-33,95***	-77,10**	-128,9***
Großstadt über 500 (< 500.000 Einwohner*innen)	-33,37***	-36,06***	-111,6***	-212,7***
Realschulabschluss	6,12*	8,01*	-	-
Abitur	9,29**	9,57*	-	-
Hochschulabschluss	8,23**	11,38**	-92,87**	-
Kinder < 15 Jahre (ja/nein)	17,82***	14,22***	137,0***	159,0***
Alter 30 - 45 Jahre	8,30**	-	-	-
Alter 45 - 60 Jahre	11,94***	-	71,50**	87,37**
Alter > 60 Jahre	16,03***	11,62**	131,5***	195,5***
Senior*innen > 65 Jahre (ja/nein)	11,06**	-	-	112,4**
Zwei Erwachsene pro Haushalt	18,15***	17,95***	200,5***	90,84***
Drei oder mehr Erwachsene pro Haushalt	38,30***	44,42***	307,4***	134,4***
Geschlecht	-	-	-	-

Anmerkung: weitere Immobilien = Zweitwohnung, Ferienhaus etc.; Einkommen in 100 Euro-Schritten; Alter, Bildung und Geschlecht beziehen sich jeweils auf den/die Haushaltsführer*in; Dummy-Variablen: Einkommen je 100 EUR; Wohnort Basis < 5.000 Einwohner*innen; Alter Basis < 30 Jahre; Bildung Basis keinen Abschluss/Hauptschulabschluss; Geschlecht Basis männlich; Haushalt Basis: Haushalt mit einem Erwachsenen

6.1.2 Pro-Kopf-Daten

6.1.2.1 Konsumbereich Haushaltsgeräte

Im Folgenden wird der Zusammenhang zwischen dem Kauf von Haushaltsgeräten („weiße Ware“) und dem Netto-Haushaltseinkommen auf Basis der Pro-Kopf-Daten dargestellt. Genauer wurde der Besitz

von Waschmaschinen, Trocknern, Spülmaschinen und Kühlgeräten untersucht. Darüber hinaus erlauben die Daten, nach verschiedenen Energieeffizienzklassen zu differenzieren. Dies sind im Einzelnen:

- ▶ Geräte der Effizienzklasse A+ bis A+++
- ▶ Geräte der Effizienzklasse A
- ▶ Geräte einer Effizienzklasse schlechter als A
- ▶ Alte Geräte ohne Effizienzklasse

Tabelle 28 stellt zunächst die Ergebnisse der Regressionsanalysen bezüglich des Besitzes von Waschmaschinen zusammen.

Tabelle 28: Querschnittanalyse Waschmaschinen

Einflussgröße	Eigene Waschmaschine	Gerät Effizienzklasse A+ bis A+++	Gerät Effizienzklasse A	Gerät Effizienzklasse schlechter als A	Altes Gerät ohne Effizienzklasse
Einkommen	0,005***	0,008***	-0,006***	-	-0,002**
Wohnortgröße	-	-0,025***	-	-	-
Haushaltsgröße	0,026***	-	-	-	-
Alter	-	-0,003***	-	-	0,002***
Geschlecht	-0,033**	-0,103***	-	0,032**	-
Realschulabschluss	-	-	-	-	-
Abitur	-0,094***	-	-	-	-
Hochschulabschluss	-	-	-	-	-

Anmerkung: Dummy-Kodierung: Referenzgröße Geschlecht = männlich; Referenzgröße Bildung = kein Abschluss bzw. Hauptschulabschluss.

Aus Spalte 1 ist ersichtlich, dass die Wahrscheinlichkeit, im Besitz einer Waschmaschine zu sein, mit dem monatlichen Netto-Haushaltseinkommen steigt. Der Effekt ist zwar hochsignifikant, aber mit 0,5 Prozent pro 100 EUR nicht sehr ausgeprägt. Die Wahrscheinlichkeit des Besitzes einer Waschmaschine steigt auch mit der Haushaltsgröße. Sie sinkt hingegen für Haushaltsführerinnen relativ zu Haushaltsführern sowie für Haushaltsführer*innen mit Abitur gegenüber solchen ohne Abschluss oder lediglich mit Hauptschulabschluss. Auch mit Bezug auf die Energieeffizienzklasse der Waschmaschine deutet sich ein signifikanter Einfluss des Haushaltseinkommens an. Die Wahrscheinlichkeit, eine Waschmaschine mit Effizienzklasse A+ bis A+++ zu besitzen, steigt mit dem Einkommen (100 EUR) um 0,8 Prozent. Effekte in entgegengesetzter Richtung sind für andere Effizienzklassen zu erkennen.

Als nächstes stellt Tabelle 29 den Zusammenhang zwischen den unabhängigen Variablen und der Energieeffizienzklasse des Trockners dar. Die Daten erlauben es nicht, eine Analyse für den Besitz eines Trockners (ja/nein) durchzuführen. Ähnlich wie bei den Waschmaschinen deutet sich auch hier ein leichter Zusammenhang zwischen Haushaltseinkommen und der Energieeffizienzklasse des Gerätes an. Pro 100 EUR monatlichem Einkommen sinkt die Wahrscheinlichkeit, einen alten Trockner ohne Effizienzklasse zu besitzen um 0,4 Prozent. Positive Einflüsse auf den Besitz eines Trockners ohne Effizienzklasse zeigen sich für das Alter (0,3 Prozent pro Lebensjahr) und den Bildungsgrad (ca. 12 Prozent, Hochschulabschluss; ca. 14 Prozent, Abitur).

Tabelle 29: Querschnittanalyse Trockner

Einflussgröße	Gerät Effizienz- klasse A+ bis A+++	Gerät Effizienz- klasse A	Gerät Effizienzklasse schlechter als A	Altes Gerät ohne Effizienzklasse
Einkommen	-	-	-	-0,004**
Wohnortgröße	-	-	-	-
Haushaltsgröße	-	-	-	-
Alter	-	-	0,002**	0,003**
Geschlecht	-	-	-	-
Realschulabschluss	-	-	-	-
Abitur	-	-	-	0,137***
Hochschulabschluss	-	-	-	0,117*

Anmerkung: Dummy-Kodierung: Referenzgröße Geschlecht = männlich; Referenzgröße Bildung = kein Abschluss bzw. Hauptschulabschluss.

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Haushalt im Besitz einer Spülmaschine ist, ist ebenfalls vom Haushaltseinkommen abhängig (Tabelle 30). Je 100 EUR zusätzlichem Einkommen nimmt sie um rund ein Prozent zu. Für jedes Haushaltsmitglied steigt die Wahrscheinlichkeit sogar um rund acht Prozent. Ähnlich wie bei den Trocknern nimmt die Wahrscheinlichkeit, eine alte Spülmaschine ohne Energieeffizienzklasse zu besitzen, mit dem Einkommen ab (0,3 Prozent je 100 EUR).

Tabelle 30: Querschnittanalyse Spülmaschinen

Einflussgröße	Eigene Spül- maschine	Gerät Effizienz- klasse A+ bis A+++	Gerät Effizienz- klasse A	Gerät Effizienz- klasse schlechter als A	Altes Gerät ohne Effizienz- klasse
Einkommen	0,013***	-	-	-	-0,003**
Wohnortgröße	-	-0,02*	0,029 ***	-0,012**	-
Haushaltsgröße	0,079***	-	-	-	-
Alter	-	-0,004***	-	0,002**	0,002**
Geschlecht	-	-	-	-	-
Realschulabschluss	-	-	-	-	-
Abitur	-	-	-	-	-
Hochschulabschluss	-	0,172*	-	-	-

Anmerkung: Dummy-Kodierung: Referenzgröße Geschlecht = männlich; Referenzgröße Bildung = kein Abschluss bzw. Hauptschulabschluss.

Als letzte Gerätekategorie der „weißen Ware“ widmet sich Tabelle 31 den Kühlgeräten. Unter dieser Kategorie werden Kühlschränke, Kühl-/Gefrierkombinationen und Gefriergeräte zusammengefasst. Die Anzahl dieser Geräte nimmt mit dem Haushaltseinkommen zu. Der Effekt ist jedoch relativ schwach und beträgt rund 0,02 Geräte pro 100 Euro monatlichem Einkommen.

Tabelle 31: Querschnittanalyse Kühlgeräte

Einflussgröße	Summe Kühlgeräte aller Geräteklassen	Zahl der Geräte Kühl-/Gefrier-kombi	Gerät Effizienzklasse A+ bis A+++	Gerät Effizienzklasse A	Gerät Effizienzklasse schlechter als A	Altes Gerät ohne Effizienzklasse
Einkommen	0,018***	-0,004**	0,007***	-0,006***	-	-0,002**
Wohnortgröße	-	-	-	-	-	-
Haushaltsgröße	0,111***	-	-	-	-0,018*	-
Alter	-	-	-	-	-	-
Geschlecht	-	-	-0,083**	0,071*	-	-
Realschulabschluss	-0,147***	0,117***	-	-	-	-
Abitur	-0,141**	-	-	-	-	-
Hochschulabschluss	-0,194**	0,175**	-	-	-	-

Anmerkung: Dummy-Kodierung: Referenzgröße Geschlecht = männlich; Referenzgröße Bildung = kein Abschluss bzw. Hauptschulabschluss.

Hochsignifikante Einflüsse in deutlich größerem Umfang sind durch die Haushaltsgröße bedingt. Für jede Person, um die der Haushalt wächst, nimmt die Anzahl der Geräte um rund 0,11 zu. Hervorzuheben ist der Zusammenhang zwischen Bildungsgrad und der Anzahl der Kühlgeräte. Für Haushaltsführer*innen, die einen höheren als einen Hauptschulabschluss haben, nimmt die Zahl der Kühlgeräte signifikant ab.

Exemplarisch für die Kühlgeräte stellen Spalte 2 bis 5 den Zusammenhang zwischen dem monatlichen Netto-Haushaltseinkommen und der Energieeffizienzklasse für Kühl-/Gefrierkombinationen dar. Die Wahrscheinlichkeit ein Gerät mit Effizienzklasse A+ bis A+++ zu besitzen steigt mit dem Haushaltseinkommen je 100 EUR um 0,7 Prozent. Sie sinkt hingegen für Kühl-/Gefrierkombinationen der Effizienzklasse A (-0,6 Prozent) und für alte Geräte ohne Effizienzklasse (-0,2 Prozent).

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, dass

- die Ausstattung mit Haushaltsgeräten (weiße Ware) in einem positiven Zusammenhang mit dem Netto-Haushaltseinkommen steht und
- Haushalte mit einem höheren Einkommen eher effizientere Geräte besitzen.

6.1.2.2 Konsumbereich IKT

Im Rahmen der Querschnittsbefragung wurde erhoben, wie viele Computer und Mobilfunktelefone in den letzten drei Jahren durch den Haushalt gekauft wurden. Wie Tabelle 32 zeigt, sind Effekte des Einkommens in beiden Fällen hochsignifikant. Je 100 EUR Netto-Haushaltseinkommen steigt die Nachfrage nach Computern im Durchschnitt um 0,02 Computer pro Jahr. Die Änderung der Nachfrage nach Mobiltelefonen liegt in ähnlicher Größenordnung.

Die Einflüsse der Haushaltsgröße sind hingegen deutlich ausgeprägter. Für jede Person, um die die Größe des Haushaltes zunimmt, nimmt die Nachfrage um 0,41 Computer bzw. 0,16 Mobiltelefone im Jahr zu. Zudem nimmt die Anzahl mit dem Alter des Haushaltsführers bzw. der Haushaltsführerin ab und mit dem Bildungsabschluss (Hochschulabschluss) zu.

Bei der Interpretation der hier vorgestellten Ergebnisse ist zu beachten, dass die Frequenz der Käufe elektronischer Geräte, nicht ihre im Haushalt vorhandene Anzahl ermittelt wurde. Zudem muss darauf hingewiesen werden, dass sich die Effekte auf den Kauf von Geräten für einen Zeitraum von 3 Jahren zwischen 2011 und 2014 beziehen.

Tabelle 32: Querschnittanalyse IKT

Einflussgröße	Computer	Mobiltelefone
Einkommen	0,02***	0,021***
Wohnortgröße	-	-
Haushaltsgröße	0,409***	0,163***
Alter	-0,014***	-0,013***
Geschlecht	-	-
Realschulabschluss	0,124*	-
Abitur	-	-
Hochschulabschluss	0,624***	0,237*

Anmerkung: Dummy-Kodierung: Referenzgröße Geschlecht = männlich; Referenzgröße Bildung = kein Abschluss bzw. Hauptschulabschluss.

6.2 Ressourcenanalyse Querschnittbetrachtung

Über alle befragten Haushalte hinweg kommt es im Durchschnitt pro Haushalt im Konsumbereich Wohnen für den Ressourcenverbrauchsindikator Kumulierter Energieaufwand zu einem Verbrauch von 54.553 MJ Energie. Gleichzeitig werden 2.898 kg CO₂ Äquivalente ausgestoßen, 28.434 m³ Wasser verbraucht und pro Jahr 988 m² Land beansprucht. Die Verknappung von Ressourcen beziffert sich auf 58,2 g Sb Äquivalente für abiotische Ressourcen und auf 779 MJ für fossile Energieträger.

Tabelle 33 fasst die jährlichen Umweltauswirkungen im Konsumbereich Wohnen von Haushalten höherer Einkommensklassen relativ zu den Umweltauswirkungen von Haushalten mit ≤ 1.000 EUR monatlichem Netto-Einkommen zusammen.

Für das Erderwärmungspotenzial liegen nur für die beiden höchsten betrachteten Einkommensgruppen statistisch signifikante Ergebnisse vor, was eine sachdienliche Kontextualisierung hier besonders schwierig macht. Landnutzung ist der einzige Ressourcenverbrauchsindikator, bei dem zwischen allen statistisch signifikanten Werten ein linearer Zusammenhang besteht. Demnach nimmt sie mit steigendem Einkommen zu.

Die Einträge der Tabelle beziehen sich ausschließlich auf durch Einkommensveränderungen induzierte Veränderungen im Ressourcenverbrauch. Die durch andere Faktoren induzierten Konsumveränderungen können dem Anhang entnommen werden.

Tabelle 33: Änderung der jährlichen Umweltauswirkungen im Konsumbereich Wohnen (Wohnfläche, Heizen und Strom) je Einkommensgruppe relativ zu Haushalten mit einem Nettoeinkommen von unter 1.000 EUR (- = nicht signifikant)

	Kumulierter Energieaufwand [MJ]	Erderwärmungspotenzial (kg CO ₂ Äq.)	Ressourcenverknappung - abiotische Ressourcen [g Sb Äq.]	Ressourcenverknappung - fossile Energieträger [MJ]	Landnutzung [m ² /Jahr]	Wasserverbrauch [m ³]

Bis 1.000 EUR	Referenz	Referenz	Referenz	Referenz	Referenz	Referenz
1.001 EUR bis 1.500 EUR	-	-	-	-	-	-
1.501 EUR bis 2.000 EUR	-	-	-	-	-	8654**
2.001 EUR bis 2.500 EUR	7216**	-	11,5***	104**	-	-
2.501 EUR bis 3.000 EUR	7338**	-	11.1***	104*	258***	6488*
3.001 EUR bis 3.500 EUR	6576*	-	15,9***	-	288***	12370***
3.501 EUR bis 4.000 EUR	13807***	662***	22,5***	210***	295***	-
>4.000 EUR	13537***	516***	22,5***	159***	374***	14135***

7 Konsumbereichübergreifende Betrachtung

Das folgende Kapitel stellt abschließend Konsumbereichübergreifende Ergebnisse vor. Diese beziehen sich einerseits auf den über die Konsumbereiche Mobilität, Bekleidung sowie Wohnfläche, Heizen und Strom summierten Ressourcenverbrauch des Haushalts und andererseits auf das Sparverhalten. Hierbei wird ausschließlich auf die Ad-hoc-Daten zurückgegriffen, die in die Querschnittanalysen der vorangegangenen Kapitel eingeflossen sind.

7.1 Ressourcenverbrauch insgesamt

Im Folgenden wird – für die gleichen unabhängigen Variablen wie zuvor – der über die Konsumbereiche Mobilität, Bekleidung und Wohnen summierte Effekt auf die bereits in den vorherigen Kapiteln verwendeten Indikatoren von Umweltauswirkungen behandelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 34 und Tabelle 35 dargestellt.

Durchschnittlich verbrauchen die untersuchten Haushalte in der Summe über die Konsumbereiche, zu welchen ad-hoc-Daten gesammelt wurden, ca. 167.897 MJ Energie und verursachen ein Erderwärmungspotenzial von ca. 10.261 kg CO₂-Äquivalenten. Die durchschnittliche Ressourcenverknappung für abiotische Ressourcen beträgt ca. 0,12 g Sb-Äquivalent, während die Ressourcenverknappung fossiler Energieträger bei ca. 3.200 MJ liegt. Die Landnutzung beträgt im Durchschnitt 1.451 m² pro Jahr und der Wasserverbrauch 42.248 m³.

Wie die vorherigen Analysen andeuten, zeigt sich auch in der Summe über die Konsumbereiche ein deutlich positiver Zusammenhang zwischen Einkommen und Ressourcenverbrauch. Besonders prägnant ist der Zusammenhang in Bezug auf den kumulierten Energieaufwand und das Erderwärmungspotenzial. Beispielsweise verbrauchen Haushalte der höchsten Einkommensklasse (über 4.000 EUR Einkommen), 118.356 MJ mehr im Jahr als Haushalte der niedrigsten Einkommensklasse (maximal 1.000 EUR). Beim Erderwärmungspotenzial zeigt sich ein Unterschied von ca. 7.203 kg CO₂ Äquivalenten zwischen den einkommensstärksten und einkommensschwächsten Haushalten, wobei die Treibhausgasemissionen kontinuierlich mit dem Einkommen steigen.

Auch die Landnutzung steigt ab einem Einkommen von mehr als 2.000 EUR im Vergleich zu einem Einkommen bis 1.000 EUR deutlich an.

Ein niedrigerer Ressourcenverbrauch ergibt sich bei zunehmender Wohnortgröße. So sinken der kumulierte Energieaufwand und das Erderwärmungspotenzial ab einer Mittelstadt (mit 20.001 bis 100.000 Einwohner*innen) im Vergleich zu einem Wohnort mit weniger als 5.000 Einwohner*innen. Die Landnutzung ist schon ab einer Kleinstadt (5.001 bis 20.000 Einwohner*innen) signifikant geringer als auf dem Lande.

Der Bildungsabschluss macht in Bezug auf die Indikatoren „Kumulierter Energieaufwand“, „Erderwärmungspotenzial“ und „Ressourcenverknappung“ einen Unterschied. Es ist jedoch kein klarer Trend zu erkennen. Im Hinblick auf die Landnutzung und den Wasserverbrauch zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zu der Referenzgruppe. Auffällig ist hierbei auch, dass die Differenz des Verbrauchs von Haushalten mit Haushaltsführer*innen mit Abitur und dem Verbrauch von Haushalten der Referenzgruppe sowohl größer ist als die Differenz des Verbrauchs von Haushalten mit Haushaltsführer*innen mit Realschulabschluss und der Referenzgröße als auch die Differenz des Verbrauchs von Haushalten mit Haushaltsführer*innen mit Hochschulabschluss und der Referenzgröße.

Mit zunehmendem Alter (ab 30 Jahre) sinkt der Ressourcenverbrauch der Haushalte im Vergleich zur Referenzgruppe der unter 30-Jährigen für den kumulierten Energieaufwand, das Erderwärmungspotenzial und die Ressourcenverknappung, wobei sich der Effekt bei der abiotischen Ressourcenverknappung nur für die Altersgruppe der 46- bis 60-Jährigen zeigt. In den Kategorien Landnutzung und Wasserverbrauch zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang mit dem Alter der Haushaltsführer*innen.

Haushalte mit Kindern und mit mehreren Erwachsenen verbrauchen auch mehr Ressourcen. Das Geschlecht der Haushaltsführer*innen hat auf keinen Ressourcenverbrauchsindikator einen Einfluss.

Tabelle 34: Kumulierter Energieaufwand, Erderwärmungspotenzial und Ressourcenverknappung abiotischer Ressourcen über alle Konsumbereiche hinweg

Variable	Kumulierter Energieaufwand [MJ]	Erderwärmungs-potenzial (kg CO ₂ Äq.)	Ressourcen-verknappung - abiotische Ressourcen (mg Sb Äq.)
Bis 1.000 EUR	Referenz	Referenz	Referenz
1.000 EUR bis 1.500 EUR	20.470,5**	1.218,1*	-
1.501 EUR bis 2.000 EUR	39.789,4***	2.480,1***	0,0237***
2.001 EUR bis 2.500 EUR	42.770,4***	2.592,4***	0,0292***
2.501 EUR bis 3.000 EUR	65.120,4***	3.936,9***	0,0504***
3.001 EZU bis 3.500 EUR	80.208,3***	4.912,6***	0,0555***
3.501 EUR bis 4.000 EUR	97.087,6***	5.970,9***	0,0532***
>4.000 EUR	118.526,8***	7.203,7***	0,0855***
Kleinstadt (5.001 bis 20.000 Einwohner*innen)	-	-	-0,00927*
Mittelstadt (20.001 bis 100.000 Einwohner*innen)	-19.114,5**	-1.077,6**	-0,0182***
Großstadt 100 (100.001 bis 500.000 Einwohner*innen)	-22.468,0***	-1.243,9**	-0,0335***
Großstadt 500 (über 500.000 Einwohner*innen)	-29.147,1***	-1.716,9***	-0,0400***
Realschulabschluss	13.756,7*	939,2*	0,0158***
Abitur	20.579,9**	1.402,5**	0,0198***
Hochschulabschluss	15.510,9*	1.065,4**	0,0121**
Kinder < 15 Jahre	23.672,6***	1.340,5***	0,0117**
Alter 30 bis 45 Jahre	-14.119,1*	-1.011,6**	-
Alter 46 bis 60 Jahre	-26.307,5***	-1.814,3***	-0,00889*
Alter > 60 Jahre	-27.997,1***	-1.983,1***	-
Senior*innen > 65 Jahre	-	-1.211,6*	-
Zwei Erwachsene pro Haushalt	38.603,0***	2.473,9***	0,0278***
Drei oder mehr Erwachsene pro Haushalt	67.067,0***	4.119,5***	0,0506***
Geschlecht	-	-	-

Anmerkung: Alter, Bildung und Geschlecht beziehen sich jeweils auf den/die Haushaltsführer*in; Dummy-Variablen: Einkommen Basis ≤ 1.000 EUR; Wohnort Basis < 5.000 Einwohner*innen; Alter Basis < 30 Jahre; Bildung Basis keinen Abschluss/Hauptschulabschluss; Geschlecht Basis männlich; Haushalt Basis: Haushalt mit einem Erwachsenen

Tabelle 35: Ressourcenverknappung fossile Energieträger, Landnutzung und Wasserverbrauch über alle Konsumbereiche hinweg

Variable	Ressourcenverknappung - fossile Energieträger [MJ]	Landnutzung [m ² /Jahr]	Wasserverbrauch [m ³]
Bis 1.000 EUR	Referenz	Referenz	Referenz
1.001 EUR bis 1.500 EUR	408,2**	-	8.771,9**
1.501 EUR bis 2.000 EUR	799***	155,4*	8.313,4**
2.001 EUR bis 2.500 EUR	855,6***	210,9**	8261,7**
2.501 EUR bis 3.000 EUR	1.271,7***	467,7***	16.325,7***
3.001 EUR bis 3.500 EUR	1.619,5***	456,6***	16.648,9***
3.501 EUR bis 4.000 EUR	1.970,9***	434,3***	11.907,2***
>4.000 EUR	2.368,6***	661,7***	24.928,8***
Kleinstadt (5.001 bis 20.000 Einwohner*innen)	-	-302***	-
Mittelstadt (20.001 bis 100.000 Einwohner*in- nen)	-317,2*	-297,7***	-
Großstadt 100 (100.001 bis 500.000 Einwohner*in- nen)	-388,6**	-495,5***	-5.936,2**
Großstadt 500 (> 500.000 Einwohner*innen)	-534,5***	-529,2***	-8.156,7***
Realschulabschluss	321,3**	-	-
Abitur	464,6**	-	5.281,1*
Hochschulabschluss	393,8**	-	-
Kinder < 15 Jahre	417**	321***	9.561,5***
Alter 31 bis 45 Jahre	-328,5**	-	4.581,7*
Alter 46 bis 60 Jahre	-608,7***	-	-
Alter über 60 Jahre	-668,8***	-	-
Senior*innen älter 65 Jahre	-400,1*	-	-
Zwei Erwachsene pro Haushalt	762,6***	287,6***	6.104,4**
Drei oder mehr Erwach- sene pro Haushalt	1.248,3***	672,0***	10.939,7***
Geschlecht	-	-	-

Anmerkung: Alter, Bildung und Geschlecht beziehen sich jeweils auf den/die Haushaltsführer*in; Dummy-Variablen: Einkommen Referenz ≤ 1000 EUR; Wohnort Basis < 5.000 Einwohner*innen; Alter Basis < 30 Jahre; Bildung Basis keinen Abschluss/Hauptschulabschluss; Geschlecht Basis männlich; Haushalt Basis: Haushalt mit einem Erwachsenen

7.2 Ersparnisse

In diesem Kapitel werden die Ersparnisse der befragten Haushalte genauer betrachtet und in Tabelle 36 aufgeschlüsselt nach demographischen Variablen dargestellt. Die Ersparnisse beziehen sich auf Wertpapiere, Sparbriefe, Lebensversicherungen, allgemeine Sparbeträge, Mieteinnahmen für nicht selbst genutzte Wohnungen und Häuser und Ähnliches. Die Haushalte gaben an, wieviel sie in den letzten zwölf Monaten pro Monat gespart haben. Die Angaben wurden für einen besseren Vergleich für den Zeitraum von einem Jahr aufsummiert.

Zunächst zeigt sich ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen Einkommen und Ersparnissen. So sparen Haushalte durchschnittlich pro 100 EUR zusätzlichem monatlichen Einkommen ca. 83 EUR mehr im Jahr.

Haushalte, die in einer Großstadt mit über 500.000 Einwohner*innen wohnen, sparen hingegen signifikant weniger als Haushalte, die auf dem Land wohnen (ca. 813 EUR im Jahr). Ein höherer Bildungsabschluss der Haushaltsführer*innen ermöglicht es ihnen deutlich mehr zu sparen (bis zu 1.183 EUR bei einem Hochschulabschluss) als Haushaltsführer*innen ohne Abschluss oder mit Hauptschulabschluss. Darüber hinaus weisen die Ergebnisse darauf hin, dass Haushaltsführer*innen, die älter als 60 Jahre sind, deutlich weniger Geld zur Seite legen als Haushaltsführer*innen unter 30 Jahren.

Tabelle 36: Ergebnisse der Regressionsanalysen für die Kategorie „Ersparnisse“

Variable	Ersparnisse (pro Jahr; in EUR)
Einkommen	83,5***
Kleinstadt (5.000-20.000 Einwohner*innen)	-
Mittelstadt (20.000 – 100.000 Einwohner*innen)	-
Großstadt 100 (100.000-500.000 Einwohner*innen)	-
Großstadt über 500 (> 500.000 Einwohner*innen)	-813,4**
Realschulabschluss	564,2*
Abitur	1006,6***
Hochschulabschluss	1182,5***
Kinder < 15 Jahre	-
Alter 30 - 45 Jahre	-
Alter 45 - 60 Jahre	-
Alter > 60 Jahre	-1.033,8***
Senior*innen > 65 Jahre	-
Zwei Erwachsene pro Haushalt	-
Drei oder mehr Erwachsene pro Haushalt	-
Geschlecht	-

Anmerkung: Einkommen je 100 EUR; Alter, Bildung und Geschlecht beziehen sich jeweils auf den/die Haushaltsführer*in; Dummy-Variablen: Wohnort Basis < 5.000 Einwohner*innen; Alter Basis < 30 Jahre; Bildung Basis keinen Abschluss/Hauptschulabschluss; Geschlecht Basis männlich; Haushalt Basis: Haushalt mit einem Erwachsenen

In Tabelle 37 ist die Anzahl der Nennungen für bestimmte Projekte oder Anschaffungen, für die gezielt gespart wird, aufgelistet. Am häufigsten sparen die Haushalte für ein konventionelles Auto (etwa 20 Prozent) und für Flugreisen (ca. 18 Prozent) sowie für den Kauf eines Haushaltsgerätes (etwa 11,5 Prozent).

Des Weiteren geben die Haushalte an für eine eigene Wohnung (knapp 4 Prozent) oder ein eigenes Haus (knapp 7 Prozent) zu sparen. Im Bereich Mobilität sparen ca. 6 Prozent auf ein Elektroauto, etwa 1,5 Prozent auf ein Motorrad und weniger als 1 Prozent auf einen Elektro-Roller. Auf den Kauf eines E-Bikes oder eines Fahrrades sparen jeweils etwa 3 Prozent der befragten Haushalte. Knapp 5 Prozent geben an, für eine Kreuzfahrt zu sparen.

Tabelle 37: Projekte und Anschaffungen, für die gezielt gespart wird

Anschaffung	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit (in %)
Kauf eines konventionellen Autos	190	20,0
Flugreise	172	18,1
Kauf eines Haushaltsgerätes	109	11,5
Kauf eines Hauses	63	6,6
Kauf eines Elektroautos	54	5,7
Kreuzfahrt	46	4,8
Kauf einer Wohnung	37	3,9
Kauf eines Fahrrades	34	3,6
Kauf eines E-Bikes	29	3,1
Kauf eines Motorrades	15	1,6
Kauf eines Elektro-Rollers	8	0,8

Neben den vorgegebenen Kategorien konnten die Haushaltsführer*innen außerdem noch in ein freies Feld eigene Projekte oder Güter eintragen, für die sie gezielt sparen. Tabelle 38 zeigt die genannten Projekte und Anschaffung sowie die jeweilige Anzahl der Nennungen. Die meisten Angaben beziehen sich auf Renovierungs- und Modernisierungsarbeiten sowie Reparaturen, während „Urlaub“ und „Möbel“ als zweit- beziehungsweise dritthäufigste Kategorie genannt wurden. Darüber hinaus sparen die Haushalte auf technische Geräte oder legen Geld fürs Alter zurück.

Tabelle 38: Weitere Projekte oder Anschaffungen, auf die gespart wird

Kategorie	Anzahl Nennungen
Renovierungen/Modernisierung/ Reparaturen	16
Urlaub	14
Möbel	10
Technische Geräte (Laptop, Fernseher etc.)	8
Altersvorsorge /Rücklagen Alter	7
Neue Heizanlage/ Heizöl	5
Hochzeit	4
(Indoor-)Garten/ Terrasse	3
Ausbildung/ Ausbildung der Kinder	3
Tilgung Kredit	3
Umzug	3
Reserven/Notgroschen	3
Sonstiges	3
Wohnmobil	2
Grundstück	1
Auswandern	1
Selbstständigkeit	1
jährliche Autoversicherung, TÜV-Gebühren	1
Babyerstausstattung	1

8 Fazit

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Studie anhand von Kernbotschaften zusammengefasst und hierbei zentrale Treiber des Ressourcenverbrauchs hervorgehoben. Bei der Betrachtung der Ressourcenverbräuche wird ein besonderes Augenmerk auf den Ausstoß von Treibhausgasen (Erderwärmungspotenzial) und die Landnutzung pro Jahr gelegt. Anschließend wird auf Schlussfolgerungen für die Politik eingegangen und der weitere Forschungsbedarf diskutiert.

8.1 Kernaussagen

Einkommen und Ressourcenverbrauch

- *Das Einkommen ist zentraler Treiber des Ressourcenverbrauchs*

Bei gleichzeitiger Kontrolle weiterer Einflussvariablen – z.B. Bildung, Haushaltsgröße, etc. – ist für die Konsumbereiche Mobilität, Bekleidung und Wohnen das Haushaltseinkommen die dominierende Einflussgröße auf den konsuminduzierten Ressourcenverbrauch. Der Effekt ist in den allermeisten Fällen positiv, Haushalte mit einem höheren Einkommen haben also im Durchschnitt einen höheren Ressourcenverbrauch. Bei den anderen erklärenden Variablen ist das Bild heterogener. Hieraus kann abgeleitet werden, dass auf dem Weg zu einer Senkung des Ressourcenverbrauchs im Allgemeinen und der Minderung von Treibhausgasemissionen und der Landnutzung im Speziellen verstärkt das Einkommen privater Haushalte in den Blick genommen werden sollte.

- *Keine Entkopplung in Sicht – Einkommen und Ressourcenverbrauch gehen weiter Hand in Hand*

Die Netto-Haushaltseinkommen sind in den zurückliegenden Jahren weiter gestiegen (DeStatis 2018). Die Analysen zu den Konsumbereichen Mobilität, Bekleidung und Wohnen ergaben, dass Haushalte mit einem höheren Einkommen im Durchschnitt immer auch einen höheren Ressourcenverbrauch haben. Für die Emission von Treibhausgasen gilt dies für alle Einkommensklassen. Für die Landnutzung haben insbesondere Haushalte mit einem Einkommen von mehr als 2.000 EUR monatlich eine höhere Landnutzung. Die Effekte sind hierbei teils erheblich. So verursachen Haushalte mit einem Netto-Haushaltseinkommen von mehr als 4.000 EUR im Vergleich zur Einkommensklasse von unter 1.000 EUR im Durchschnitt rund 7.400 kg CO₂-Äquivalente mehr Treibhausgase. Sollten – wie zu erwarten – die Haushaltseinkommen in der Zukunft weiter steigen, könnte sich dies den Ergebnissen der vorliegenden Studie zufolge auch entsprechend im Ressourcenverbrauch niederschlagen. Indizien, die auf eine Entkopplung von Einkommen und Ressourcenverbrauch hindeuten, konnten im Rahmen dieses Vorhabens kaum gefunden werden. Dies gilt insbesondere für den Konsumbereich Mobilität.

Bildung und Ressourcenverbrauch

- *Höhere Bildung ist mit mehr Ressourcenverbrauch durch Mobilität verbunden*

Die Anzahl der Personen mit Abitur und Hochschulabschluss ist in den letzten Jahren gewachsen (DeStatis 2018). Vor diesem Hintergrund ist hervorzuheben, dass ein höheres Bildungsniveau bei gleichzeitiger Kontrolle der weiteren Einflussgrößen mit einem höheren Ressourcenverbrauch verbunden ist. Dieser Effekt wird zuvorderst durch den Konsumbereich Mobilität hervorgerufen, in welchem Haushaltsführer*innen mit Realschul-, Abitur- und Hochschulabschluss sich im Vergleich zur Referenz (Hauptschul- oder kein Schulabschluss) vor allem durch höhere Treibhausgasemissionen auszeichnen. Bei detaillierter Betrachtung der einzelnen Verkehrsmittel fällt auf, dass ein Hochschulabschluss im Vergleich zur Referenz auch zu mehr Landnutzung führt. Bei Fahrten mit dem Pkw haben Haushalte, bei denen die Haushaltsführerin oder der Haushaltsführer als höchsten Schulabschluss das Abitur oder einen Realschulabschluss vorweisen kann, im Vergleich zur Referenz

für dieselben Indikatoren einen signifikant höheren Ressourcenverbrauch. Sollte sich der Trend zu einem höheren Bildungsniveau also fortsetzen, kann hierdurch auch ein höherer Ressourcenverbrauch erwartet werden.

Alter und Ressourcenverbrauch

- *Ältere Haushalte verbrauchen mehr Ressourcen beim Wohnen, weniger bei der Mobilität*

Haushalte mit älteren Haushaltsführer*innen bzw. Senior*innen im Haushalt nutzen im Durchschnitt eine deutlich größere Wohnfläche und geben mehr für Strom und Heizen aus. Im Konsumbereich Mobilität ist der Einfluss genau umgekehrt. Hier reisen Haushalte mit älteren Menschen deutlich weniger und haben dadurch auch einen geringeren Ressourcenverbrauch. Nimmt man beide Effekte zusammen, ergibt sich ein mit dem Alter der Haushaltsmitglieder sinkender Ressourcenverbrauch.

Verstädterung und Ressourcenverbrauch

- *Haushalte in Großstädten haben einen geringeren Ressourcenverbrauch*

In Deutschland leben schon heute drei von vier Bewohner*innen (77 Prozent) in Städten, im Jahr 2050 werden es voraussichtlich 84,3 Prozent sein (DSW 2018). Insbesondere getrieben durch den Konsumbereich Wohnen haben Haushalte, die in Städten leben, im Durchschnitt eine deutlich niedrigere Landnutzung als diejenigen, die im ländlichen Raum wohnen. So hat ein Haushalt – alle anderen Einflussgrößen konstant gehalten – mit einem Einkommen bis 1.000 EUR, der in einem Dorf mit weniger als 5.000 Einwohner*innen lebt, ca. die gleiche Landnutzung pro Jahr wie ein Haushalt mit einem Einkommen von mehr als 4.000 EUR, der in einer Stadt mit einer Einwohnerzahl von mehr als 500.000 Personen wohnt. Ein ähnliches Bild zeigt sich für den jährlichen Ausstoß von Treibhausgasen, der mit der Größe des Wohnortes ebenfalls sinkt – wenngleich der Einfluss anderer Variablen deutlich größer ist.

Einkommen und Treibhausgasemissionen

- *Höheres Einkommen schadet vor allem durch mehr Mobilität dem Klima*

Im Konsumbereich Mobilität – in welchem die Analysen auf eine besonders breite Datengrundlage gestützt werden konnten – zeigt sich ein klares Muster: Haushalte mit höherem Einkommen verursachen mehr Treibhausgasemissionen. Sowohl im Längsschnitt, d.h. im Vergleich der Anzahl an jährlichen Reisen eines Haushaltes zu zwei verschiedenen Messzeitpunkten, als auch im Querschnitt, also im Vergleich der im selben Jahr durch verschiedene Haushalte zurückgelegten Kilometer, zeigt sich eindeutig, dass höhere Einkommen stets zu höherem Konsum und somit Ressourcenverbrauch führen. Dies gilt insbesondere für die Nutzung des Pkws, wo steigende Einkommen mit dem größten Effekt auf die Emission von Treibhausgasen verbunden sind. Den zweitgrößten Effekt auf das Klima hat der Flugverkehr. Der ÖPNV ist das einzige untersuchte Transportmittel, das mit steigendem Einkommen weniger genutzt wird und somit auch weniger Umweltauswirkungen verursacht. Dies ist vor dem Hintergrund, dass der ÖPNV pro Personenkilometer deutlich geringere Umweltauswirkungen hat als Individualverkehr, mit Blick auf die Reduktion von Ressourcenverbrauch besonders kontraproduktiv.

Insgesamt spiegelt sich die Herausforderung, die Verkehrspolitik umweltgerechter zu gestalten, also auch in diesen Ergebnissen wider. Auch die Analyse des Sparverhaltens stützt diese Ergebnisse. Hier gab eine Vielzahl von Haushalten an, dass sie gezielt Geld für den Kauf eines neuen Pkw zurücklegen.

Einkommen und Ernährung

- *Einkommenszuwächse führen bei der Ernährung nur zu einer geringen Steigerung des Ressourcenverbrauchs*

Bei den durch Nahrungsmittel verursachten Ressourcenverbräuchen zeigt sich ein uneinheitliches Bild. Bei dem Vergleich von konventionellem und biologisch erzeugtem Fleisch deutet sich an, dass sich bei steigendem Einkommen der Konsum in seiner Qualität anstatt in seiner Quantität verändert. Höhere Ressourcenverbräuche werden durch mit dem Haushaltseinkommen steigende Konsumausgaben für Milchprodukte und Getränke verursacht. Der Effekt von Einkommenssteigerungen auf die Konsumausgaben und im Anschluss auf den Ressourcenverbrauch ist in allen Fällen jedoch äußerst gering. Andere Einflussgrößen wie beispielsweise Bildung, Alter und Wohnortgröße haben einen teils deutlich größeren Effekt. Ein eindeutiges Muster lässt sich aber auch hier nicht erkennen. Wohlgemerkt berücksichtigt die Bestimmung des Ressourcenverbrauchs in dieser Studie nicht die Qualität der konsumierten Lebensmittel (bis auf einige Vergleiche zwischen Bio und konventionellen Lebensmitteln).

Einkommen und Fleischkonsum

- *Mehr Einkommen geht mit sinkenden Ausgaben für konventionelles Fleisch einher*

Mit steigendem Einkommen nehmen die Ausgaben für konventionell erzeugtes Fleisch ab. Dies trifft insbesondere für Geflügel und Schweinefleisch zu. Dafür steigen die Ausgaben für Bio-Fleisch und Fleischersatzprodukte mit dem Haushaltseinkommen. Darüber hinaus senken Wohnortgröße, das Alter und insbesondere der Bildungsabschluss (Hochschule) die Ausgaben für konventionelles Fleisch.

Einkommen und Landnutzung

- *Reichere Haushalte verbrauchen mehr Fläche beim Wohnen*

Insbesondere durch einen deutlich positiven Zusammenhang zwischen Wohnfläche und Einkommen steigt die Landnutzung im Konsumbereich Wohnen mit dem Einkommensniveau. Über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg hat die höchste Einkommensklasse (mehr als 4.000 EUR) im Vergleich zur Referenz (bis 1.000 EUR) im Durchschnitt eine um rund 374 Quadratmeter höhere Landnutzung pro Jahr. Der entsprechende Wert für die Mobilität, wo ebenfalls eine eindeutige Beziehung zwischen Einkommen und Landnutzung identifiziert werden konnte, beträgt 176 Quadratmeter pro Haushalt und Jahr.

8.2 Schlussfolgerungen

Zentraler Befund des Vorhabens ist es, dass Haushalte mit höheren Einkommen auch mehr zur Umweltbelastung und -zerstörung beitragen. Etwaige Indizien für eine Umwelt-Kuznets-Kurve, bei der angenommen wird, dass mit wachsendem Einkommen die Umweltschäden nach Erreichen eines Maximums wieder sinken, da vermehrt Umweltqualität nachgefragt wird, konnten nicht identifiziert werden. Eine Entkopplung von Einkommen und Ressourcenverbrauch ist also nicht in Sicht.

Zudem deutet sich an, dass steigende Umweltbelastungen auch nicht durch zusätzliche Bildung aufgehalten werden können. Im Gegenteil, höhere Bildung ist in einigen Bereichen mit einem noch höheren Ressourcenverbrauch verbunden. Andere Trends, wie Bevölkerungsalterung, Verstädterung oder kleinere Haushalte verringern bzw. erhöhen teilweise die Umweltbelastungen, sind aber weit weniger wichtig als die Auswirkungen höherer Einkommen.

Somit unterstreicht dieses Projekt die Umweltprobleme, die von Wirtschaftswachstum ausgelöst werden. Eine autonome Trendumkehr aus einkommensbedingter Konsumänderung bietet keine Hoffnung für Umweltpolitik. Das fortschreitende Wirtschaftswachstum erzwingt daher umweltpolitische Eingriffe, die weit über reine Information hinausgehen. Die Tatsache, dass höhere Bildung nicht zu umweltschonenderem Verhalten führt, spricht dafür, dass Ansätze, die rein auf Informationskampagnen oder Beratung beruhen, unzureichend sind. Vielmehr sollte verstärkt auf ordnungspolitische Ansätze oder ökonomische Instrumente gesetzt werden. Hierfür bieten sich drei mögliche Strategien:

- ▶ Einkommenszuwächse in Richtung umweltschonenden Konsums lenken,
- ▶ Abkehr von Wachstum und Einkommenszuwachs,
- ▶ Eine Kombination dieser Ansätze.

Bei Versuchen, den Konsum in Richtung umweltschonender Konsummuster zu lenken, sollte zuerst der Konsumbereich Mobilität in den Blick genommen werden. Die Mobilität ist unter den analysierten Konsumbereichen klar das größte Problemfeld. Hier ist der Zusammenhang zwischen dem Haushaltseinkommen und dem Ressourcenverbrauch nahezu linear. Haushalte mit höherem Einkommen besitzen häufiger größere Autos und fahren auch mehr Kilometer. Hier sollten also Anreize gesetzt werden, die einen Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel und alternative Mobilitätsmöglichkeiten attraktiver machen und die Nutzung von privaten Pkw unattraktiver. Es gibt zahlreiche Ideen und mögliche Instrumente, die dies zum Ziel haben und die teilweise bereits länger in der politischen Diskussion stehen. Ein Beispiel stellt eine fahrleistungsabhängige Pkw-Maut dar. Im urbanen Kontext seien zudem Konzepte zur Parkraumbewirtschaftung, eine City-Maut und der Ausbau von Fahrradwegen und des ÖPNV genannt. Zudem sollten auch im ländlichen Raum Alternativen zum konventionell betriebenen Pkw gefördert werden. In diesem Zusammenhang wäre auch eine Neuregelung der Entfernungspauschale denkbar, die den Trend zu langen Arbeitswegen und Zersiedelung der Landschaft eher fördert.

Ein weiteres großes Problemfeld ist der Flugverkehr, der sowohl mit steigendem Einkommen als auch mit höherem Bildungsniveau zunimmt. Auch hier kann also nicht davon ausgegangen werden, dass mit steigendem Einkommen eine Verhaltensänderung der Konsument*innen eintritt oder durch vermehrte Bewusstseinsbildung erreicht werden kann. Wer mehr Geld zur Verfügung hat bzw. einen höheren Bildungsabschluss, fliegt zwar zunehmend mit schlechtem Gewissen – dafür spricht die vermehrte Diskussion um CO₂-Kompensationen für Flüge – aber die Fluggastzahlen steigen statt zu sinken. Mögliche Instrumente, die dem entgegenwirken könnten, sind eine Kerosinsteuer oder eine Mehrwertsteuererhebung auf internationalen Flügen.

Übergreifend kann festgehalten werden, dass bei der Ausgestaltung von Maßnahmen bei der Mobilität die Höhe der Abgaben verstärkt an den Umweltbelastungen der einzelnen Verkehrsträger ausgerichtet werden sollte. Bisher kommen der Pkw und vor allem das Flugzeug hierbei sehr gut weg, während der ÖPNV relativ hoch belastet ist. Bei allen anreizbasierten Instrumenten sollte zudem in Erwägung gezogen werden, die Abgaben progressiv auszugestalten, also Vielfahrer*innen und Vielflieger*innen überproportional zu belasten. Die erzielten Einnahmen könnten dann zur Förderung von emissionsarmen Verkehrsalternativen wie dem Fuß- und Rad- und dem öffentlichen Verkehr eingesetzt werden. Diese Herangehensweise leistet gleichzeitig einen Beitrag zum sozialen Ausgleich, da niedrige Einkommensgruppen oft öffentliche Verkehrsmittel nutzen. Hingegen würden Haushalte mit hohem Einkommen, die die Umwelt besonders stark belasten, den größten Teil der Abgabenlast tragen. Hierdurch könnte etwaigen sozialen Verwerfungen entgegengewirkt werden, da die unteren Lohngruppen vor allem durch die Förderung umweltschonender Verkehrsalternativen profitieren würden.

Darüber hinaus sollte der Konsumbereich Wohnen keinesfalls außer Acht gelassen werden. Hier zeigt sich, dass gerade die höchsten Einkommensgruppen höhere Treibhausgasemissionen verursachen. Noch stärker ist der Effekt bei der Landnutzung. Bisherige politische Initiativen, die vor allem auf den Neubau von Wohnraum ausgerichtet sind, befördern diese. Vielmehr sollten Maßnahmen ergriffen werden, die den bestehenden Wohnraum effizienter nutzen. Zudem könnten Anreizsysteme geschaffen werden, um älteren Menschen den Umzug in kleinere Wohnungen zu erleichtern und somit dem weit dokumentierten Remanenzeffekt entgegenzuwirken. Darüber hinaus könnten selbst genutzte Zweitwohnungen steuerlich stärker belastet werden.

Neben Maßnahmen zur Lenkung des Konsums sollten vor dem Hintergrund der Studienergebnisse mögliche Umweltfolgen weiterer Einkommenszuwächse allgemein verstärkt Eingang in den politischen und gesellschaftlichen Diskurs finden. Bisher herrscht hier ein breiter Konsens, dass höhere Einkommen und somit Wachstum erstrebenswert sind. Es sollte jedoch vielmehr über alternative Wohlfahrtskonzepte nachgedacht werden. Überlegungen zur Postwachstums-Gesellschaft oder zum Zeitwohlstand, die bisher nur marginal in der Öffentlichkeit wahrgenommen werden, bieten hierfür mögliche theoretische Grundlagen. Praktische Ansatzpunkte wären beispielsweise eine noch stärkere Förderung von Teilzeitarbeit.

8.3 Weiterer Forschungsbedarf

Insgesamt hat die vorliegende Studie auf einer breiten Datenbasis zum Konsum privater Haushalte und Ökobilanzen zahlreiche Treiber des Ressourcenverbrauchs identifiziert, die Ansatzpunkte für politische Interventionen bieten. Teile dieser Ergebnisse basieren auf Querschnittanalysen, die nur bedingt dazu dienen können, den zukünftigen Ressourcenverbrauch durch weitere Einkommenssteigerungen vorherzusagen.

So kann zwar festgestellt werden, dass Haushalte mit höherem Einkommen im Durchschnitt mehr konsumieren und einen höheren Ressourcenverbrauch haben, jedoch nicht, wie sich Einkommensänderungen über die Zeit auf Änderungen im Konsum niederschlagen. Dies kann nur durch Längsschnittdaten geleistet werden, die für denselben Haushalt Einkommen und Konsum zu verschiedenen Zeitpunkten messen. Diese lagen für diese Studie nur für ausgewählte Produkte und Dienstleistungen vor. Dennoch konnte die enorme Detailtiefe der eigenen Querschnittbefragungen – gerade im Konsumbereich Mobilität – zahlreiche neue und interessante Zusammenhänge aufdecken.

Darüber hinaus ist zu erwähnen, dass im Rahmen der vorliegenden Analysen nicht alle Konsumbereiche konsum- und ressourcenseitig vollständig abgedeckt werden konnten. So konnten im Konsumbereich Mobilität Kreuzfahrten aufgrund inadäquater Daten in der Ressourcenanalyse nur bedingt berücksichtigt werden. Für den Konsumbereich Ernährung wurden außerdem aufgrund der Vielfalt an Produkten nur ausgewählte Lebensmittel bzw. Lebensmittelgruppen in den Blick genommen. Hierdurch sind Aussagen zu Verschiebungen in der Qualität des Konsums – wie sie hier für bio versus konventionell erzeugte Lebensmittel exemplarisch gelungen ist – sowie die damit verbundenen Veränderungen im Ressourcenverbrauch nur bedingt möglich.

Weiterhin wurde in diesem Konsumbereich in vielen Fällen von monetären Ausgaben über einen Umrechnungsfaktor auf den Konsum von Mengeneinheiten rückgeschlossen. Allerdings variieren Preise für gleichwertige Konsumgüter, und der Zusammenhang zwischen Ausgaben und Umweltwirkung ist für Konsumgüter nicht zwingend linear.

Zukünftige Studien könnten hier ansetzen und für eine Auswahl besonders ressourcenintensiver Lebensmittel im Detail Berechnungen auf Basis der Anzahl gekaufter Lebensmittel vornehmen. In einem nächsten Schritt wäre es zudem interessant, ein Gesamtbild der Ressourcenverbräuche des Konsums zu bestimmen sowie Substitutionseffekte und Qualitätsverschiebungen im Konsum im Detail zu erfassen.

Multiregionale Input-Output-Datenbanken wie die in diesem Vorhaben bereits verwendeten EORA und EXIOBASE bieten diesen Gesamtüberblick und decken auch den Dienstleistungssektor gut ab. Die letzten Versionen dieser Datenbanken enthalten jeweils zahlreiche Indikatoren zu Ressourcenverbrauch und Klimawandel und scheinen daher grundsätzlich geeignet. Sie sind jedoch nicht in der Lage, Qualitätsverschiebungen im Konsum abzubilden (z.B. Umstieg von einfachem Fleisch zum Konsum höherwertigen Fleisches); außerdem sind sie in der Regel zu grob strukturiert und erlauben es nicht, Produktarten fein zu unterscheiden (z.B. Lammfleisch gegen Rindfleisch).

Die Datenbanken sollten auch durch Untersuchungen zu Substitutionseffekten (z.B. Autofahrt statt Fleischkonsum) sowie zu Qualitätsänderungen im Konsum ergänzt werden. Grundlage für diese Untersuchungen sollten wieder empirisch erhobene Daten sein, die jedoch durch qualitative Modellierungen (Einflussdiagramme und Kausaldiagramme) ergänzt werden sollten, um ein möglichst vollständiges Bild der Zusammenhänge zu erhalten.

Ein weiterer Aspekt, der Gegenstand zukünftiger Untersuchungen sein sollte, ist die Berücksichtigung weiterer erklärender Variablen. Insbesondere bei der Analyse der Flugreisen hat sich gezeigt, dass nur ein relativ geringer Anteil bei der Anzahl der geflogenen Kilometer durch die hier berücksichtigten Einflussgrößen erklärt werden kann. Beispiele für weitere Effekte könnten Wertevorstellungen, soziale Normen, oder soziale Interaktionen sein.

Abschließend könnte analysiert werden, welche Umweltkosten mit dem einkommensinduzierten Ressourcenverbrauch verbunden sind. Die vorliegenden Ergebnisse weisen klar darauf hin, dass reichere Haushalte auch höhere Umweltkosten verursachen. Hieraus kann die Forschungsfrage abgeleitet werden, inwieweit diese Umweltkosten durch das bestehende Abgabenregime bereits internalisiert werden. Ein Vergleich von Umweltkosten und Steuerbelastung könnte – gerade vor der aktuellen Diskussion zu einer CO₂-Steuer – vielversprechende Ergebnisse hinsichtlich einer sozialverträglichen Anpassung des bestehenden Abgabensystems liefern.

9 Quellenverzeichnis

- Bagliania, M.; Bravo, G.; Dalmazzone, S. (2008): A consumption-based approach to environmental Kuznets curves using the ecological footprint indicator. In: *Ecological Economics* 65, S. 650-661.
- Büchs, M., & Schnepf, S. V. (2013): Who emits most? Associations between socio-economic factors and UK households' home energy, transport, indirect and total CO2 emissions. In: *Ecological Economics*, 90, S. 114-123.
- CEN. (2006): Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework (ISO 14040:2006) <https://www.iso.org/standard/37456.html> (29.11.2019).
- Deschermeier, P.; Henger, R. (2008): Die Bedeutung des zukünftigen Kohorteneffekts auf den Wohnflächenkonsum. *IW-Trends* 3. 2015. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft.
- DeStatis (2017): Wirtschaftsrechnungen, Einkommen, Einnahmen und Ausgaben privater Haushalte 2015, Erschienen am 17. Januar 2017, korrigiert am 20. Juni 2017, Fachserie 15 Reihe 1, Berlin 2017, Statistisches Bundesamt.
- DeStatis (2018): Laufende Wirtschaftsrechnungen Einkommen, Einnahmen und Ausgaben privater Haushalte 2017. Fachserie 15 Reihe 1. Wiesbaden, Statistisches Bundesamt.
- DeStatis (2019): Einkommen, Einnahmen und Ausgaben nach dem monatlichen Haushaltsnettoeinkommen.
- European Environment Agency (2012): Konsum der Haushalte. <http://www.eea.EURpa.eu/de/themes/households/intro>.
- Frick, R.; Grimm, B. (2014): Langstreckenmobilität - Aktuelle Trends und Zukunftsperspektiven. ifmo, NIT, INFRAS, München, Kiel, Bern.
- Giegrich, J.; Liebich, A.; Lauwigi, C.; Reinhardt, J. (2012): Indikatoren / Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion. Umweltbundesamt. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/indikatoren-kennzahlen-fuer-den-rohstoffverbrauch>.
- Gigerenzer, G. (2018): Statistical Rituals: The Replication Delusion and How We Got There. In: *Advances in Methods and Practices in Psychological Science* 1(3), 198-218.
- Gill, B.; Moeller, S. (2018): GHG emissions and the rural-urban divide. A carbon footprint analysis based on the German official income and expenditure survey. In: *Ecological Economics*, 145, S. 160-169.
- Ivanova, D.; Stadler, K.; Steen-Olsen, K.; Wood, R.; Vita, G.; Tukker, A.; Hertwich, E. G. (2016): Environmental impact assessment of household consumption. In: *Journal of Industrial Ecology*, 20(3), S. 526-536.
- Ivanova, D.; Vita, G.; Steen-Olsen, K.; Stadler, K.; Melo, P. C.; Wood, R.; Hertwich, E. G. (2017): Mapping the carbon footprint of EU regions. In: *Environmental Research Letters*, 12(5), S. 1-13.
- Jones, C. M.; Kammen D. M. (2011): Quantifying Carbon Footprint Reduction Opportunities for U.S. Households and Communities. In: *Environmental Science and Technology* (45), S. 4088-4095.
- Kerkhof, A. C.; Nonhebel, S.; Moll, H. C. (2009). Relating the environmental impact of consumption to household expenditures: an input-output analysis. In: *Ecological Economics*, 68(4), S. 1160-1170.
- Kleinhüchelkotten, S.; Moser, S.; Neitzke, H.P. (2016): Repräsentative Erhebung von Pro-Kopf-Verbräuchen natürlicher Ressourcen in Deutschland (nach Bevölkerungsgruppen). Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_39_2016_repraesentative_erhebung_von_pro-kopf-verbraeuchen_natuerlicher_ressourcen.pdf.
- Jan Kosmol, J.; Kanthak, J.; Herrmann, F.; Golde, M.; Alsleben, C.; Penn-Bressel, G.; Schmitz, S.; Gromke, U. (2012) Glossar Zum Ressourcenschutz. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4242.pdf>.
- Peichl, T. (2014): Von Träumern, Abenteurern und Realisten – Das Zielgruppenmodell der GfK Roper Consumer Styles. In: (Halfmann, M. [Hrsg.]) (2014): *Zielgruppen im Konsumentenverhalten*. Springer, Berlin.
- Petrack, J. F. (2005): Segmenting cruise passengers with price sensitivity. In: *Tourism Management* 26, S. 753-762.
- Pompl, W. (2007): *Luftverkehr- Eine ökonomische und politische Einführung*. Springer, Berlin.
- Stromauskunft.de. (n.d.). Stromkosten nach Bundesländern - StromAuskunft.de. from <https://www.stromauskunft.de/strompreise/stromkosten-vergleich/stromkosten-nach-bundeslaendern/>. (5.11.2018)

Umweltbundesamt (2012) : Indikatoren / Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion. In: UBA Texte 01/2012.

Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz e.V. (2017): Kosten verschiedener Heizungssysteme im Vergleich. https://www.verbraucherzentrale-rlp.de/sites/default/files/2017-11/Einleger_Kostenvergleich_Heizungen%2024_08_2017_0.pdf.

Wernet, G.; Bauer, C. ; Steubing, B.; Reinhard, J.; Moreno-Ruiz, E.; Weidema, B. (2016): The Ecoinvent Database Version 3 (Part I): Overview and Methodology. In: The International Journal of Life Cycle Assessment 21 (9), S. 1218–1230.
<https://doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8>.

Wood, R.; Stadler, K.; Bulavskaya, T.; Lutter, S.; Giljum, S.; de Koning, A.; Tukker, A. (2014). Global Sustainability Accounting—Developing EXIOBASE for Multi-Regional Footprint Analysis. In: Sustainability, 7(1), S. 138–163.

Wooldridge, J. M (2010): Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data, Second Edition. MIT Press, Cambridge.

Zhang, J.; Yu, B.; Cai, J.; Wei, Y. M. (2017): Impacts of household income change on CO2 emissions: An empirical analysis of China. In: *Journal of Cleaner Production*, 157, S. 190-200.

10 Anhang 1: Der Kumulierte Rohstoffaufwand (KRA)

Im Folgenden wird eine beispielhafte Berechnung des KRA aus Ökobilanzdaten aufgeführt. Es wird eine KRA-Wirkungsabschätzungsmethode angewendet, die speziell für den Prozess „intrakontinentale Flugreise“ aus ecoinvent entwickelt wurde. Diese Methode erfasst bei anderen Prozessen möglicherweise nicht jeden einzelnen Prozess in der Wertschöpfungskette.

10.1 Einleitung

Der Kumulierte Rohstoffaufwand (KRA) bezeichnet die Summe der zur Bereitstellung eines Produktes eingesetzten Rohstoffmengen entlang der Wertschöpfungskette²⁵. Die kumulierte Masse der von der Rohstoffextraktion bis zur Fertigung eines bestimmten Zielproduktes verwendeten Rohstoffe ist häufig um ein Vielfaches höher als die Masse des produzierten Zielproduktes selbst.

Die Sachbilanz ist der Bestandteil der Ökobilanz, der die Zusammenstellung und Quantifizierung von Inputs aus der Umwelt und Outputs in die Umwelt (sogenannter Elementarflüsse) eines gegebenen Produktes im Verlauf seines Lebensweges umfasst (CEN 2006). Da der KRA eine Quantifizierung der (Rohstoff-)Inputs eines Produktes ist, sollte die Sachbilanz also theoretisch auch Rückschlüsse auf den KRA eines Produktes zulassen; sie ist daher ein logischer Startpunkt für die Analyse.

Der KRA ist bisher nicht als Methode zur Wirkungsabschätzung in LCA Software integriert. Im Gegensatz beispielsweise zur Methode Climate Change kann der KRA also noch nicht auf Knopfdruck berechnet werden. Vielmehr ist zu seiner Bestimmung bislang Handarbeit nötig. Letzteres ist mit hohem Arbeitsaufwand verbunden, der die breitflächige Anwendung des KRA als Indikator für den Ressourcenverbrauch von Produkten und Dienstleistungen verhindert.

10.2 Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, den KRA basierend auf Daten zur Ökobilanzierung beispielhaft aus der Sachbilanz für *intrakontinentale Flugreise* zu berechnen, um zu untersuchen ob, und wenn ja unter Durchführung welcher Einzelschritte, sich der KRA als Wirkungsabschätzungsmethode in LCA Software automatisieren ließe. In einem weiteren Schritt wird testweise eine vorläufige automatisierte KRA-Wirkungsabschätzungsmethode zu Demonstrationszwecken in LCA Software implementiert.

10.3 Methodik

Zur beispielhaften Berechnung des KRA wird auf die Datenbank ecoinvent v3.3 (Wernet et al. 2016) zurückgegriffen und auf die Sachbilanz für den darin enthaltenen (nach seinem Referenzprodukt benannten) Prozess *transport, passenger, aircraft, intracontinental* / *transport, passenger, aircraft* / *cut-off, U*²⁶ – für einen Output von 1.500 Personenkilometern. Zunächst werden die in der Sachbilanz vorkommenden Inputflüsse kategorisiert und anschließend der KRA berechnet.

10.3.1 Intrakontinentale Flugreise in ecoinvent 3.3

Der Prozess *intrakontinentale Flugreise* in ecoinvent berücksichtigt Inputflüsse für den Bau eines Flughafens, die Fertigung eines Mittelstreckenflugzeugs sowie für den Verbrauch von Kerosin (Abbildung 8).

²⁵ „Der Kumulierte Rohstoffaufwand (KRA) wird definiert als die Summe aller in ein System eingehenden Rohstoffe – außer Wasser und Luft – ausgedrückt in Gewichtseinheiten“ (Giegrich et al. 2012)

²⁶ „cut-off“ bezeichnet das Default-Modell der ecoinvent Datenbank, bei dem in einen Prozess eingehende Rezyklate vereinfacht gesagt nicht weiterverfolgt werden, also ohne Vorbelastungen aus ihrem vorhergehenden Lebensweg eingesetzt werden

Abbildung 8: Inputflüsse des Prozesses *transport, passenger, aircraft, intracontinental* | *transport, passenger, aircraft* | *cut-off, U*

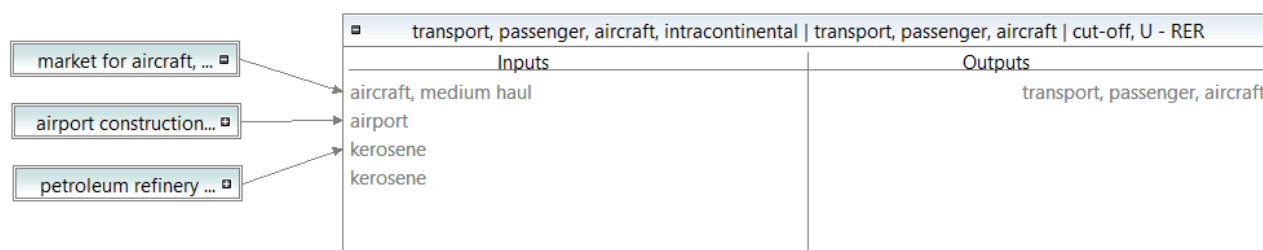
Inputs/Outputs: transport, passenger, aircraft, intracontinental | transport, aircraft | cut-off, U

▼ Inputs

Flow	Category
 aircraft, medium haul	303:Manufacture of air and spacecraft and related machinery/3030:Manufac...
 airport	421:Construction of roads and railways/4210:Construction of roads and ra...
 kerosene	192:Manufacture of refined petroleum products/1920:Manufacture of refine...
 kerosene	192:Manufacture of refined petroleum products/1920:Manufacture of refine...

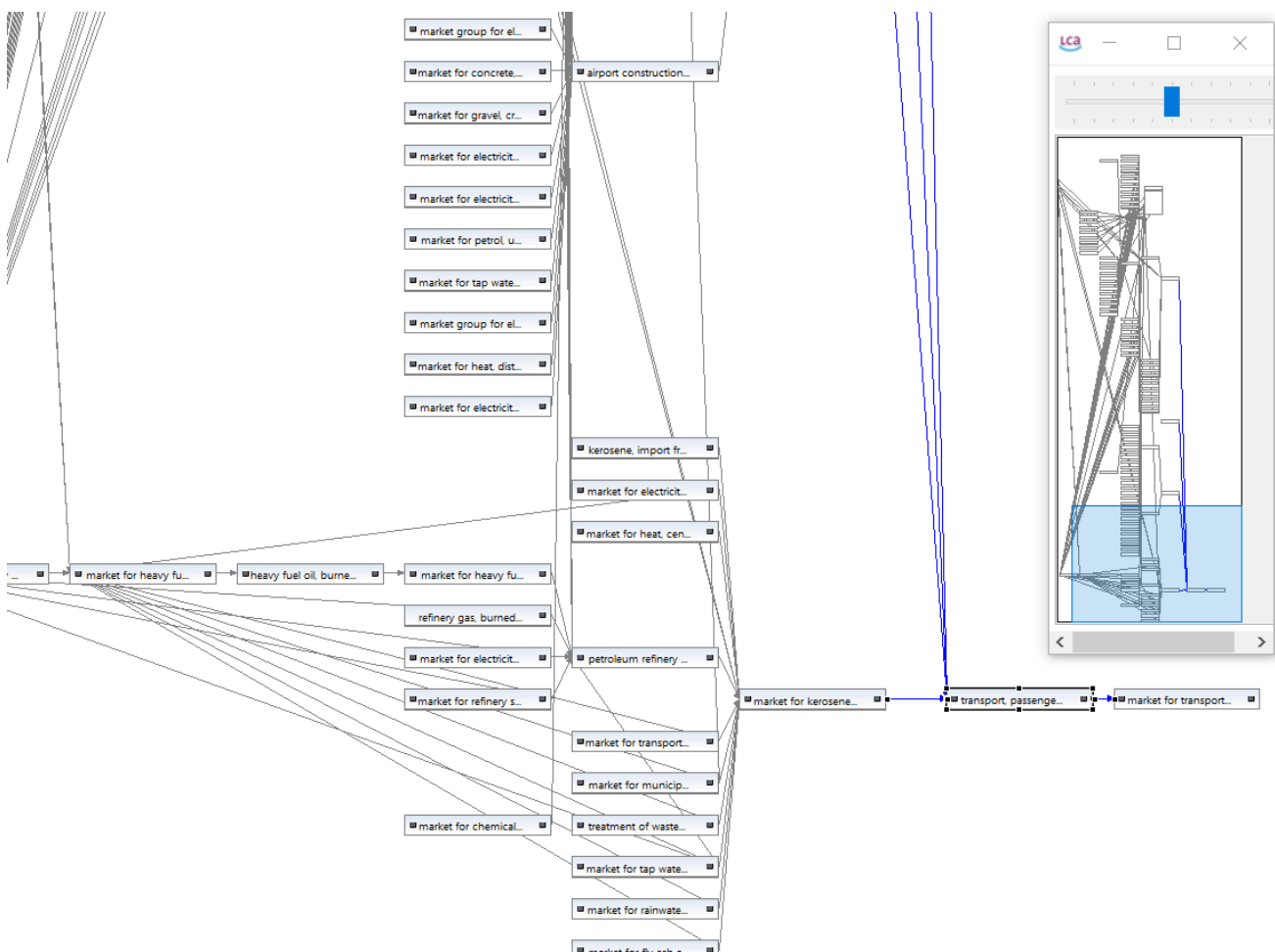
Jeder dieser Inputflüsse wird von einem oder mehreren Prozessen gefertigt und für den Prozess *intra-kontinentale Flugreise* zur Verfügung gestellt. Der Inputfluss *airport* beispielsweise wird durch den Prozess *Flughafenbau* bereitgestellt und der Inputfluss *kerosene* durch den Prozess *Betrieb einer Erdöl-raffinerie* (Abbildung 9). Analog zum Prozess *intra-kontinentale Flugreise* berücksichtigen auch diese Prozesse verschiedene Inputflüsse, die von anderen Prozessen erzeugt werden (Abbildung 10).

Abbildung 9: Prozesse sind durch Flüsse miteinander verbunden, die die Bereitstellung von Produkten für nachfolgende Prozesse darstellen, Bild aus openLCA



Durch diese Vernetzung von Prozessen über Outputflüsse und Inputflüsse entsteht ein sogenanntes Produktsystem mit über 9.000 Einzelprozessen und über 90.000 Verknüpfungen zwischen Prozessen, das im Folgenden wiederum als *intra-kontinentale Flugreise* bezeichnet wird. Theoretisch müssten zur Berechnung des KRA alle aus der Umwelt in das Produktsystem einfließenden Flüsse, die sich in einer Masseneinheit ausdrücken lassen, berücksichtigt werden und auch ausreichen.

Abbildung 10: Ausschnitt des Modellgraphs für intrakontinentale Flugreise, Bild aus openLCA



10.3.2 KRA Faktor und die Berechnung des KRA aus der Sachbilanz

Zur Berechnung des KRA ist es naheliegend, für alle Inputflüsse einer Sachbilanz einen Faktor zu bestimmen, der den individuellen KRA-Wert jedes einzelnen Flusses wiedergibt. Der im Folgenden so genannte KRA Faktor ist der Quotient aus der Gesamtmasse an Rohstoffen, die für einen bestimmten Inputfluss verwendet werden (beispielsweise abgebautes Gestein), und der Masse des Inputflusses selbst (z.B. ein bestimmtes Mineral). Unter Verwendung des KRA Faktors kann dann aus der Elementarflussmasse in der Sachbilanz von einem Prozess der KRA einzelner eingehender Elementarflüsse und damit auch der gesamte KRA eines Produktes über seinen Lebensweg berechnet werden. Sollten für alle in einer Datenbank zur Ökobilanzierung vorkommenden Elementarflüsse KRA Faktoren vorliegen, könnte der KRA über eine angepasste Wirkungsabschätzungsmethode automatisch in LCA Software berechnet werden.

$$\text{KRA Faktor} = \frac{\text{Elementarflussmasse in der Sachbilanz}}{\text{Benötigte Gesamtrohstoffmasse zur Gewinnung des Elementarflusses}}$$

Die Inputflüsse der Sachbilanz für 1.500 Personenkilometer *intrakontinentale Flugreise* (Tabelle 45) können zur Berechnung des KRA Faktors in verschiedene Kategorien oder Klassen eingeteilt werden. Für zwei dieser Klassen ist die Berechnung des KRA Faktors trivial, der KRA Faktor ist 0 oder 1, während der KRA Faktor für andere Klassen auf Basis der Menge der Inputflüsse in der Sachbilanz ermittelt werden muss – Tabelle 39 zeigt einige Beispiele.

Tabelle 39: Klassifizierung von Elementarflüssen zur Berechnung des KRA Faktors

Klasse	Be- rech- nung	KRA Fak- tor	Kategorie	Beispielflüsse
KL1	Trivial	0	Nicht massenbasierte Elementarflüsse	Sonnenenergie, Strahlung, Lärm, Landnutzungsänderung, Raumaneignung, Raumbesetzung
KL2	Trivial	1	Massenbasierte Elementarflüsse mit Masseneinheit; die Masse des Elementarflusses entspricht der Masse des Rohstoffs, der extrahiert wurde; der Elementarfluss ist in einer Masseneinheit angegeben	Gase, Gasgemische, Sand
KL3	Nicht trivial	?	Massenbasierte Elementarflüsse angegeben in einer von Masse verschiedenen Einheit; Die Masse des Elementarflusses entspricht der Masse des Rohstoffs, der extrahiert wurde; der Elementarfluss ist aber nicht in einer Masseneinheit angegeben; die Masse muss über die Dichte mit einem Umrechnungsfaktor bestimmt werden	Gase
KL4a	Nicht trivial	?	Massenbasierte Elementarflüsse mit Masseneinheit und Angaben zum Reingehalt; die Masse des Elementarflusses in der Sachbilanz entspricht nicht der Masse an Rohstoff die extrahiert wurde (diese wurde in der Datenbank nicht berücksichtigt); die tatsächliche extrahierte Masse ist größer und lässt sich aus Angaben in der Datenbank berechnen	„Copper, 0.59% in sulfide, Cu 0.22% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground“ ²⁷
KL4b	Nicht trivial	?	Massenbasierte Elementarflüsse ohne Angabe zum Reingehalt; die Masse des Elementarflusses in der Sachbilanz entspricht nicht der Masse an Rohstoff die extrahiert wurde; die tatsächliche extrahierte Masse ist z.B. aufgrund von Abfallprodukten oder Trocknungsprozessen größer und unbekannt	Holz

Diese verschiedenen Klassen werden nachfolgend ausführlicher am Beispiel der Flugreisen besprochen.

10.3.2.1 KL1: Nicht massenbasierte Elementarflüsse

Nicht massenbasierte Elementarflüsse aus der Sachbilanz für *intrakontinentale Flugreise* werden, da es sich beim KRA Faktor um einen Massequotienten handelt, nicht berücksichtigt. Entsprechend ist der KRA Faktor für diese Flüsse gleich 0. Tabelle 40 zeigt einige Flüsse aus dem Fallbeispiel, weitere Flüsse mit kleineren Beiträgen sind nicht aufgeführt.

²⁷ Originalbezeichnung aus der Datenbank

Tabelle 40: Nicht massenbasierte Elementarflüsse aus der Sachbilanz von 1.500 Personenkilometer *intrakontinentale Flugreise, Ausschnitt*

Elementarfluss	Betrag	Einheit	Klasse	KRA Faktor
Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	7.88807	MJ	KL1	0
Energy, gross calorific value, in biomass	4.57039	MJ	KL1	0
Energy, kinetic (in wind), converted	1.38366	MJ	KL1	0
Occupation, forest, intensive	0.63034	m2*a	KL1	0
Occupation, industrial area	0.24769	m2*a	KL1	0
Energy, geothermal, converted	0.19482	MJ	KL1	0
Volume occupied, reservoir	0.15014	m3*a	KL1	0
Occupation, traffic area, road network	0.11762	m2*a	KL1	0
Transformation, from forest, unspecified	0.08592	m2	KL1	0
Transformation, to mineral extraction site	0.08353	m2	KL1	0
Energy, solar, converted	0.0553	MJ	KL1	0
Occupation, river, artificial	0.04063	m2*a	KL1	0
Occupation, lake, artificial	0.03499	m2*a	KL1	0
Occupation, dump site	0.0325	m2*a	KL1	0
Energy, gross calorific value, in biomass, primary forest	0.02296	MJ	KL1	0
Occupation, mineral extraction site	0.02049	m2*a	KL1	0
Occupation, traffic area, rail/road embankment	0.02039	m2*a	KL1	0
Transformation, from seabed, unspecified	0.00966	m2	KL1	0
Occupation, seabed, drilling and mining	0.00965	m2*a	KL1	0
Transformation, to seabed, drilling and mining	0.00965	m2	KL1	0
Transformation, to forest, intensive	0.00781	m2	KL1	0
Transformation, from forest, intensive	0.00752	m2	KL1	0
Occupation, construction site	0.00591	m2*a	KL1	0
Occupation, traffic area, rail network	0.00526	m2*a	KL1	0
Transformation, to annual crop, non-irrigated, intensive	0.00475	m2	KL1	0
Occupation, forest, extensive	0.00441	m2*a	KL1	0
Transformation, from annual crop	0.00335	m2	KL1	0
Occupation, annual crop, non-irrigated, intensive	0.0032	m2*a	KL1	0
Transformation, from unknown	0.00308	m2	KL1	0
Occupation, annual crop	0.00295	m2*a	KL1	0
Transformation, to heterogeneous, agricultural	0.0026	m2	KL1	0
Occupation, grassland, natural (non-use)	0.00182	m2*a	KL1	0
Transformation, to annual crop	0.0016	m2	KL1	0
Transformation, from annual crop, non-irrigated, intensive	0.00149	m2	KL1	0
Occupation, permanent crop	0.00126	m2*a	KL1	0
Transformation, from annual crop, non-irrigated	0.00108	m2	KL1	0
Transformation, to industrial area	0.00106	m2	KL1	0
Transformation, to traffic area, road network	0.0009	m2	KL1	0
Occupation, permanent crop, irrigated	0.00049	m2*a	KL1	0
Occupation, shrub land, sclerophyllous	0.00044	m2*a	KL1	0
Transformation, to river, artificial	0.00036	m2	KL1	0
Transformation, from forest, extensive	0.00035	m2	KL1	0
Transformation, to annual crop, non-irrigated, extensive	0.00033	m2	KL1	0
Transformation, to lake, artificial	0.00031	m2	KL1	0
Occupation, annual crop, non-irrigated, extensive	0.0003	m2*a	KL1	0
Transformation, from pasture, manmade, intensive	0.00029	m2	KL1	0
Transformation, to dump site	0.00025	m2	KL1	0
Transformation, from annual crop, non-irrigated, extensive	0.00024	m2	KL1	0
Transformation, from pasture, man made	0.00021	m2	KL1	0
Occupation, annual crop, irrigated	0.0002	m2*a	KL1	0
Transformation, from mineral extraction site	0.00013	m2	KL1	0
Transformation, from shrub land, sclerophyllous	0.00012	m2	KL1	0
Transformation, to forest	0.00012	m2	KL1	0
Transformation, to permanent crop	0.00011	m2	KL1	0
Transformation, to traffic area, rail/road embankment	0.0001	m2	KL1	0

10.3.2.2 KL2: Massenbasierte Elementarflüsse mit Masseneinheit

Unter der Annahme, dass die verwendete Datenbank für Lebenszyklusdaten alle Rohstoffverbräuche entlang der Wertschöpfungskette enthält, ergibt sich der KRA für massenbasierte Elementarflüsse mit Masseneinheit, also der oben eingeführten Klasse 2, direkt aus der Gesamtmasse der Elementarflüsse in der Sachbilanz. Der KRA Faktor ist 1. Tabelle 41 zeigt einige Beispiele.

Tabelle 41: Massenbasierte Elementarflüsse aus der Sachbilanz von 1.500 Personenkilometer *intra-kontinentale Flugreise* mit einem KRA Faktor gleich 1, Ausschnitt

Elementarfluss	Betrag	Einheit	Klasse	KRA Faktor
Oil, crude, in ground	79.80914	kg	KL2	1
Gravel, in ground	2.8527	kg	KL2	1
Coal, hard, unspecified, in ground	2.66209	kg	KL2	1
Coal, brown, in ground	1.19128	kg	KL2	1
Calcium carbonate, in ground	0.53178	kg	KL2	1
Carbon dioxide, in air	0.41559	kg	KL2	1
Gangue, bauxite, in ground	0.29036	kg	KL2	1
Clay, unspecified, in ground	0.15237	kg	KL2	1
Nitrogen	0.10357	kg	KL2	1
Oxygen, in air	0.06031	kg	KL2	1
Sodium chloride, in ground	0.04467	kg	KL2	1
Aluminium	0.02734	kg	KL2	1
Peat, in ground	0.02576	kg	KL2	1
Clay, bentonite, in ground	0.02458	kg	KL2	1
Gypsum, in ground	0.01266	kg	KL2	1
Shale, in ground	0.00215	kg	KL2	1
Dolomite, in ground	0.00194	kg	KL2	1
Argon-40	0.00192	kg	KL2	1
Basalt, in ground	0.0017	kg	KL2	1
Sodium sulphate, various forms, in ground	0.00133	kg	KL2	1
Carbon, in organic matter, in soil	0.00116	kg	KL2	1

10.3.2.3 KL3: Massenbasierte Elementarflüsse ohne Masseneinheit

Die Einheiten der massenbasierten Elementarflüsse in der Sachbilanz (typischerweise extrahierbare Bodenrohstoffe oder biotische Ressourcen) können in Masse umgerechnet werden. Der KRA ergibt sich dann aus der Gesamtmasse der Elementarflüsse in der Sachbilanz (Vollständigkeit der Daten vorausgesetzt, vgl. Abschnitt 10.3.2.2). Tabelle 42 stellt wieder beispielhafte Flüsse vor.

Tabelle 42: Massenbasierte Elementarflüsse aus der Sachbilanz von 1.500 Personenkilometer *intra-kontinentale Flugreise* ohne Masseneinheit, der KRA Faktor wurde manuell ergänzt und bezieht sich auf die Umrechnung in Kilogramm

Elementarfluss	Betrag	Einheit	Klasse	KRA Faktor
Gas, natural, in ground	3.88402	m ³	KL3	0.5
Gas, mine, off-gas, process, coal mining	0.0247	m ³	KL3	0.5

10.3.2.4 KL4a: Massenbasierte Elementarflüsse mit Masseneinheit und Angaben zum Reingehalt

Einige massenbasierte Elementarflüsse speziell in ecoinvent, also in der Datenbank die im Beispiel verwendet wird, sind mit einer Reinheitsangabe versehen, so z.B. „Iron, 46% in ore, 25% in crude ore, in ground“ (Tabelle 43). Hierbei handelt es sich um 100%iges Eisen, das aus 25%igem Roherz gewonnen wurde. In solchen Fällen ist es möglich, KRA Faktoren direkt aus den Angaben in den Elementarflüssen zu berechnen. Der hierfür benötigte Faktor ergibt sich aus dem Anteil der Reinform des Rohstoffs (z.B. Roheisen) an dem insgesamt geförderten Rohstoff (z.B. Eisenerz), der Neben- und Abfallprodukte enthält. Um 1kg Eisen aus 25%igem Roheisen zu gewinnen, muss $\frac{1}{0,25} \cdot 1\text{kg}$ Roheisen gefördert werden, der KRA Faktor ist daher $\frac{1}{0,25} = 4$.

Tabelle 43: Massenbasierte Elementarflüsse aus der Sachbilanz von 1.500 Personenkilometer *intra-kontinentale Flugreise*, deren KRA Faktor sich aus Angaben zur Reinheit im Flussname berechnen lässt.

Elementarfluss	Betrag	Einheit	Klasse	KRA Faktor
Iron, 46% in ore, 25% in crude ore, in ground	0.56677	kg	KL4a	4
Barite, 15% in crude ore, in ground	0.32459	kg	KL4a	6.666667
Fluorspar, 92%, in ground	0.00499	kg	KL4a	1.086957
Chromium, 25.5% in chromite, 11.6% in crude ore, in ground	0.00429	kg	KL4a	8.62069
Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crude ore, in ground	0.00357	kg	KL4a	96.15385
Magnesite, 60% in crude ore, in ground	0.00293	kg	KL4a	1.666667
Manganese, 35.7% in sedimentary deposit, 14.2% in crude ore, in ground	0.00264	kg	KL4a	7.042254
TiO ₂ , 54% in ilmenite, 2.6% in crude ore, in ground	0.00186	kg	KL4a	38.46154
Phosphorus, 18% in apatite, 4% in crude ore, in ground	0.001	kg	KL4a	25
Zinc, 9.0% in sulfide, Zn 5.3%, Pb, Ag, Cd, In, in ground	0.00088	kg	KL4a	18.86792
Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	0.00066	kg	KL4a	256.4103
Copper, 0.52% in sulfide, Cu 0.27% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	0.00057	kg	KL4a	370.3704
Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	0.00052	kg	KL4a	277.7778
Copper, 0.59% in sulfide, Cu 0.22% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	0.00052	kg	KL4a	454.5455
Lead, 5.0% in sulfide, Pb 3.0%, Zn, Ag, Cd, In, in ground	0.00049	kg	KL4a	33.33333
Copper, Cu 0.38%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Pb 0.014%, in ore, in ground	0.00047	kg	KL4a	263.1579
Copper, 0.97% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 4.1E-2% in crude ore, in ground	0.00036	kg	KL4a	103.0928
TiO ₂ , 95% in rutile, 0.40% in crude ore, in ground	0.00029	kg	KL4a	250
Zirconium, 50% in zircon, 0.39% in crude ore, in ground	0.00028	kg	KL4a	256.4103
Fluorine, 4.5% in apatite, 1% in crude ore, in ground	0.00025	kg	KL4a	100
Iron, 72% in magnetite, 14% in crude ore, in ground	0.00018	kg	KL4a	7.142857
TiO ₂ , 54% in ilmenite, 18% in crude ore, in ground	0.00014	kg	KL4a	5.555556
Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	0.00014	kg	KL4a	45.6621
Sylvite, 25 % in sylvinit, in ground	0.00013	kg	KL4a	4
Phosphorus, 18% in apatite, 12% in crude ore, in ground	8.06E-05	kg	KL4a	8.333333
Zinc, Zn 0.63%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore, in ground	7.37E-05	kg	KL4a	158.7302
Cu, Cu 3.2E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0% in ore, in ground	7.07E-05	kg	KL4a	31.25
Lead, Pb 0.014%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, in ore, in ground	5.69E-05	kg	KL4a	7142.857
Nickel, 1.13% in sulfide, Ni 0.76% and Cu 0.76% in crude ore, in ground	5.31E-05	kg	KL4a	88.49558
Ni, Ni 2.3E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Cu 3.2E+0% in ore, in ground	5.11E-05	kg	KL4a	43.47826
Kaolinite, 24% in crude ore, in ground	4.99E-05	kg	KL4a	4.166667
Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	4.41E-05	kg	KL4a	70.42254
Molybdenum, 0.11% in sulfide, Mo 4.1E-2% and Cu 0.36% in crude ore, in ground	4.08E-05	kg	KL4a	90.90909
Cadmium, 0.30% in sulfide, Cd 0.18%, Pb, Zn, Ag, In, in ground	2.94E-05	kg	KL4a	333.3333
Copper, 1.13% in sulfide, Cu 0.76% and Ni 0.76% in crude ore, in ground	2.73E-05	kg	KL4a	88.49558
Fluorine, 4.5% in apatite, 3% in crude ore, in ground	2.01E-05	kg	KL4a	33.33333
Molybdenum, 0.016% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.27% in crude ore, in ground	1.38E-05	kg	KL4a	6250
Molybdenum, 0.025% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.39% in crude ore, in ground	1.32E-05	kg	KL4a	4000
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.22% in crude ore, in ground	1.16E-05	kg	KL4a	4545.455
Ni, Ni 3.7E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Cu 5.2E-2% in ore, in ground	7.73E-06	kg	KL4a	2702.703
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.36% in crude ore, in ground	6.78E-06	kg	KL4a	4545.455
Cu, Cu 5.2E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2% in ore, in ground	5.42E-06	kg	KL4a	1923.077
Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 1.83% in crude ore, in ground	4.14E-06	kg	KL4a	10000
Zinc, Zn 3.1%, in mixed ore, in ground	3.20E-06	kg	KL4a	32.25806
Aluminium, 24% in bauxite, 11% in crude ore, in ground	2.78E-06	kg	KL4a	9.090909
Tin, 79% in cassiterite, 0.1% in crude ore, in ground	1.83E-06	kg	KL4a	1000
Kieserite, 25% in crude ore, in ground	1.16E-06	kg	KL4a	4
Nickel, Ni 2.5E+0%, in mixed ore, in ground	1.16E-06	kg	KL4a	40
Molybdenum, 0.014% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.81% in crude ore, in ground	9.06E-07	kg	KL4a	7142.857
Silver, 0.007% in sulfide, Ag 0.004%, Pb, Zn, Cd, In, in ground	7.16E-07	kg	KL4a	14285.71
Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore, in ground	5.80E-07	kg	KL4a	103092.8
Indium, 0.005% in sulfide, In 0.003%, Pb, Zn, Ag, Cd, in ground	4.91E-07	kg	KL4a	1
Lithium, 0.15% in brine, in ground	4.56E-07	kg	KL4a	66.66667
Lead, Pb 3.6E-1%, in mixed ore, in ground	3.72E-07	kg	KL4a	277.7778
Copper, Cu 6.8E-1%, in mixed ore, in ground	3.21E-07	kg	KL4a	147.0588
Bromine, 0.23% in water	2.62E-07	kg	KL4a	434.7826
Copper, Cu 0.2%, in mixed ore, in ground	2.07E-07	kg	KL4a	500
Tantalum, 81.9% in tantalite, 1.6E-4% in crude ore, in ground	9.83E-08	kg	KL4a	625000
Iodine, 0.03% in water	4.69E-08	kg	KL4a	3333.333
Silver, Ag 4.2E-3%, Au 1.1E-4%, in ore, in ground	3.80E-08	kg	KL4a	909090.9
Pt, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore, in ground	3.55E-08	kg	KL4a	1923.077
Cobalt, Co 5.0E-2%, in mixed ore, in ground	2.36E-08	kg	KL4a	2000

Elementarfluss	Betrag	Einheit	Klasse	KRA Faktor
Pd, Pd 7.3E-4%, Pt 2.5E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore, in ground	1.61E-08	kg	KL4a	136986.3
Pd, Pd 2.0E-4%, Pt 4.8E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore, in ground	1.51E-08	kg	KL4a	500000
Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore, in ground	1.15E-08	kg	KL4a	103092.8
Silver, Ag 5.4E-3%, in mixed ore, in ground	5.63E-09	kg	KL4a	18518.52
Pt, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore, in ground	5.52E-09	kg	KL4a	400000
Gold, Au 6.7E-4%, in ore, in ground	4.39E-09	kg	KL4a	149253.7
Gold, Au 1.4E-4%, in ore, in ground	4.21E-09	kg	KL4a	714285.7
Gold, Au 4.9E-5%, in ore, in ground	4.12E-09	kg	KL4a	2040816
Gold, Au 7.1E-4%, in ore, in ground	2.03E-09	kg	KL4a	140845.1
Rh, Rh 2.4E-5%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore, in ground	1.78E-09	kg	KL4a	4166667
Gold, Au 1.3E-4%, Ag 4.6E-5%, in ore, in ground	1.41E-09	kg	KL4a	2173913
Gold, Au 1.1E-4%, Ag 4.2E-3%, in ore, in ground	1.01E-09	kg	KL4a	23809.52
Gold, Au 4.3E-4%, in ore, in ground	8.21E-10	kg	KL4a	232558.1
Silver, Ag 4.6E-5%, Au 1.3E-4%, in ore, in ground	5.05E-10	kg	KL4a	769230.8
Rh, Rh 2.0E-5%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore, in ground	4.41E-10	kg	KL4a	5000000
Silver, Ag 2.1E-4%, Au 2.1E-4%, in ore, in ground	3.13E-10	kg	KL4a	476190.5
Gold, Au 2.1E-4%, Ag 2.1E-4%, in ore, in ground	3.07E-10	kg	KL4a	476190.5
Gold, Au 1.8E-4%, in mixed ore, in ground	2.47E-10	kg	KL4a	555555.6
Gold, Au 9.7E-5%, Ag 7.6E-5%, in ore, in ground	1.14E-10	kg	KL4a	1315789
Silver, Ag 7.6E-5%, Au 9.7E-5%, in ore, in ground	8.97E-11	kg	KL4a	1030928
Silver, Ag 1.8E-6%, in mixed ore, in ground	8.62E-11	kg	KL4a	55555556
Palladium, Pd 1.6E-6%, in mixed ore, in ground	7.73E-11	kg	KL4a	62500000
Gold, Au 6.8E-4%, Ag 1.5E-4%, in ore, in ground	3.16E-11	kg	KL4a	666666.7
Gold, Au 5.4E-4%, Ag 1.5E-5%, in ore, in ground	2.33E-11	kg	KL4a	6666667
Platinum, Pt 4.7E-7%, in mixed ore, in ground	2.24E-11	kg	KL4a	2.13E+08
Silver, 3.2ppm in sulfide, Ag 1.2ppm, Cu and Te, in crude ore, in ground	1.12E-11	kg	KL4a	312500
Rhodium, Rh 1.6E-7%, in mixed ore, in ground	7.58E-12	kg	KL4a	6.25E+08
Silver, Ag 1.5E-4%, Au 6.8E-4%, in ore, in ground	7.10E-12	kg	KL4a	147058.8
Cerium, 24% in bastnasite, 2.4% in crude ore, in ground	6.04E-12	kg	KL4a	41.66667
Gold, Au 1.0E-7%, in mixed ore, in ground	4.87E-12	kg	KL4a	1E+09
Gallium, 0.014% in bauxite, in ground	1.90E-12	kg	KL4a	714.2857
Lanthanum, 7.2% in bastnasite, 0.72% in crude ore, in ground	1.81E-12	kg	KL4a	138.8889
Tellurium, 0.5ppm in sulfide, Te 0.2ppm, Cu and Ag, in crude ore, in ground	1.69E-12	kg	KL4a	2000000
Neodymium, 4% in bastnasite, 0.4% in crude ore, in ground	9.96E-13	kg	KL4a	250
Silver, Ag 1.5E-5%, Au 5.4E-4%, in ore, in ground	6.50E-13	kg	KL4a	185185.2
Praseodymium, 0.42% in bastnasite, 0.042% in crude ore, in ground	1.06E-13	kg	KL4a	2380.952
Samarium, 0.3% in bastnasite, 0.03% in crude ore, in ground	7.54E-14	kg	KL4a	3333.333
Gadolinium, 0.15% in bastnasite, 0.015% in crude ore, in ground	3.78E-14	kg	KL4a	6666.667
Europium, 0.06% in bastnasite, 0.006% in crude ore, in ground	1.51E-14	kg	KL4a	16666.67

10.3.2.5 KL4b: Massenbasierte Elementarflüsse ohne Angabe zum Reingehalt

Einige massenbasierte Elementarflüsse verbrauchen mehr Rohstoffmasse als in der Sachbilanz dargestellt. Dies ist beispielsweise der Fall für Holz, wenn die Masse des Zielprodukts z.B. aufgrund von Trocknungsprozessen geringer ist als die ursprünglich der Natur entnommene Rohstoffmasse. Tabelle 44 listet beispielhafte Flüsse aus der Fallstudie auf. Die KRA Faktoren basieren auf Literaturwerten und Annahmen.

Tabelle 44: Massenbasierte Elementarflüsse aus der Sachbilanz von 1.500 Personenkilometer *intra-kontinentale Flugreise*, die KRA Faktoren basieren auf Literaturwerten und Annahmen

Elementarfluss	Betrag	Einheit	Klasse	KRA Faktor
Wood, hard, standing	0.00021	m ³	KL4b	1,67
Wood, soft, standing	0.0002	m ³	KL4b	2.5
Wood, unspecified, standing	2.04E-09	m ³	KL4b	2

10.3.3 Limitierungen

Die Berechnung des KRA per LCA Software kann immer nur so genau sein wie die zugrundeliegende LCA Datenbank selbst und ist maßgeblich durch die Vollständigkeit einer Datenbank beeinflusst. Weitere Einflussfaktoren sind die Genauigkeit von Umrechnungsfaktoren z.B. von Volumen zu Masse oder

die Nichtberücksichtigung von Masseverlusten in der Sachbilanz z.B. durch Trocknungsprozesse von Holz.

Die Vollständigkeit der Sachbilanz über den gesamten Lebensweg von *intrakontinentaler Flugreise* wird an den Beispielen Rohöl und Gas plausibilisiert.

Rohöl

Der Elementarfluss „Oil, crude, in ground“ trägt mit 79,8 kg am meisten zum KRA von intrakontinentaler Flugreise bei. Der größte Teil dieser Masse „Oil, crude, in ground“ fließt über den Prozess *petroleum and gas production, on-shore | petroleum | cut-off, U* in den Intrakontinentalflug ein (Abbildung 11). Die Liste der Inputflüsse für *petroleum and gas production* umfasst einerseits verschiedene Chemikalien, Abfälle und Ressourcen andererseits aber auch Aufwendungen für den Bau von Infrastruktur (Abbildung 12). Alle eingehenden Inputflüsse werden im Lebenswegmodell weiterverfolgt. Die Berücksichtigung von infrastrukturellen Aufwendungen im Prozess *petroleum and gas production, on-shore | petroleum | cut-off, U* ist ein Indiz, dass wirklich alle Rohstoffverbräuche entlang der Wertschöpfungskette berücksichtigt werden und die Annahme der Datenvollständigkeit erfüllt ist. Davon geleitet wird der KRA direkt aus der Gesamtmasse der Elementarflüsse in der Sachbilanz berechnet.

Abbildung 11: Ausschnitt aus der Sachbilanz für *intrakontinentale Flugreise*, Beiträge zum Elementarfluss „Oil, crude, in ground“

Inventory results: transport, passenger, aircraft, intracontinental | transport, passenger, aircraft | cut-off, U (PDP)

Inputs

Cut-off 1 %

Name	Category	Sub-category	Amount	Unit
Oil, crude, in ground	Resource	in ground	79.92808	kg
P petroleum and gas production, on-shore petroleum cut-off, U	061:Extraction of crude petroleum	0610:Extraction of crude petroleum	24.28049	kg
P petroleum production, onshore petroleum cut-off, U - RME	061:Extraction of crude petroleum	0610:Extraction of crude petroleum	23.99829	kg
P petroleum production, onshore petroleum cut-off, U - RU	061:Extraction of crude petroleum	0610:Extraction of crude petroleum	10.47586	kg
P petroleum and gas production, off-shore petroleum cut-off, U	061:Extraction of crude petroleum	0610:Extraction of crude petroleum	9.90450	kg
P petroleum production, onshore petroleum cut-off, U - RoW	061:Extraction of crude petroleum	0610:Extraction of crude petroleum	3.16691	kg
P petroleum production, onshore petroleum cut-off, U - RAF	061:Extraction of crude petroleum	0610:Extraction of crude petroleum	2.44050	kg
P petroleum and gas production, on-shore petroleum cut-off, U	061:Extraction of crude petroleum	0610:Extraction of crude petroleum	2.34288	kg
P petroleum and gas production, off-shore petroleum cut-off, U	061:Extraction of crude petroleum	0610:Extraction of crude petroleum	1.94642	kg
P petroleum and gas production, off-shore petroleum cut-off, U	061:Extraction of crude petroleum	0610:Extraction of crude petroleum	1.28126	kg

Abbildung 12: Eingehende Flüsse für den Prozess *petroleum and gas production, on-shore | petroleum | cut-off, U*

Inputs/Outputs: petroleum and gas production, on-shore petroleum cut-off, U	
Inputs	
Flow	Category
F ₂ chemical, inorganic	201:Manufacture of basic chemicals, fertilizers and nitrogen compounds, ...
F ₂ chemical, organic	C:Manufacturing/20:Manufacture of chemicals and chemical products
F ₂ low level radioactive waste	382:Waste treatment and disposal/3822:Treatment and disposal of hazardou...
F ₂ municipal solid waste	382:Waste treatment and disposal/3821:Treatment and disposal of non-haza...
F ₂ municipal solid waste	382:Waste treatment and disposal/3821:Treatment and disposal of non-haza...
F ₂ natural gas, vented	061:Extraction of crude petroleum/0610:Extraction of crude petroleum
F ₂ offshore platform, petroleum	3011:Building of ships and floating structures/3011a: Construction of dr...
F ₂ Oil, crude, in ground	Resource/in ground
F ₂ onshore petroleum field infrastructure	091:Support activities for petroleum and natural gas extraction/0910:Sup...
F ₂ onshore well, oil/gas	091:Support activities for petroleum and natural gas extraction/0910:Sup...
F ₂ pipeline, petroleum	422:Construction of utility projects/4220:Construction of utility projects
F ₂ sweet gas, burned in gas turbine	351:Electric power generation, transmission and distribution/3510:Electr...
F ₂ waste natural gas, sweet	062:Extraction of natural gas/0620:Extraction of natural gas
F ₂ water discharge from petroleum/natural gas extraction, onshore	061:Extraction of crude petroleum/0610:Extraction of crude petroleum

Gas

Ein ähnliches Bild zeigt sich für den Elementarfluss „Gas, natural, in ground“ der massenmäßig am meisten durch den Prozess *sweet gas, burned in gas turbine | sweet gas, burned in gas turbine | cut-off, U - RoW* zur Sachbilanz von *intrakontinentale Flugreise* beigetragen (Abbildung 13). Auch dieser Prozess berücksichtigt neben Ressourcenverbrauch die Konstruktion von Infrastruktur (Abbildung 14) und über die Wertschöpfungskette auch Landnutzungsänderung.

Abbildung 13: Ausschnitt aus der Sachbilanz für *intrakontinentale Flugreise*, Beiträge zum Elementarfluss „Gas, natural, in ground“

Inventory results: transport, passenger, aircraft, intracontinental transport, passenger, aircraft cut-off, U		
Inputs		
		Cut-off 1 %
Name	Category	Sub-category
> F ₂ Oil, crude, in ground	Resource	in ground
> F ₂ Water, turbine use, unspecified natural origin	Resource	in water
> F ₂ Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	Resource	in water
> F ₂ Energy, gross calorific value, in biomass	Resource	biotic
▼ F ₂ Gas, natural, in ground	Resource	in ground
P sweet gas, burned in gas turbine sweet gas, burned in gas turbine cut-off, U - RoW	351:Electric power generation, trans...	3510:Electric power generation, trans
P treatment of waste natural gas, sweet, burned in production flare waste natural gas, sweet cut-off, U - GLO	062:Extraction of natural gas	0620:Extraction of natural gas
P treatment of waste natural gas, sour, burned in production flare waste natural gas, sour cut-off, U - GLO	062:Extraction of natural gas	0620:Extraction of natural gas
P natural gas venting from petroleum/natural gas production natural gas, vented cut-off, U - GLO	061:Extraction of crude petroleum	0610:Extraction of crude petroleum
P natural gas production natural gas, high pressure cut-off, U - RU	062:Extraction of natural gas	0620:Extraction of natural gas
P petroleum and gas production, on-shore natural gas, high pressure cut-off, U - US	061:Extraction of crude petroleum	0610:Extraction of crude petroleum
P natural gas production natural gas, high pressure cut-off, U - RoW	062:Extraction of natural gas	0620:Extraction of natural gas
P petroleum and gas production, off-shore petroleum cut-off, U - GB	061:Extraction of crude petroleum	0610:Extraction of crude petroleum
P natural gas production natural gas, high pressure cut-off, U - US	062:Extraction of natural gas	0620:Extraction of natural gas
P natural gas production, unprocessed, at extraction natural gas, unprocessed, at extraction cut-off, U - GLO	062:Extraction of natural gas	0620:Extraction of natural gas
P petroleum and gas production, off-shore natural gas, high pressure cut-off, U - NO	061:Extraction of crude petroleum	0610:Extraction of crude petroleum
> F ₂ Gravel, in ground	Resource	in ground
> F ₂ Coal, hard, unspecified, in ground	Resource	in ground
> F ₂ Energy, kinetic (in wind), converted	Resource	in air

Abbildung 14: Eingehende Flüsse für den Prozess *sweet gas, burned in gas turbine | sweet gas, burned in gas turbine | cut-off, U - RoW*

P Inputs/Outputs: sweet gas, burned in gas turbine sweet gas, burned in gas turbine cut-off, U						
▼ Inputs						
Flow	Category	Amount	Unit	Costs/Reve...	Uncertainty	Avoic
 gas turbine, 10MW electrical	4220:Construction of utility projects/42...	3.37000E-10	 Item(s)	3.41111E-5	lognormal: ...	
 Gas, natural, in ground	Resource/in ground	0.02780	 m3		lognormal: ...	

10.4 Praktische Umsetzung in openLCA

Im Anschluss an die theoretische Konzeption und den ersten Schritten der Umsetzung einer auf Lebenszyklusdaten basierenden Wirkungsabschätzungsmethode zum KRA, wird diese beispielhaft für Inputflüsse aus der Sachbilanz für *intrakontinentale Flugreise* in LCA Software implementiert. Hierfür werden die Inputflüsse aus der Sachbilanz samt KRA Faktoren der neu erstellten Wirkungsabschätzungsmethode „KRA“ zugeordnet und Umweltauswirkungen für *intrakontinentale Flugreise* berechnet. Die Wirkungsabschätzungsmethode kann für *intrakontinentale Flugreise* die Sachbilanz berechnen, den Beitrag einzelner Elementarflüsse zu einzelnen Prozessen aufschlüsseln und Rohstoffaufwand auf einer Weltkarte darstellen. Die beispielhafte Implementierung der KRA-Wirkungsabschätzungsmethode in LCA Software ist erst einmal nicht allgemein anwendbar, zeigt aber die generelle Machbarkeit und den Mehrwert einer automatisierten KRA-Wirkungsabschätzungsmethode.

In Abbildung 15 bis Abbildung 19 ist die Implementierung der KRA-Wirkungsabschätzungsmethode in der Software openLCA dokumentiert. Demnach ergibt sich der gemäß der Formel

$$\sum_{\text{Elementarflüsse in der Sachbilanz}} \text{Menge des Elementarflusses} \cdot \text{KRA Faktor}$$

bestimmte KRA für 1.500 Personenkilometer *intrakontinentale Flugreise* zu 278 kg (bzw. ca. 185 Gramm/Personenkilometer *intrakontinentale Flugreise*). Umgerechnet auf einen Flug eines Passagierflugzeugs mit 200 Passagieren von Berlin nach Barcelona (≈ 1.500 km), entspricht dies einem KRA von 55,6 Tonnen.

Abbildung 15: Der KRA-Wirkungsabschätzungsmethode zugeordnete Elementarflüsse

openLCA 1.7.1

File Database Window Help

Welcome KRA

Impact factors: KRA

Impact category: KRA

Flow	Category	Flow property	Factor	Unit	Uncertainty
Aluminium	Emission to air/high population density	Mass	1.0	1/kg	none
Aluminium	Emission to air/low population density	Mass	1.0	1/kg	none
Aluminium	Emission to air/low population density, long-term	Mass	1.0	1/kg	none
Aluminium	Emission to air/unspecified	Mass	1.0	1/kg	none
Aluminium	Emission to soil/agricultural	Mass	1.0	1/kg	none
Aluminium	Emission to soil/industrial	Mass	1.0	1/kg	none
Aluminium	Emission to soil/unspecified	Mass	1.0	1/kg	none
Aluminium	Emission to water/ground water	Mass	1.0	1/kg	none
Aluminium	Emission to water/ground water, long-term	Mass	1.0	1/kg	none
Aluminium	Emission to water/ocean	Mass	1.0	1/kg	none
Aluminium	Emission to water/surface water	Mass	1.0	1/kg	none
Aluminium	Emission to water/unspecified	Mass	1.0	1/kg	none
Aluminium	Resource/in ground	Mass	1.0	1/kg	none
Aluminium, 24% in bauxite, 11% in cr...	Resource/in ground	Mass	9.09090909090909	1/kg	none
Anhydrite, in ground	Resource/in ground	Mass	1.0	1/kg	none
Argon-40	Emission to air/unspecified	Mass	1.0	1/kg	none
Argon-40	Resource/in air	Mass	1.0	1/kg	none
Barite, 15% in crude ore, in ground	Resource/in ground	Mass	6.66666666666667	1/kg	none
Basalt, in ground	Resource/in ground	Mass	1.0	1/kg	none
Borax, in ground	Resource/in ground	Mass	1.0	1/kg	none
Bromine, 0.23% in water	Resource/in water	Mass	434.782608695652	1/kg	none
Cadmium, 0.30% in sulfide, Cd 0.18%, ...	Resource/in ground	Mass	333.333333333333	1/kg	none
Calcium carbonate, in ground	Resource/in ground	Mass	1.0	1/kg	none
Carbon dioxide, in air	Resource/in air	Mass	1.0	1/kg	none
Carbon, in organic matter, in soil	Resource/in ground	Mass	1.0	1/kg	none
Carnallite	Resource/in water	Mass	1.0	1/kg	none
Cerium, 24% in bastnasite, 2.4% in cru...	Resource/in ground	Mass	41.6666666666667	1/kg	none
Chromium, 25.5% in chromite, 11.6% i...	Resource/in ground	Mass	8.62068965517241	1/kg	none
Chrysotile, in ground	Resource/in ground	Mass	1.0	1/kg	none
Cinnabar, in ground	Resource/in ground	Mass	1.0	1/kg	none
Clay, bentonite, in ground	Resource/in ground	Mass	1.0	1/kg	none
Clay, unspecified, in ground	Resource/in ground	Mass	1.0	1/kg	none
Coal, brown, in ground	Resource/in ground	Mass	1.0	1/kg	none
Coal, hard, unspecified, in ground	Resource/in ground	Mass	1.0	1/kg	none
Cobalt, Co 5.0E-2%, in mixed ore, in g...	Resource/in ground	Mass	2000.0	1/kg	none

General information | Impact factors | Normalization and weighting | Parameters | Shape files (beta)

Abbildung 16: Rohstoffaufwand für einzelne Prozesse (aufgeschlüsselt nach Flüßen)

openLCA 1.7.2
File Database Window Help

Welcome transport, passenger, aircraft, intracontinental | transport, passenger, ... KRA_revised_no_water Analysis result of transport, passenger, aircraft, intracontinental | tran

Impact analysis: transport, passenger, aircraft, intracontinental | transport, passenger, aircraft | cut-off, U

▼ Impact analysis

Subgroup by processes ☒ Cut-off 0 %

Name	Category	Inventory result	Impact factor	Impact result	Unit
Aluminium	Emission to water / surface...	9.22310E-7 kg	1.00000 1/kg	9.22310E-7	
▼ P hard coal mine operation hard coal cut-off, U - RoW	051:Mining of hard coal / 0...			0.68034	
Coal, hard, unspecified, in ground	Resource / in ground	0.62724 kg	1.00000 1/kg	0.62724	
Strontium	Emission to water / ground...	2.51431E-6 kg	2.00000E4 1/kg	0.05029	
Gas, mine, off-gas, process, coal mining	Resource / in ground	0.00561 m3	0.50000 1/m3	0.00280	
Aluminium	Emission to water / ground...	5.02862E-7 kg	1.00000 1/kg	5.02862E-7	
▼ P lignite mine operation lignite cut-off, U - RER	052:Mining of lignite / 0520...			0.61712	
Coal, brown, in ground	Resource / in ground	0.61712 kg	1.00000 1/kg	0.61712	
▼ P sweet gas, burned in gas turbine sweet gas, burned in gas turbine cut-off, U - RoW	351:Electric power generati...			0.60256	
Gas, natural, in ground	Resource / in ground	1.20512 m3	0.50000 1/m3	0.60256	
▼ P lignite mine operation lignite cut-off, U - RoW	052:Mining of lignite / 0520...			0.57382	
Coal, brown, in ground	Resource / in ground	0.57382 kg	1.00000 1/kg	0.57382	
▼ P gold-silver-zinc-lead-copper mine operation and refining copper cut-off, U - RoW	072:Mining of non-ferrous ...			0.56627	
Lead, Pb 0.014%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, in ore, in ground	Resource / in ground	5.34325E-5 kg	7142.85714 1/kg	0.38166	
Copper, Cu 0.38%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Pb 0.014%, in ore, in ground	Resource / in ground	0.00044 kg	263.15789 1/kg	0.11634	
Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore, in ground	Resource / in ground	5.44771E-7 kg	1.03093E5 1/kg	0.05616	
Zinc, Zn 0.63%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore, in ground	Resource / in ground	6.92646E-5 kg	158.73016 1/kg	0.01099	
Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore, in ground	Resource / in ground	1.07718E-8 kg	1.03093E5 1/kg	0.00111	
▼ P treatment of lignite ash, opencast refill lignite ash cut-off, U - RoW	382:Waste treatment and di...			0.54433	
Strontium	Emission to water / ground...	2.70862E-5 kg	2.00000E4 1/kg	0.54172	
Aluminium	Emission to water / ground...	0.00178 kg	1.00000 1/kg	0.00178	
Strontium	Emission to water / ground...	4.11370E-8 kg	2.00000E4 1/kg	0.00082	
Aluminium	Emission to water / ground...	2.21429E-6 kg	1.00000 1/kg	2.21429E-6	
▼ P treatment of waste natural gas, sweet, burned in production flare waste natural gas, sweet	062:Extraction of natural ga...			0.52688	
Gas, natural, in ground	Resource / in ground	1.05375 m3	0.50000 1/m3	0.52688	
▼ P limestone quarry operation limestone, unprocessed cut-off, U - RoW	081:Quarrying of stone, san...			0.49741	
Calcium carbonate, in ground	Resource / in ground	0.49741 kg	1.00000 1/kg	0.49741	
▼ P gravel and sand quarry operation gravel, round cut-off, U - RoW	081:Quarrying of stone, san...			0.45308	
Gravel, in ground	Resource / in ground	0.45308 kg	1.00000 1/kg	0.45308	
▼ P treatment of drilling waste, landfarming drilling waste cut-off, U - CH	382:Waste treatment and di...			0.40800	
Strontium	Emission to soil / industrial	2.02986E-5 kg	2.00000E4 1/kg	0.40597	

Abbildung 17: Rohstoffaufwand je Inputfluss und Outputfluss des Prozesses *airport construction*

openLCA 1.7.1

File Database Window Help

Welcome KRA transport, passenger, aircraft, intracontinental | transport, passenger, aircraft | cut-off, U

Analysis result of transport, passenger, aircraft, intracontinental | transport, passenger, aircraft | cut-off, U

Process results: transport, passenger, aircraft, intracontinental | transport, passenger, aircraft | cut-off, U

Flow contributions to process results

Process P airport construction | airport | cut-off, U - RER Cut-off 0.01 %

Inputs				Outputs			
Contribution	Flow	Upstream incl. dir...	Direct Unit	Contribution	Flow	Upstream incl. dir...	Direct Unit
12.49%	Feldspar, in ground (Resour...	2.67224E-10	0.00000 kg	25.61%	BOD5, Biological Oxygen D...	0.00091	0.00091 kg
11.56%	Colemanite, in ground (Res...	2.03703E-6	0.00000 kg	25.46%	DOC, Dissolved Organic Car...	0.00027	0.00027 kg
10.60%	Water, lake (Resource / in w...	0.00012	0.00000 m3	25.42%	TOC, Total Organic Carbon (...)	0.00027	0.00027 kg
09.75%	Cinnabar, in ground (Resour...	2.61426E-9	0.00000 kg	25.27%	COD, Chemical Oxygen De...	0.00091	0.00091 kg
09.59%	Chrysotile, in ground (Resou...	1.71532E-7	0.00000 kg	25.22%	Propylene oxide (Emission t...	8.42427E-6	0.00000 kg
07.81%	Transformation, to industrial...	8.30818E-5	7.87076E-5 m2	25.21%	Propylene oxide (Emission t...	3.50107E-6	0.00000 kg
07.74%	Sodium chloride, in ground ...	0.00345	0.00000 kg	21.10%	Propene (Emission to water ...)	6.51234E-6	0.00000 kg
07.43%	Molybdenum, 0.010% in sulf...	3.07573E-7	0.00000 kg	16.28%	Antimony (Emission to soil / ...)	9.08672E-13	0.00000 kg
07.43%	Copper, 2.19% in sulfide, Cu ...	1.05924E-5	0.00000 kg	15.26%	Water (Emission to water / ...)	0.31043	0.00000 kg
07.43%	Molybdenum, 0.022% in sulf...	5.03725E-7	0.00000 kg	10.98%	Chlorine (Emission to air / hi...	4.65078E-6	0.00000 kg
07.43%	Copper, 1.42% in sulfide, Cu ...	3.27981E-6	0.00000 kg	10.72%	Phenol (Emission to air / uns...	5.71167E-10	0.00000 kg
07.43%	Molybdenum, 0.014% in sulf...	6.73133E-8	0.00000 kg	09.73%	Bromate (Emission to water ...)	5.25177E-7	0.00000 kg
07.20%	Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-...	4.17266E-8	0.00000 kg	09.70%	Methane, tetrachloro-, R-10 ...	4.30224E-9	0.00000 kg
07.20%	Copper, Cu 0.38%, Au 9.7E-4...	3.38625E-5	0.00000 kg	09.09%	Chlorate (Emission to water ...)	4.02005E-6	0.00000 kg
07.20%	Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4...	8.25066E-10	0.00000 kg	07.73%	Ethylene oxide (Emission to ...)	7.98475E-9	0.00000 kg
07.20%	Lead, Pb 0.014%, Au 9.7E-4...	4.09265E-6	0.00000 kg	07.00%	Methanol (Emission to wate...	1.11959E-8	0.00000 kg
07.20%	Zinc, Zn 0.63%, Au 9.7E-4%, ...	5.30531E-6	0.00000 kg	06.58%	Triethylene glycol (Emission ...)	9.41328E-9	0.00000 kg
07.18%	Copper, 0.99% in sulfide, Cu ...	3.70538E-5	0.00000 kg	06.37%	Propionic acid (Emission to ...)	9.90904E-10	0.00000 kg
06.61%	Transformation, from seabe...	5.67861E-10	0.00000 m2	05.96%	t-Butyl methyl ether (Emissi...	3.17678E-10	0.00000 kg
06.61%	Transformation, to seabed...	5.67861E-10	0.00000 m2	05.90%	t-Butyl methyl ether (Emissi...	5.44376E-10	0.00000 kg
05.74%	Peat, in ground (Resource / ...)	0.00148	0.00000 kg	05.88%	Antimony (Emission to air / ...)	9.85413E-9	0.00000 kg
05.22%	Perlite, in ground (Resource ...)	4.46193E-9	0.00000 kg	05.36%	Strontium-90 (Emission to w...	0.00143	0.00000 kBq
05.05%	Copper, 1.13% in sulfide, Cu ...	1.38044E-6	0.00000 kg	05.29%	Iodine-131 (Emission to air ...)	5.31932E-5	0.00000 kBq
05.05%	Nickel, 1.13% in sulfide, Ni 0...	2.68419E-6	0.00000 kg	05.09%	Argon-41 (Emission to air / l...	0.00021	0.00000 kBq
04.61%	Transformation, from hetero...	2.97260E-8	0.00000 m2	05.05%	Carbon monoxide, biogenic...	2.94621E-6	0.00000 kg
04.58%	Wood, soft, standing (Resou...	9.16393E-6	0.00000 m3	04.99%	Krypton-85 (Emission to air ...)	0.00066	0.00000 kBq
04.54%	Transformation, from pastur...	1.31242E-5	0.00000 m2	04.83%	Arsenic (Emission to air / lo...	7.73099E-8	0.00000 kg
04.46%	Occupation, annual crop, no...	1.32839E-5	0.00000 m2*a	04.74%	Aerosols, radioactive, unspe...	3.96725E-7	0.00000 kBq
04.44%	Transformation, from annual...	1.05229E-5	0.00000 m2	04.72%	Methane, dichlorodifluoro-, ...	2.71230E-12	0.00000 kg
04.44%	Transformation, to annual cr...	1.47360E-5	0.00000 m2	04.71%	Phosphorus trichloride (Emi...	1.97410E-13	0.00000 kg
04.44%	Molybdenum, 0.016% in sulf...	6.10519E-7	0.00000 kg	04.64%	Hydrocarbons, aromatic (E...	7.94207E-8	0.00000 kg
04.44%	Copper, 0.52% in sulfide, Cu ...	2.54643E-5	0.00000 kg	04.61%	Platinum (Emission to air / l...	1.96268E-13	0.00000 kg

General information | Inventory results | Impact analysis | Process results | Contribution tree | Grouping | Locations | Sun burst | Sankey diagram

Abbildung 18: Der kumulierte Rohstoffaufwand

openLCA 1.7.2

File Database Window Help

Welcome transport, passenger, aircraft, intracontinental | transport, passenger, aircraft | cut-off, U KRA_revised_no_water Analysis result of tra

Contribution tree: transport, passenger, aircraft, intracontinental | transport, passenger, aircraft | cut-off, U

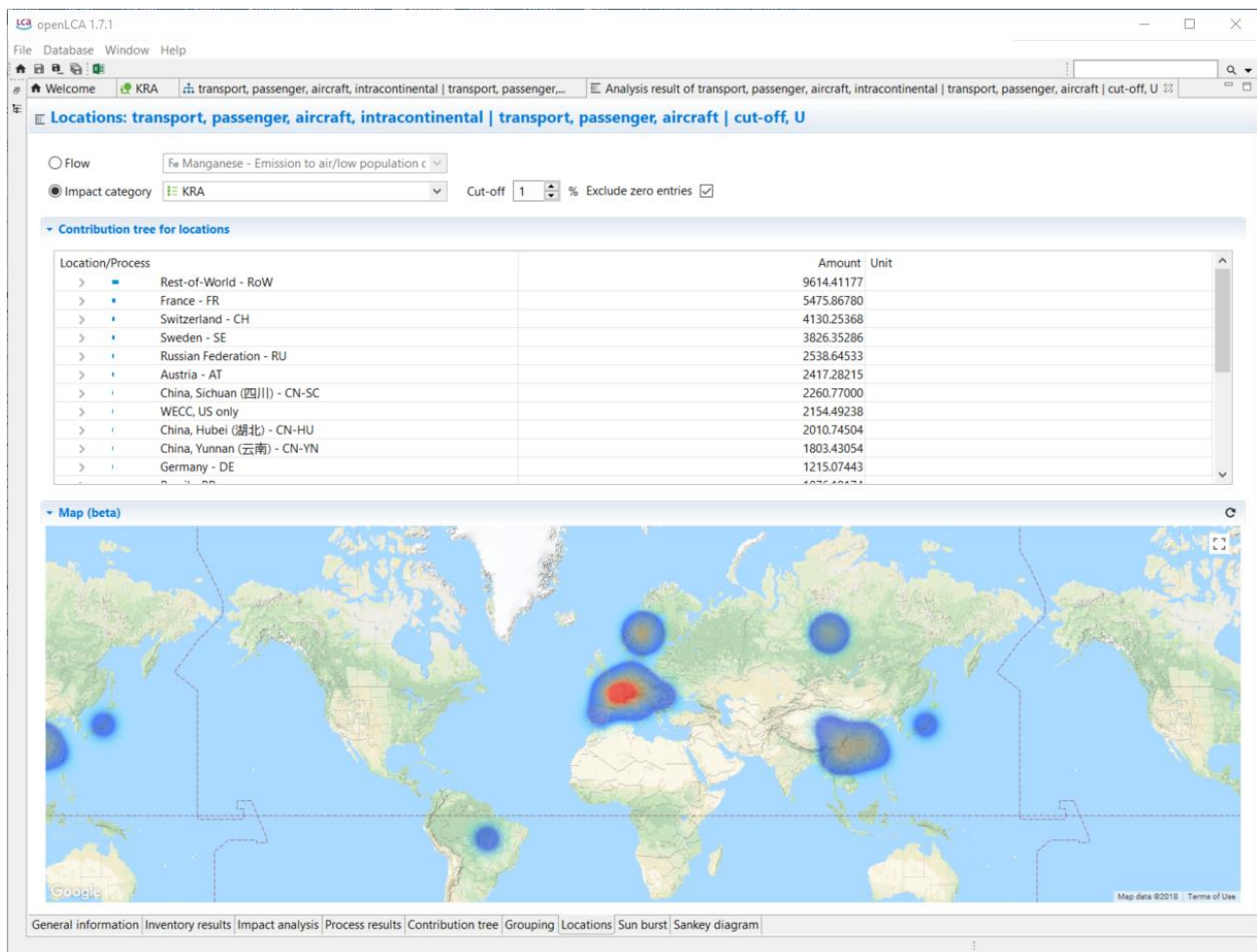
Flow Manganese - Emission to air/low population density

Impact category KRA

KRA = 278 KG = 0.278 Tonnen

Contribution	Process	Amount	Unit
100.00%	transport, passenger, aircraft, intracontinental transport, passenger, aircraft cut-off, U - RER	278.33962	kg
> 93.71%	market for kerosene kerosene cut-off, U - Europe without Switzerland	260.82926	kg
> 03.74%	market for kerosene kerosene cut-off, U - CH	10.41412	kg
> 01.45%	market for airport airport cut-off, U - GLO	4.04024	kg
> 01.10%	market for aircraft, medium haul aircraft, medium haul cut-off, U - GLO	3.05601	kg

Abbildung 19: Räumliche Darstellung zum Rohstoffaufwand



10.5 Fazit und Diskussion

Der KRA ist ein geeigneter Indikator, um den Gesamtrohstoffverbrauch von Produkten und Dienstleistungen abzubilden. Die Methode liegt nicht als gebrauchsfertige Wirkungsabschätzungsmethode für LCA Software vor, kann aber, wie in der vorliegenden Analyse demonstriert, schrittweise aus vollständigen Datenbanken zur Ökobilanzierung, wie z.B. ecoinvent, berechnet werden. Für einzelne Produkte ist der Aufwand moderat, jedoch ist er ein Hemmnis für die breitflächige Anwendung des KRA. Die im Abschnitt 10.3.3 erwähnten Ungenauigkeiten sind in Bezug auf das Ergebnis zu beachten. Das Ergebnis ist nur eingeschränkt auf andere Fälle übertragbar, jedoch zur Veranschaulichung des Aufwands der KRA-Berechnung sowie der Machbarkeit einer automatisierten KRA-Wirkungsabschätzungsmethode hilfreich.

Die in diesem Beispiel entwickelten Klassen von Elementarflüssen scheinen zur Bestimmung des KRA allgemein anwendbar und helfen sehr, den Aufwand einzuschränken. Mit ihrer Hilfe war es für das Beispiel der Flugreisen mit überschaubarem Aufwand möglich, den KRA insgesamt zu bestimmen. Klasse 4a ist wahrscheinlich so nur für die Datenbank ecoinvent anwendbar da sie Flüsse abdeckt, die sich aus einer besonderen Vorgehensweise in dieser Datenbank ergeben. Eine Anwendung für andere Datenbanken wird auf Besonderheiten in der Modellierung dieser anderen Datenbanken eingehen müssen.

Sollten KRA Faktoren für Elementarflüsse vorliegen, ließe sich (wie demonstriert) der KRA, mit vollständigen Datenbanken über eine Wirkungsabschätzungsmethode automatisch in LCA Software berechnen und sich der KRA somit breitflächig anwenden lassen. Daher wird vorgeschlagen, die KRA Methode als Wirkungsabschätzungsmethode für in LCA-Hintergrunddaten vorkommende Elementarflüsse neu zu erstellen.

10.6 Sachbilanz für *intrakontinentale Flugreise*

Tabelle 45: Sachbilanz für den Prozess *transport, passenger, aircraft, intracontinental* / *transport, passenger, aircraft* / *cut-off, U* mit einer Zielmenge von 1.500 Personenkilometern und einem Cut-off von 1%

Prozess	Kategorie	Unterkategorie	Betrag	Einheit
Oil, crude, in ground	Resource	in ground	79.80914	kg
Water, turbine use, unspecified natural origin	Resource	in water	55.10682	m ³
Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	Resource	in water	7.88807	MJ
Energy, gross calorific value, in biomass	Resource	biotic	4.57039	MJ
Gas, natural, in ground	Resource	in ground	3.88402	m ³
Gravel, in ground	Resource	in ground	2.8527	kg
Coal, hard, unspecified, in ground	Resource	in ground	2.66209	kg
Energy, kinetic (in wind), converted	Resource	in air	1.38366	MJ
Coal, brown, in ground	Resource	in ground	1.19128	kg
Water, cooling, unspecified natural origin	Resource	in water	0.95931	m ³
Occupation, forest, intensive	Resource	land	0.63034	m ² *a
Iron, 46% in ore, 25% in crude ore, in ground	Resource	in ground	0.56677	kg
Calcium carbonate, in ground	Resource	in ground	0.53178	kg
Carbon dioxide, in air	Resource	in air	0.41559	kg
Barite, 15% in crude ore, in ground	Resource	in ground	0.32459	kg
Gangue, bauxite, in ground	Resource	in ground	0.29036	kg
Occupation, industrial area	Resource	land	0.24769	m ² *a
Energy, geothermal, converted	Resource	in ground	0.19482	MJ
Water, unspecified natural origin	Resource	in water	0.17802	m ³
Clay, unspecified, in ground	Resource	in ground	0.15237	kg
Volume occupied, reservoir	Resource	in water	0.15014	m ³ *a
Occupation, traffic area, road network	Resource	land	0.11762	m ² *a
Nitrogen	Resource	in air	0.10357	kg
Water, river	Resource	in water	0.08712	m ³
Transformation, from forest, unspecified	Resource	land	0.08592	m ²
Transformation, to mineral extraction site	Resource	land	0.08353	m ²
Oxygen, in air	Resource	in air	0.06031	Kg
Energy, solar, converted	Resource	in air	0.0553	MJ
Water, salt, sole	Resource	in water	0.04903	m ³
Sodium chloride, in ground	Resource	in ground	0.04467	kg
Occupation, river, artificial	Resource	land	0.04063	m ² *a
Occupation, lake, artificial	Resource	land	0.03499	m ² *a
Occupation, dump site	Resource	land	0.0325	m ² *a
Aluminium	Resource	in ground	0.02734	kg

Prozess	Kategorie	Unterkategorie	Betrag	Einheit
Peat, in ground	Resource	biotic	0.02576	kg
Gas, mine, off-gas, process, coal mining	Resource	in ground	0.0247	m ³
Clay, bentonite, in ground	Resource	in ground	0.02458	kg
Energy, gross calorific value, in biomass, primary forest	Resource	biotic	0.02296	MJ
Occupation, mineral extraction site	Resource	land	0.02049	m ² *a
Occupation, traffic area, rail/road embankment	Resource	land	0.02039	m ² *a
Water, salt, ocean	Resource	in water	0.01674	m ³
Water, well, in ground	Resource	in water	0.01566	m ³
Gypsum, in ground	Resource	in ground	0.01266	Kg
Transformation, from seabed, unspecified	Resource	land	0.00966	m ²
Occupation, seabed, drilling and mining	Resource	land	0.00965	m ² *a
Transformation, to seabed, drilling and mining	Resource	land	0.00965	m ²
Transformation, to forest, intensive	Resource	land	0.00781	m ²
Transformation, from forest, intensive	Resource	land	0.00752	m ²
Occupation, construction site	Resource	land	0.00591	m ² *a
Occupation, traffic area, rail network	Resource	land	0.00526	m ² *a
Fluorspar, 92%, in ground	Resource	in ground	0.00499	Kg
Transformation, to annual crop, non-irrigated, intensive	Resource	land	0.00475	m ²
Occupation, forest, extensive	Resource	land	0.00441	m ² *a
Chromium, 25.5% in chromite, 11.6% in crude ore, in ground	Resource	in ground	0.00429	Kg
Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crude ore, in ground	Resource	in ground	0.00357	Kg
Transformation, from annual crop	Resource	land	0.00335	m ²
Occupation, annual crop, non-irrigated, intensive	Resource	land	0.0032	m ² *a
Transformation, from unknown	Resource	land	0.00308	m ²
Occupation, annual crop	Resource	land	0.00295	m ² *a
Magnesite, 60% in crude ore, in ground	Resource	in ground	0.00293	Kg
Manganese, 35.7% in sedimentary deposit, 14.2% in crude ore, in ground	Resource	in ground	0.00264	Kg
Transformation, to heterogeneous, agricultural	Resource	land	0.0026	m ²
Shale, in ground	Resource	in ground	0.00215	Kg
Dolomite, in ground	Resource	in ground	0.00194	Kg
Argon-40	Resource	in air	0.00192	Kg
TiO ₂ , 54% in ilmenite, 2.6% in crude ore, in ground	Resource	in ground	0.00186	Kg
Occupation, grassland, natural (non-use)	Resource	land	0.00182	m ² *a
Basalt, in ground	Resource	in ground	0.0017	Kg
Transformation, to annual crop	Resource	land	0.0016	m ²
Transformation, from annual crop, non-irrigated, intensive	Resource	land	0.00149	m ²
Sodium sulphate, various forms, in ground	Resource	in ground	0.00133	Kg
Occupation, permanent crop	Resource	land	0.00126	m ² *a
Water, lake	Resource	in water	0.00117	m ³
Carbon, in organic matter, in soil	Resource	in ground	0.00116	Kg
Transformation, from annual crop, non-irrigated	Resource	land	0.00108	m ²
Transformation, to industrial area	Resource	land	0.00106	m ²
Phosphorus, 18% in apatite, 4% in crude ore, in ground	Resource	in ground	0.001	kg
Transformation, to traffic area, road network	Resource	land	0.0009	m ²

Prozess	Kategorie	Unterkategorie	Betrag	Einheit
Zinc, 9.0% in sulfide, Zn 5.3%, Pb, Ag, Cd, In, in ground	Resource	in ground	0.00088	kg
Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Resource	in ground	0.00066	kg
Copper, 0.52% in sulfide, Cu 0.27% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Resource	in ground	0.00057	kg
Copper, 0.59% in sulfide, Cu 0.22% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Resource	in ground	0.00052	kg
Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Resource	in ground	0.00052	kg
Lead, 5.0% in sulfide, Pb 3.0%, Zn, Ag, Cd, In, in ground	Resource	in ground	0.00049	kg
Occupation, permanent crop, irrigated	Resource	land	0.00049	m ² *a
Copper, Cu 0.38%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Pb 0.014%, in ore, in ground	Resource	in ground	0.00047	kg
Occupation, shrub land, sclerophyllous	Resource	land	0.00044	m ² *a
Copper, 0.97% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 4.1E-2% in crude ore, in ground	Resource	in ground	0.00036	kg
Transformation, to river, artificial	Resource	land	0.00036	m ²
Transformation, from forest, extensive	Resource	land	0.00035	m ²
Transformation, to annual crop, non-irrigated, extensive	Resource	land	0.00033	m ²
Transformation, to lake, artificial	Resource	land	0.00031	m ²
Occupation, annual crop, non-irrigated, extensive	Resource	land	0.0003	m ² *a
TiO ₂ , 95% in rutile, 0.40% in crude ore, in ground	Resource	in ground	0.00029	kg
Transformation, from pasture, man made, intensive	Resource	land	0.00029	m ²
Zirconium, 50% in zircon, 0.39% in crude ore, in ground	Resource	in ground	0.00028	kg
Fluorine, 4.5% in apatite, 1% in crude ore, in ground	Resource	in ground	0.00025	kg
Transformation, to dump site	Resource	land	0.00025	m ²
Transformation, from annual crop, non-irrigated, extensive	Resource	land	0.00024	m ²
Transformation, from pasture, man made	Resource	land	0.00021	m ²
Wood, hard, standing	Resource	biotic	0.00021	m ³
Occupation, annual crop, irrigated	Resource	land	0.0002	m ² *a
Wood, soft, standing	Resource	biotic	0.0002	m ³
Iron, 72% in magnetite, 14% in crude ore, in ground	Resource	in ground	0.00018	kg
Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Resource	in ground	0.00014	kg
TiO ₂ , 54% in ilmenite, 18% in crude ore, in ground	Resource	in ground	0.00014	kg
Sylvite, 25 % in sylvinite, in ground	Resource	in ground	0.00013	kg
Transformation, from mineral extraction site	Resource	land	0.00013	m ²
Transformation, from shrub land, sclerophyllous	Resource	land	0.00012	m ²
Transformation, to forest	Resource	land	0.00012	m ²
Transformation, to permanent crop	Resource	land	0.00011	m ²
Transformation, to traffic area, rail/road embankment	Resource	land	0.0001	m ²
Occupation, seabed, infrastructure	Resource	land	9.38E-05	m ² *a
Transformation, to shrub land, sclerophyllous	Resource	land	8.81E-05	m ²
Phosphorus, 18% in apatite, 12% in crude ore, in ground	Resource	in ground	8.06E-05	kg
Transformation, from permanent crop	Resource	land	7.45E-05	m ²
Zinc, Zn 0.63%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore, in ground	Resource	in ground	7.37E-05	kg
Cu, Cu 3.2E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0% in ore, in ground	Resource	in ground	7.07E-05	kg
Transformation, from forest, primary (non-use)	Resource	land	6.92E-05	m ²
Lead, Pb 0.014%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, in ore, in ground	Resource	in ground	5.69E-05	kg
Nickel, 1.13% in sulfide, Ni 0.76% and Cu 0.76% in crude ore, in ground	Resource	in ground	5.31E-05	kg
Transformation, from traffic area, rail/road embankment	Resource	land	5.14E-05	m ²

Prozess	Kategorie	Unterkategorie	Betrag	Einheit
Ni, Ni 2.3E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Cu 3.2E+0% in ore, in ground	Resource	in ground	5.11E-05	Kg
Kaolinite, 24% in crude ore, in ground	Resource	in ground	4.99E-05	Kg
Uranium, in ground	Resource	in ground	4.73E-05	Kg
Transformation, from dump site, inert material landfill	Resource	land	4.72E-05	m ²
Transformation, to dump site, inert material landfill	Resource	land	4.72E-05	m ²
Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Resource	in ground	4.41E-05	Kg
Transformation, from forest, secondary (non-use)	Resource	land	4.26E-05	m ²
Molybdenum, 0.11% in sulfide, Mo 4.1E-2% and Cu 0.36% in crude ore, in ground	Resource	in ground	4.08E-05	Kg
Transformation, to dump site, residual material landfill	Resource	land	3.81E-05	m ²
Transformation, from dump site, residual material landfill	Resource	land	3.81E-05	m ²
Transformation, to forest, extensive	Resource	land	3.40E-05	m ²
Transformation, to unknown	Resource	land	3.04E-05	m ²
Cadmium, 0.30% in sulfide, Cd 0.18%, Pb, Zn, Ag, In, in ground	Resource	in ground	2.94E-05	kg
Copper, 1.13% in sulfide, Cu 0.76% and Ni 0.76% in crude ore, in ground	Resource	in ground	2.73E-05	kg
Metamorphous rock, graphite containing, in ground	Resource	in ground	2.71E-05	kg
Transformation, to grassland, natural (non-use)	Resource	land	2.42E-05	m ²
Sand, unspecified, in ground	Resource	in ground	2.19E-05	kg
Fluorine, 4.5% in apatite, 3% in crude ore, in ground	Resource	in ground	2.01E-05	kg
Transformation, from industrial area	Resource	land	1.85E-05	m ²
Colemanite, in ground	Resource	in ground	1.76E-05	kg
Molybdenum, 0.016% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.27% in crude ore, in ground	Resource	in ground	1.38E-05	kg
Molybdenum, 0.025% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.39% in crude ore, in ground	Resource	in ground	1.32E-05	kg
Occupation, urban, discontinuously built	Resource	land	1.29E-05	m ² *a
Occupation, pasture, man made, intensive	Resource	land	1.28E-05	m ² *a
Transformation, to traffic area, rail network	Resource	land	1.22E-05	m ²
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.22% in crude ore, in ground	Resource	in ground	1.16E-05	kg
Volume occupied, final repository for low-active radioactive waste	Resource	in ground	1.06E-05	m ³
Transformation, from permanent crop, irrigated	Resource	land	1.02E-05	m ²
Transformation, to permanent crop, irrigated	Resource	land	1.02E-05	m ²
Sulfur, in ground	Resource	in ground	9.95E-06	kg
Transformation, to cropland fallow (non-use)	Resource	land	8.89E-06	m ²
Ni, Ni 3.7E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Cu 5.2E-2% in ore, in ground	Resource	in ground	7.73E-06	kg
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.36% in crude ore, in ground	Resource	in ground	6.78E-06	kg
Transformation, to seabed, infrastructure	Resource	land	5.85E-06	m ²
Transformation, to pasture, man made	Resource	land	5.81E-06	m ²
Transformation, from cropland fallow (non-use)	Resource	land	5.48E-06	m ²
Cu, Cu 5.2E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2% in ore, in ground	Resource	in ground	5.42E-06	Kg
Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 1.83% in crude ore, in ground	Resource	in ground	4.14E-06	Kg
Transformation, to annual crop, irrigated, intensive	Resource	land	4.11E-06	m ²
Borax, in ground	Resource	in ground	3.80E-06	kg
Talc, in ground	Resource	in ground	3.41E-06	kg
Zinc, Zn 3.1%, in mixed ore, in ground	Resource	in ground	3.20E-06	kg
Aluminium, 24% in bauxite, 11% in crude ore, in ground	Resource	in ground	2.78E-06	kg
Occupation, annual crop, irrigated, intensive	Resource	land	2.76E-06	m ² *a

Prozess	Kategorie	Unterkategorie	Betrag	Einheit
Occupation, inland waterbody, unspecified	Resource	land	2.67E-06	m ² *a
Transformation, from dump site, sanitary landfill	Resource	land	2.46E-06	m ²
Transformation, to dump site, sanitary landfill	Resource	land	2.46E-06	m ²
Transformation, from grassland, natural (non-use)	Resource	land	1.86E-06	m ²
Tin, 79% in cassiterite, 0.1% in crude ore, in ground	Resource	in ground	1.83E-06	kg
Chrysotile, in ground	Resource	in ground	1.79E-06	kg
Ulexite, in ground	Resource	in ground	1.68E-06	kg
Occupation, urban/industrial fallow (non-use)	Resource	land	1.59E-06	m ² *a
Transformation, to annual crop, non-irrigated	Resource	land	1.57E-06	m ²
Kieserite, 25% in crude ore, in ground	Resource	in ground	1.16E-06	kg
Nickel, Ni 2.5E+0%, in mixed ore, in ground	Resource	in ground	1.16E-06	kg
Molybdenum, 0.014% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.81% in crude ore, in ground	Resource	in ground	9.06E-07	kg
Carnallite	Resource	in water	8.73E-07	kg
Spodumene, in ground	Resource	in ground	8.45E-07	kg
Silver, 0.007% in sulfide, Ag 0.004%, Pb, Zn, Cd, In, in ground	Resource	in ground	7.16E-07	kg
Volume occupied, underground deposit	Resource	in ground	6.58E-07	m ³
Transformation, from heterogeneous, agricultural	Resource	land	6.44E-07	m ²
Transformation, to pasture, man made, intensive	Resource	land	6.42E-07	m ²
Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore, in ground	Resource	in ground	5.80E-07	kg
Occupation, annual crop, non-irrigated	Resource	land	5.73E-07	m ² *a
Indium, 0.005% in sulfide, In 0.003%, Pb, Zn, Ag, Cd, in ground	Resource	in ground	4.91E-07	Kg
Strontium	Resource	in ground	4.67E-07	Kg
Lithium, 0.15% in brine, in ground	Resource	in ground	4.56E-07	Kg
Transformation, from unspecified, natural (non-use)	Resource	land	4.29E-07	m ²
Lead, Pb 3.6E-1%, in mixed ore, in ground	Resource	in ground	3.72E-07	Kg
Copper, Cu 6.8E-1%, in mixed ore, in ground	Resource	in ground	3.21E-07	Kg
Transformation, from dump site, slag compartment	Resource	land	3.02E-07	m ²
Transformation, to dump site, slag compartment	Resource	land	3.02E-07	m ²
Bromine, 0.23% in water	Resource	in water	2.62E-07	kg
Transformation, to urban, discontinuously built	Resource	land	2.59E-07	m ²
Anhydrite, in ground	Resource	in ground	2.57E-07	kg
Copper, Cu 0.2%, in mixed ore, in ground	Resource	in ground	2.07E-07	kg
Tantalum, 81.9% in tantalite, 1.6E-4% in crude ore, in ground	Resource	in ground	9.83E-08	kg
Olivine, in ground	Resource	in ground	9.22E-08	kg
Perlite, in ground	Resource	in ground	8.54E-08	kg
Cobalt, in ground	Resource	in ground	5.42E-08	kg
Iodine, 0.03% in water	Resource	in water	4.69E-08	kg
Silver, Ag 4.2E-3%, Au 1.1E-4%, in ore, in ground	Resource	in ground	3.80E-08	kg
Pt, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore, in ground	Resource	in ground	3.55E-08	kg
Cinnabar, in ground	Resource	in ground	2.68E-08	kg
Transformation, to inland waterbody, unspecified	Resource	land	2.67E-08	m ²
Cobalt, Co 5.0E-2%, in mixed ore, in ground	Resource	in ground	2.36E-08	Kg
Transformation, to urban/industrial fallow (non-use)	Resource	land	2.13E-08	m ²
Volume occupied, final repository for radioactive waste	Resource	in ground	1.76E-08	m ³

Prozess	Kategorie	Unterkategorie	Betrag	Einheit
Pd, Pd 7.3E-4%, Pt 2.5E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore, in ground	Resource	in ground	1.61E-08	Kg
Pd, Pd 2.0E-4%, Pt 4.8E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore, in ground	Resource	in ground	1.51E-08	Kg
Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore, in ground	Resource	in ground	1.15E-08	Kg
Rhenium, in crude ore, in ground	Resource	in ground	8.77E-09	Kg
Transformation, from seabed, infrastructure	Resource	land	8.59E-09	m ²
Transformation, to seabed, unspecified	Resource	land	8.59E-09	m ²
Silver, Ag 5.4E-3%, in mixed ore, in ground	Resource	in ground	5.63E-09	Kg
Transformation, from wetland, inland (non-use)	Resource	land	5.62E-09	m ²
Pt, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore, in ground	Resource	in ground	5.52E-09	kg
Gold, Au 6.7E-4%, in ore, in ground	Resource	in ground	4.39E-09	kg
Gold, Au 1.4E-4%, in ore, in ground	Resource	in ground	4.21E-09	kg
Gold, Au 4.9E-5%, in ore, in ground	Resource	in ground	4.12E-09	kg
Feldspar, in ground	Resource	in ground	2.14E-09	kg
Wood, unspecified, standing	Resource	biotic	2.04E-09	m ³
Gold, Au 7.1E-4%, in ore, in ground	Resource	in ground	2.03E-09	kg
Rh, Rh 2.4E-5%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore, in ground	Resource	in ground	1.78E-09	kg
Gold, Au 1.3E-4%, Ag 4.6E-5%, in ore, in ground	Resource	in ground	1.41E-09	kg
Gold, Au 1.1E-4%, Ag 4.2E-3%, in ore, in ground	Resource	in ground	1.01E-09	kg
Gold, Au 4.3E-4%, in ore, in ground	Resource	in ground	8.21E-10	kg
Diatomite, in ground	Resource	in ground	7.23E-10	kg
Silver, Ag 4.6E-5%, Au 1.3E-4%, in ore, in ground	Resource	in ground	5.05E-10	kg
Rh, Rh 2.0E-5%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore, in ground	Resource	in ground	4.41E-10	kg
Silver, Ag 2.1E-4%, Au 2.1E-4%, in ore, in ground	Resource	in ground	3.13E-10	kg
Gold, Au 2.1E-4%, Ag 2.1E-4%, in ore, in ground	Resource	in ground	3.07E-10	kg
Gold, Au 1.8E-4%, in mixed ore, in ground	Resource	in ground	2.47E-10	kg
Gold, Au 9.7E-5%, Ag 7.6E-5%, in ore, in ground	Resource	in ground	1.14E-10	kg
Occupation, pasture, man made, extensive	Resource	land	9.58E-11	m ² *a
Silver, Ag 7.6E-5%, Au 9.7E-5%, in ore, in ground	Resource	in ground	8.97E-11	kg
Silver, Ag 1.8E-6%, in mixed ore, in ground	Resource	in ground	8.62E-11	kg
Palladium, Pd 1.6E-6%, in mixed ore, in ground	Resource	in ground	7.73E-11	kg
Stibnite, in ground	Resource	in ground	7.52E-11	kg
Gold, Au 6.8E-4%, Ag 1.5E-4%, in ore, in ground	Resource	in ground	3.16E-11	kg
Gold, Au 5.4E-4%, Ag 1.5E-5%, in ore, in ground	Resource	in ground	2.33E-11	kg
Platinum, Pt 4.7E-7%, in mixed ore, in ground	Resource	in ground	2.24E-11	kg
Granite, in ground	Resource	in ground	2.23E-11	kg
Silver, 3.2ppm in sulfide, Ag 1.2ppm, Cu and Te, in crude ore, in ground	Resource	in ground	1.12E-11	kg
Sodium nitrate, in ground	Resource	in ground	9.13E-12	kg
Rhodium, Rh 1.6E-7%, in mixed ore, in ground	Resource	in ground	7.58E-12	kg
Silver, Ag 1.5E-4%, Au 6.8E-4%, in ore, in ground	Resource	in ground	7.10E-12	kg
Cerium, 24% in bastnasite, 2.4% in crude ore, in ground	Resource	in ground	6.04E-12	kg
Gold, Au 1.0E-7%, in mixed ore, in ground	Resource	in ground	4.87E-12	kg
Transformation, from pasture, man made, extensive	Resource	land	1.92E-12	m ²
Transformation, to pasture, man made, extensive	Resource	land	1.92E-12	m ²
Gallium, 0.014% in bauxite, in ground	Resource	in ground	1.90E-12	kg

Prozess	Kategorie	Unterkategorie	Betrag	Einheit
Lanthanum, 7.2% in bastnasite, 0.72% in crude ore, in ground	Resource	in ground	1.81E-12	kg
Tellurium, 0.5ppm in sulfide, Te 0.2ppm, Cu and Ag, in crude ore, in ground	Resource	in ground	1.69E-12	kg
Neodymium, 4% in bastnasite, 0.4% in crude ore, in ground	Resource	in ground	9.96E-13	kg
Silver, Ag 1.5E-5%, Au 5.4E-4%, in ore, in ground	Resource	in ground	6.50E-13	kg
Praseodymium, 0.42% in bastnasite, 0.042% in crude ore, in ground	Resource	in ground	1.06E-13	kg
Samarium, 0.3% in bastnasite, 0.03% in crude ore, in ground	Resource	in ground	7.54E-14	kg
Gadolinium, 0.15% in bastnasite, 0.015% in crude ore, in ground	Resource	in ground	3.78E-14	kg
Europium, 0.06% in bastnasite, 0.006% in crude ore, in ground	Resource	in ground	1.51E-14	kg
Krypton, in air	Resource	in air	1.34E-15	kg
Xenon, in air	Resource	in air	1.57E-16	kg
Occupation, permanent crop, irrigated, intensive	Resource	land	2.92E-17	m ² *a
Transformation, from permanent crop, irrigated, intensive	Resource	land	3.65E-19	m ²
Transformation, to permanent crop, irrigated, intensive	Resource	land	3.65E-19	m ²
Transformation, to wetland, inland (non-use)	Resource	land	7.82E-20	m ²
Transformation, to forest, secondary (non-use)	Resource	land	2.47E-20	m ²
Transformation, to permanent crop, non-irrigated	Resource	land	2.47E-20	m ²
Transformation, from traffic area, road network	Resource	land	2.10E-20	m ²

11 Anhang 2: Zur Bestimmung des Ressourcenverbrauchs

In diesem Anhang wird die Datengrundlage erläutert, die zur Bestimmung der im vorliegenden Bericht dargestellten Ressourcenverbräuche verwendet wurde. Zunächst wird in **Tabelle 46** und **Tabelle 47** ein Überblick über einige Prozesse geboten, die in Querschnitt- oder Längsschnittanalysen verwendet wurden. Anschließend wird detaillierter auch auf weitere Prozesse eingegangen, die für die Analysen herangezogen wurden. Zur Bestimmung der Ressourcenverbräuche im Konsumbereich Mobilität, für das beide Arten von Analysen angestellt wurden, wurde in beiden Fällen auf die ausführlicher erläuterten Prozesse zurückgegriffen.

Tabelle 46: Datengrundlage zur Wirkungsabschätzung in openLCA (Querschnittanalyse)

	Referenz-Produkt	Zielbetr.	Effekt bei +100 EUR	Einheit	Datenbank	Referenzprozess	Preis ²⁸ / Zielbetr.(EUR)
M1: Motorisierungsggrad	Anzahl Pkw	1 St. (1200 kg)	0,030	St.	ecoinvent 3.3, consequential	passenger car production, petrol/natural gas passenger car, petrol/natural gas Consequential, U	-
M3: Pkw-Nutzung	Pkw Fahrt	50 km	0,016	St.	ecoinvent 3.3, cut-off	transport, passenger car, medium size, petrol, EUR 4 cut-off, U - RER	-

²⁸ Alle Preise sind aktuellen Supermarktpreisen entnommen (Stand 20.02.2018).

Tabelle 47: Datengrundlage zur Wirkungsabschätzung in openLCA (Längsschnittanalyse)

	Referenz-Produkt	Zielbetr.	Effekt bei +100 EUR	Einheit	Datenbank	Referenzprozess	Preis/ Ziel- betr.(EUR)
M4: Flugreisen	Flugreise	1500 km	0,009	St.	ecoinvent 3.3, cut-off	transport, passenger, aircraft, intracontinental transport, passenger, aircraft cut-off, U - RER	-
M6: öffentlicher Fernverkehr (ÖPFV)	ÖPFV-Fahrt	100 km	0,003	St.	ecoinvent 3.3, cut-off	transport, passenger train, high-speed transport, passenger train cut-off, U - DE	-
E1: Lebensmittel	Äpfel (konv.)	1 kg	0,049	EUR	ecoinvent 3.3, cut-off	apple production apple cut-off, U -IT	2,99
	Geflügelfl. (konv.)	1 kg	-0,075	EUR	ESU World Food	poultry meat, IP, at slaughterhouse (CH)	12,49
	Schweinefl. (konv.)	1 kg	-0,054	EUR	ESU World Food	roast, pork, at household (RER)	9,49
E3: Milchprodukte	Milch, Sahne, Butter	1 l	0,161	EUR	ecoinvent 3.3, cut-off	market for cow milk cow milk cut-off, U - GLO	0,78
	Käse	1 kg	0,457	EUR	ecoinvent 3.3, cut-off	market for cheese, from cow milk, fresh, unripened cut-off, U	8,50
W1: Wohnfläche	Wohnfläche	150 m ²	0,999	m ²	ecoinvent 3.3, consequential	market for building, multi-storey building, multi-storey Consequential, U	-
W2: Weiße Ware	Haushaltsgeräte; Kühlschrank	1 St.	0,018	St.	ESU World Food	refrigerator ERB3105, at consumer (CH)	-
W3: IKT	IKT; Computer	1 St.	0,023	St.	ecoinvent 3.3, cut-off	market for computer, laptop computer, laptop cut-off, U	-
M5: Kreuzfahrten	Kreuzfahrt	8,9 Tage	0,002	St.	PSILCA v2	Ships. Sports and recreation boat - AR ²⁹	-
Luftfahrt	1 USD Luftfahrt in DE	0.002		USD	PSILCA v2	Air transport - DE ²⁹	

²⁹ Umrechnungsfaktor von USD auf EUR 0,88

11.1.1.1 Konsumbereich Mobilität

enKonsumgut	Datenbank	Prozess(e) ³⁰	Einheit	Anmerkung
Pkw Nutzen	ecoinvent 3.4	Siehe Ausführungen unter der Tabelle	p*km	Um die Ergebnisse zu Ressourcenverbräuchen von Pkw Nutzung von Kilometer in Personenkilometer umzurechnen, wurde ein Umrechnungsfaktor von 1,5 angewendet. Es wurde also angenommen, dass ein Pkw durchschnittlich 1,5 Personen transportiert (Richter 2012) ³¹ .
Nutzen Motorrad	ecoinvent 3.4	transport, passenger, motor scooter transport, passenger, motor scooter cut-off, S	km	
Flugreise	ecoinvent 3.4	• transport, passenger, aircraft, intracontinental transport, passenger, aircraft cut-off, S – RER • transport, passenger, aircraft, intercontinental transport, passenger, aircraft cut-off, S	p*km	
ÖPNV	ecoinvent 3.3	• tram production tram cut-off, U – CH; • transport, regular bus transport, regular bus cut-off, U – CH • transport, passenger train, urban transport, passenger train cut-off, U – CH	p*km	DE Strommix verwendet
ÖPFV	ecoinvent 3.3	• transport, passenger coach transport, passenger coach cut-off, U – CH • transport, passenger train transport, passenger train cut-off, U – DE	p*km	
Nutzen Elektrischer Motorroller	ecoinvent 3.4	transport, passenger, electric scooter transport, passenger, electric scooter Cutoff, U	km	DE Strommix verwendet

³⁰ In den Fällen, in denen mehrere Prozesse gelistet sind, wurde dem Konsumgut der Durchschnitt der Ressourcenverbräuche der aufgeführten Prozesse zugeordnet

³¹ Richter, Nadja. 2012. "Daten Zum Verkehr." <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4364.pdf>.

Da Transportprozesse in ecoinvent die Produktion des Transportmittels anteilmäßig in Bezug auf die zurückgelegte Strecke berücksichtigen reicht es, die Umweltauswirkungen der Transportprozesse auszurechnen und auf die gewünschte Anzahl von Personenkilometern zu skalieren.

Pkw mit Verbrennungsmotor

Die in der Umfrage berücksichtigten Fahrzeuggruppen sind:

1. Diesel – klein
2. Diesel – kompakt
3. Diesel – mittel
4. Diesel – ober
5. Benzin – klein
6. Benzin – kompakt
7. Benzin – mittel
8. Benzin – ober
9. Elektrisch – klein
10. Elektrisch – kompakt
11. Elektrisch – mittel
12. Elektrisch – ober
13. Hybrid - mittel

Gebrauchsfertige Datensätze sind in ecoinvent 3.3 gegeben für einen *kleinen* (1,4 Liter Motor, ≤ 1.200 kg Gewicht³²), *mittleren* (1,4 bis 2,0 Liter Motor, ≤ 1600 kg Gewicht³³) und *großen Pkw* (2,0 Liter Motor, ≤ 2.000 kg Gewicht³⁴). In diesen Prozessen ist angenommen, dass ein Fahrzeug bis zur Verschrottung 116.250 Kilometer zurücklegt. Mit dem *mittleren Pkw* wurde ein Wagen der Mittelklasse modelliert. Die Kompaktklasse wurde aus Mittelwerten der Prozesse *mittlerer* und *kleiner Pkw* modelliert. Der Emissionsstandard ist jeweils EURO 5

Tabelle 48: Prozesse und Erläuterungen zur Berechnung der Ressourcenverbräuche durch Pkw Nutzung

Diesel	Prozess/Erklärung
Ober-klasse	transport, passenger car, large size, diesel, EURO 5 transport, passenger car, large size, diesel, EURO 5 cut-off, U
Mittel-klasse	transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 5 transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 5 cut-off, U
Kompakt-klasse	Durchschnittswerte zwischen Mittelklasse und Kleinwagen
Kleinwagen	transport, passenger car, small size, diesel, EURO 5 transport, passenger car, small size, diesel, EURO 5 cut-off, U
Benziner	
Ober-klasse	transport, passenger car, large size, petrol, EURO 5 transport, passenger car, large size, petrol, EURO 5 cut-off, U

³² (Wernet et al. 2016)

³³ (Wernet et al. 2016)

³⁴ (Wernet et al. 2016)

Mittel- klasse	transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5 transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5 cut-off, U
Kompakt- klasse	Durchschnittswerte zwischen Mittelklasse und Kleinwagen
Kleinwagen	transport, passenger car, small size, petrol, EURO 5 transport, passenger car, small size, petrol, EURO 5 cut-off, U
Elektro- auto	
Ober- klasse	Zur Skalierung wurden die gleichen Skalierungsfaktoren verwendet, die zur Berechnung der Fahrzeugklassen von Benzinern und Dieselfahrzeugen verwendet wurden.
Mittel- klasse	Zur Skalierung wurden die gleichen Skalierungsfaktoren verwendet, die zur Berechnung der Fahrzeugklassen von Benzinern und Dieselfahrzeugen verwendet wurden.
Kompakt- klasse	transport, passenger car, electric transport, passenger car, electric cut-off, U; Der Strommix GLO (global) wurde durch den Strommix DE (Deutschland) ersetzt
Kleinwagen	Zur Skalierung wurden die gleichen Skalierungsfaktoren verwendet, die zur Berechnung der Fahrzeugklassen von Benzinern und Dieselfahrzeugen verwendet wurden.
Hybrid- auto	
Hybrid, Mittel	Basierend auf den Prozessen <i>transport, passenger car, electric</i> <i>transport, passenger car, electric</i> cut-off, U und <i>transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5</i> <i>transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5</i> cut-off, U

Da sich die Umfrageergebnisse der ad-hoc Befragung nicht entsprechend aller Klassen aufschlüsseln lassen, wurden Durchschnittswerte der Fahrzeuggrößen zu einer Kategorie zusammengefasst.

Hybridelektrokraftfahrzeug

Das Hybridelektrofahrzeug wurde basierend auf zwei ecoinvent 3.4 Prozessen, namentlich *transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5* | *transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5* | *Cutoff, U* und *transport, passenger car, electric* | *transport, passenger car, electric* | cut-off, U modelliert. Die Input-Tabelle des Mittelklassewagens wurde durch eine Lithium-Ionen-Batterie ergänzt und auf der Produktion eines Elektroautos basiert. Darüber hinaus wurde angenommen, dass die Abnutzung der Bremsen und der Straße sowie der Ressourcenverbrauch für den Unterhalt unverändert sind. Da der Verbrennungsmotor in einem Hybridfahrzeug typischerweise etwas kleiner ausfällt, wurde der Motor durch den eines Kleinwagens ersetzt. Der Spritverbrauch und die gasförmigen Emissionen wurden daher um 22% reduziert. Letzteres entspricht der Emissionsveränderung zwischen dem *normalen* Hybridwagen und einem von der Größe her gleichwertigen Wagen mit Verbrennungsmotor.

Da sich die Umfrageergebnisse der Ad-hoc-Befragung nicht entsprechend einzelner Klassen aufschlüsseln lassen, wurden Durchschnittswerte der nachfolgenden Fahrzeug- und Antriebstypen verwendet.

Der *Motorisierungsgrad* wurde basierend auf dem Prozess *passenger car production, petrol/natural gas* | *passenger car, petrol/natural gas* | cut-off, U berechnet, der *Pkw Nutzen* entsprechend dem Prozess *transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 4* | *transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 4* | cut-off, U – beide aus der Datenbank ecoinvent 3.3. Letzterer wurde so modifiziert, dass die Pkw Produktion bei der Berechnung der Umweltwirkungen nicht berücksichtigt wurde.

Flugreisen

Für Flugreisen wurde auf den Mittelwert der Prozesse *transport, passenger, aircraft, intracontinental* / *transport, passenger, aircraft* / *cut-off, S – RER* und *transport, passenger, aircraft, intercontinental* / *transport, passenger, aircraft* / *cut-off, S* in ecoinvent 3.4 zurückgegriffen.

ÖPNV

Die angegebenen Ressourcenverbräuche für ÖPNV ergeben sich aus den durchschnittlichen Ressourcenverbrauchsdaten für einen Personenkilometer von den Prozessen *tram production* / *tram* / *cut-off, U – CH*; *transport, regular bus* / *transport, regular bus* / *cut-off, U – CH* und *transport, passenger train, urban* / *transport, passenger train* / *cut-off, U – CH* aus der Datenbank ecoinvent 3.3. Wenn möglich wurde der schweizer Strommix von CH durch einen deutschen Strommix ersetzt.

ÖPFV

Die angegebenen Ressourcenverbräuche für ÖPFV ergeben sich aus den durchschnittlichen Ressourcenverbrauchsdaten für einen Personenkilometer der Prozesse *transport, passenger coach* / *transport, passenger coach* / *cut-off, U – CH* und *transport, passenger train* / *transport, passenger train* / *cut-off, U – DE* aus der Datenbank ecoinvent 3.3.

11.1.1.2 Konsumbereich Ernährung

Die ecoinvent Datenbank und die auf ecoinvent basierende ESU World Food Datenbank berücksichtigen nicht den Ausstoß von Treibhausgasen durch die physiologische Verwertung von Futtermitteln durch Nutztiere. Da Futtermittel in der Produktion aber Treibhausgase binden, kommt es für viele Prozesse, deren Umweltauswirkungen maßgeblich durch Tierhaltung beeinflusst sind, zu einer positiven Treibhausgasbilanz. Um dies zu adressieren, wurden Werte zu z.B. dem respiratorischen Ausstoß von Treibhausgasen einzelner Nutztiere recherchiert und entsprechenden Prozessen in der Sachbilanz zugewiesen.

Tabelle 49: Dokumentation der Ressourcenverbrauchsberechnung für den Konsumbereich Ernährung.

Konsumgut	Datenbank	Prozess(e)	Einheit	Umrechnungsfaktor	Anmerkung
Schweinefleisch (konventionell)	ESU World Food	pork, IP, at supermarket	1 kg	6,98 EUR/kg ³⁵	Zusätzlich wurde der respiratorische Ausstoß von Treibhausgasen über den Lebensweg eines Schweins berücksichtigt, der bei der ESU World Food Datenbank standardmäßig nicht berücksichtigt wird. Der respiratorische CO ₂ Ausstoß beziffert sich laut Phillippe and Nicks (2008) ³⁶ auf 4,87 kg CO ₂ Äquivalente pro kg Schlachtkörper Schweinefleisch.

³⁵ <https://shop.rewe.de/p/ja-schweine-minutensteaks-aus-dem-ruecken-400g/2080731> (abgerufen 26.09.2018)

³⁶ Phillippe, F.-X., and B. Nicks. 2015. "Review on Greenhouse Gas Emissions from Pig Houses: Production of Carbon Dioxide, Methane and Nitrous Oxide by Animals and Manure." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 199 (January): 10–25. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.08.015>.

Geflügel (konventionell)	ESU World Food	poultry meat, IP, at supermarket	1 kg	4,79 EUR/kg ³⁷	Der Ausstoß von respiratorischem CO ₂ wurde unter Annahme eines Sauerstoffumsatzes von 0.022l/min/Huhn ³⁸ getroffen. Damit summiert sich der gesamte Atemsauerstoffverbrauch bei einer Lebensdauer von 37,5 Tagen ³⁹ auf 1.188 Liter (konventionell) und bei einer Lebensdauer von 81 Tagen ⁴⁰ auf 2.566 Liter (biologisch). Weiterhin wurde angenommen, dass der CO ₂ Ausstoß gleich dem Sauerstoffumsatz ist. Der CO ₂ Ausstoß beträgt somit für ein konventionelles Huhn 2,19kg und für ein biologisches Huhn 4,73kg.
Geflügel (biologisch)	ESU World Food	poultry meat, organic, at supermarket	1 kg	12,9 EUR/kg ⁴¹	
Fleisch gesamt ⁴² (konventionell)	ESU World Food	roast, pork, at household	1 kg	6,22 EUR/kg ⁴³	Beiden Prozessen wurde der respiratorische Ausstoß von Treibhausgasen über den Lebensweg eines Schweins hinzugefügt, der bei der ESU World Food Datenbank standardmäßig nicht berücksichtigt wird. Dieser beziffert sich laut Phillippe und Nicks (2008) ⁴⁴ auf 4,87 kg CO ₂ Äquivalente pro kg Schlachtkörper Schweinefleisch.
Fleisch gesamt (biologisch)	ESU World Food	roast, organic pork, at household	1 kg	19,9 EUR/kg ⁴⁵	
Fleischer- satzpro- dukte	ecoin- vent 3.3	tofu pro- duction tofu cut- off, U – CA- QC	1 kg	4,79 EUR/kg ⁴⁶	

³⁷ <https://shop.rewe.de/p/wilhelm-brandenburg-haehnchen-ohne-innereien-ca-1-1kg/7697252> (abgerufen 26.09.2018)

³⁸ Müller, Rainer. n.d. "Atmung, Stoffwechsel Und Blutkreislauf." Accessed October 12, 2018. <https://www.tu-braunschweig.de/Medien-DB/ifdn-physik/atmungstoffwechsel.pdf>.

³⁹ Wiedemann, S. G., F. A. Phillips, T. A. Naylor, E. J. McGahan, O. B. Keane, B. R. Warren, and C. M. Murphy. 2016. "Nitrous Oxide, Ammonia and Methane from Australian Meat Chicken Houses Measured under Commercial Operating Conditions and with Mitigation Strategies Applied." *Animal Production Science* 56 (9): 1404. <https://doi.org/10.1071/AN15561>.

⁴⁰ Castella, Tom de. 2014. "Do People Know Where Their Chicken Comes From?," October 23, 2014, sec. Magazine. <https://www.bbc.com/news/magazine-29219843>.

⁴¹ <https://shop.rewe.de/p/rewe-bio-haehnchen-ca-1-3kg/1267674> (abgerufen 26.09.2018)

⁴² Der Prozess ist repräsentativ da Schweinefleisch laut Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen das am meisten konsumierte Fleisch ist und größtmäßig zwischen anderen Zuchttieren wie beispielsweise Rindern und Geflügel liegt.

⁴³ <https://shop.rewe.de/p/rewe-bio-schweine-nackensteaks-500g/1287061>

Schweine Nackensteak 6.22€/kg <https://shop.rewe.de/p/wilhelm-brandenburg-schweine-nackensteak-bbq-320g/2346804> (abgerufen 26.09.2018)

⁴⁴ Philippe, F.-X., and B. Nicks. 2015. "Review on Greenhouse Gas Emissions from Pig Houses: Production of Carbon Dioxide, Methane and Nitrous Oxide by Animals and Manure." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 199 (January): 10–25. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.08.015>.

⁴⁵ <https://shop.rewe.de/p/rewe-bio-schweine-nackensteaks-500g/1287061>

Schweine Nackensteak 6.22€/kg <https://shop.rewe.de/p/wilhelm-brandenburg-schweine-nackensteak-bbq-320g/2346804> (abgerufen 26.09.2018)

⁴⁶ <https://shop.rewe.de/p/rewe-bio-tofu-natur-300g/1242981> (abgerufen 26.09.2018)

Milch (biologisch)	ecoinvent 3.3	milk production, from cow cow milk cut-off, U	1 Liter	1,09 EUR/kg ⁴⁷	Der tägliche respiratorische Treibhausgasausstoß einer Milchkuh beziffert sich bei einer durchschnittlichen Milchproduktion von 28,5 kg pro Kuh pro Tag auf 12,2 kg CO ₂ pro Tag pro Kuh und 0,385 kg CH ₄ pro Kuh pro Tag (Chianese et al., 2009; Kinsman et al, 1995). Unter der Annahme, dass 28,5 kg Milch auch 28,5 Liter Milch entsprechen, entspricht dies 0,428 kg CO ₂ und 0,0135 kg CH ₄ pro Liter Milch.
Molkereiprodukte (weiße Linie)	ESU World Food	yoghurt natural, in 150g PS cup with aluminium lidding, at dairy	1 kg	1,20 EUR/kg ⁴⁸	Gemäß dem Prozess <i>yogurt production, from cow milk yogurt, from cow milk cut-off, U</i> der ecoinvent Datenbank wird zur Produktion von 1kg Joghurt 0,933 kg Milch benötigt. ⁴⁹ Da wie auch bei Milch (biologisch) respiratorische CO ₂ Emissionen der Kuh nicht berücksichtigt sind, wurden zusätzlich $0,428 \times 0,933 \text{ kg CO}_2/\text{kg Joghurt} = 0,399 \text{ kg CO}_2/\text{kg Joghurt}$ und $0,0135 \times 0,933 \text{ kg CH}_4/\text{kg Joghurt} = 0,0126 \text{ kg CH}_4/\text{kg Joghurt}$ zur Sachbilanz des betrachteten Prozesses hinzugefügt.
Molkereiprodukte (gelbe Linie)	ESU World Food	cheese, at supermarket - CH	1 kg	5,63 EUR/kg ⁵⁰	Gemäß der Landesvereinigung Thüringer Milch e.V. wird für 1 kg Käse zwischen 4 und 13 Liter pasteurisierte Milch oder Rohmilch benötigt ⁵¹ . Da die Käsesorte des Prozesses in der ESU World Food Datenbank nicht weiter spezifiziert ist, wurde ein Durchschnittswert von 8.5 Liter als Milchbedarf für 1 kg Käse angenommen. Da auch hier der respiratorische CO ₂ und CH ₄ Ausstoß vernachlässigt wurde, wurden $8,5 \times 0,428 \text{ kg CO}_2 = 3,638 \text{ kg CO}_2$ und $8,5 \times 0,0135 \text{ kg CH}_4 = 0,11475 \text{ kg CH}_4$ der Sachbilanz des Prozesses hinzugefügt.
Röstkaffee	ESU World Food	coffee roasting, without emission control	1 kg	5,29 EUR/kg ⁵²	
Äpfel (konventionell)	ESU World Food	apple, at kitchen	1 kg	2,79 EUR/kg ⁵³	

⁴⁷ <https://shop.rewe.de/p/rewe-bio-h-vollmilch-3-8-1l/197889> (abgerufen 02.10.2018)

⁴⁸ <https://shop.rewe.de/p/ja-joghurt-mild-0-1-150g/8187630> (abgerufen 02.10.2018)

⁴⁹ Der Prozess enthält ca. 0,07 kg Input von Zucker und Erdbeeren, die für Naturjoghurt irrelevant sind. Diese Schwachstelle wurde erst nach der Berechnung entdeckt.

⁵⁰ <https://shop.rewe.de/p/ja-gouda-jung-48-fett-400g/6337279> (abgerufen 02.10.2018)

⁵¹ <https://www.milch-thueringen.de/content/milchverarbeitung> (abgerufen 15.10.2018)

⁵² <https://shop.rewe.de/p/rewe-bio-roestkaffee-gemahlen-500g/297368> (abgerufen 26.09.2018)

⁵³ <https://shop.rewe.de/p/rewe-regional-apfel/2089420> (abgerufen 26.09.2018)

Gemüse	ESU World Food	eggplant, greenhouse, at farm	1 kg	3,49 EUR/kg ⁵⁴	
Getränke	ESU World Food	orange juice, NFC, production ES, at super- market	1 kg	4,79 EUR/Li- ter ⁵⁵	

11.1.1.3 Konsumbereich Bekleidung

Da in den verwendeten Datenbanken keine Prozesse zu fertig produzierten Bekleidungsstücken verfügbar sind, wurden die verschiedenen Kleidungsstücke aus drei Grundprozessen modelliert bzw. der Ressourcenverbrauch für diese Grundrohstoffe anteilmäßig entsprechend der Materialmenge und Zusammensetzung zusammengerechnet.

- Textilstoff: textile production, knit cotton, batch dyed | textile, knitt cotton | Cutoff, U (GLO); ecoinvent 3.4
- Leder: SITC-61, leather, leather manufactures, n.e.s., and dressed furskins, import; ESU World Food
- Gummi/Kautschuk: synthetic rubber production | synthetic rubber | cut-off, S; ecoinvent 3.3
- Polyethylene: fleece production, polyethylene | fleece, polyethylene | cut-off, U – RER; ecoinvent 3.3

Zusätzlich wurde der Energieverbrauch zur Verarbeitung der Textilien berücksichtigt. Dieser wird von Islam (2016) bei einer Produktionskapazität von 250.000 Kleidungsstücken pro Monat für das Auslegen, Schneiden, Nähen, die Veredelung der fertigen Produkte sowie den Betrieb eines Kompressors und Licht auf durchschnittlich 72kWh pro Kleidungsstück beziffert. Hierfür wurde ein in ecoinvent 3.3 hinterlegter Strommix für Mittelspannung in Asien verwendet da angenommen wurde, dass dort ein Großteil der in Deutschland konsumierten Kleidungsstücke produziert wird (*market group for electricity, medium voltage | electricity, medium voltage | cut-off, S - RAS*).

Tabelle 50: Materialverbrauchsannahmen zum Konsumbereich Bekleidung

	Textilstoff [kg]	Leder [kg]	Gummi/Kautschuk [kg]	Fleece (Polyester) [kg]	Strom [kWh]
Jeans/Hose	0,45	0	0	0	72
T-Shirt/Hemd/Bluse	0,175	0	0	0	72
Kleider/Rock	0,4	0	0	0	72
Sneaker/Sportschuhe	0,1	0	0,2	0,1	72
Lederschuhe	0	0,35	0,2	0	72
Jacke/Mantel	0,375	0	0	0,375	72
Lederjacke	0	2	0	0	72
Sandalen	0,75	0	0,2	0	72

⁵⁴ <https://shop.rewe.de/p/aubergine/465763> (abgerufen 02.10.2018)

⁵⁵ <https://shop.rewe.de/p/rewe-beste-wahl-orangensaft-1l/2174881> (abgerufen 02.10.2018)

11.1.1.4 Konsumbereich Wohnen, Haushaltsgeräte, IKT

Wohnfläche, Haushaltsgeräte, IKT

Tabelle 51: Dokumentation der Ressourcenverbrauchsberechnung für den Konsumbereich Wohnen, Haushaltsgeräte, IKT.

Konsumgut	Datenbank	Prozess(e)	Einheit	Anmerkung
Wohnfläche	ecoinvent 3.3	construction, multi-storey building, multi-storey cut-off, S	m ²	Die Daten beziehen sich auf zwei Gebäude, gebaut 1927 und 1972, deren Lebensspanne mit 80 Jahren angegeben ist. Da der Prozess Umweltauswirkungen pro Kubikmeter Wohnraum berechnet wurde, wurde zur Umrechnung in Quadratmeter Wohnraum eine Deckenhöhe von 2,9 Metern angenommen.
Kühlschrank	ESU World Food	refrigerator ERB3105, at consumer	Stück	
Geschirrspüler	ecoinvent 3.4	Siehe Anmerkung	Stück	Der Prozess Geschirrspüler wurde entsprechend der Kategorieregeln der <i>Product Environmental Footprints</i> Initiative der Europäischen Kommission in ecoinvent 3.4 modelliert ⁵⁶ . Es wurde angenommen, dass der Geschirrspüler aus 10 kg Plastik, 15 kg Aluminium, 3 kg Elektronik und 0.1 kg Leiterplatte besteht. Das verwendete Plastik ist angelehnt an extrudierte Kunststoffrohre. Da der Typ der elektronischen Komponenten nicht weiter spezifiziert wurde, wurden jeweils zur Hälfte passive und aktive elektronische Komponenten gewählt. Das Aluminium ist unlegiert. Als Verpackungsmaterialien wurden 10 kg Karton und 2 kg Plastik (Polyethylenfilm) berücksichtigt. Energie und andere Ressourcen für den Herstellungsprozess wurden nicht berücksichtigt.
Computer	ecoinvent 3.3	market for computer, laptop computer, laptop cut-off, U	1119 EUR	
Fernseher	ecoinvent 3.4	display production, liquid crystal, 17 inches (GLO)	Stück	Linear hochskaliert auf 24 und 48 Zoll. Für noch größere Bildschirme wurde pauschal ein Zuschlag von 35 Prozent auf 48 Zoll Bildschirme berechnet.

Heizen

Zur Berechnung der Ressourcenverbräuche durch Heizen wurde der Durchschnittswert der in Tabelle 52 dargestellten Prozesse aus ecoinvent 3.4 verwendet:

⁵⁶ European Commission, *PEFCR Guidance document*, - Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), version 6.1, xxxxxx 2017. (DRAFT)

Tabelle 52: Dokumentation der Ressourcenverbrauchsberechnung für den Konsumbereich Heizen.

Konsumgut	Prozess	Cent/kWh
Heizöl	heat production, light fuel oil, at boiler 10kW condensing, non-modulating heat, central or small-scale, other than natural gas Cutoff, U - Europe without Switzerland	5,25 ⁵⁷
Gas	heat production, natural gas, at boiler modulating <100kW heat, central or small-scale, natural gas Cutoff, U	2,5
Kohle	heat production, hard coal briquette, stove 5-15kW heat, central or small-scale, other than natural gas Cutoff, U	10,1
Solarthermie	operation, solar collector system, Cu flat plate collector, one-family house, for combined system heat, central or small-scale, other than natural gas Cutoff, U	10,1
Pellets	heat production, softwood chips from forest, at furnace 50kW heat, central or small-scale, other than natural gas Cutoff, U	4,6 ⁵⁷
Kaminofen	heat production, mixed logs, at wood heater 6kW heat, central or small-scale, other than natural gas Cutoff, U	2,4
Fernwärme	heat and power co-generation, natural gas, combined cycle power plant, 400MW electrical heat, district or industrial, natural gas cut-off, U – DE	6,75 ⁵⁷

Als Durchschnittspreis wurde 10,125 Cent/kWh angenommen⁵⁸. Das entspricht $\frac{10,125 \text{ Cent}}{3,6 \text{ kWh}} \approx 2,81 \frac{\text{Cent}}{\text{MJ}}$ ⁵⁹.

Die statistisch nachgewiesene Konsumveränderung beziffert sich auf 3,654 EUR pro 100 EUR mehr Nettoeinkommen pro Haushalt.

Elektrizität

Zur Berechnung der Ressourcenverbräuche durch Elektrizität wurden Durchschnittswerte aus den ecoinvent 3.4 Prozessen *market for electricity, low voltage | electricity, low voltage | cut-off, S DE* und *market for electricity, low voltage, label-certified | electricity, low voltage, label-certified | cut-off, S CH* verwendet. Als Elektrizitätskosten wurden 25 Cent pro kWh angenommen⁶⁰.

⁵⁷ Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz e.V. (2017). Kosten verschiedener Heizungssysteme im Vergleich. Retrieved from https://www.verbraucherzentrale-rlp.de/sites/default/files/2017-11/Einleger_Kostenvergleich_Heizungen%2024_08_2017_0.pdf (abgerufen 19.11.2018)

⁵⁸ <https://www.kesselheld.de/kilowattstunde/> (abgerufen 25.09.2018)

⁵⁹ Bei der Berechnung wurde irrtümlicher Weise mit einem Faktor von 3,6 multipliziert anstatt zu dividieren. Folglich sind die angegebenen Veränderungen im Ressourcenverbrauch durch Heizen um einen Faktor 13 nach unten zu skalieren.

⁶⁰ <https://www.strom-magazin.de/preis-pro-kwh/> (abgerufen 25.09.2018)

12 Anhang 3: Regressionsergebnisse Mobilität, Bekleidung, Wohnen

12.1 Ressourcenverbrauch für den aggregierten Mobilitätsbereich

Tabelle 53: Ressourcenverbrauch Mobilität Gesamt I

Variable	Kumulierter Energieaufwand [MJ]	Erderwärmungs-potenzial (kg CO ₂ Äq.)	Ressourcen-verknappung - abiotische Ressourcen (mg Sb Äq.)
1.000 EUR bis < 1.500 EUR	-	-	-
1.500 EUR bis < 2.000 EUR	31490,6***	2011,5***	0,016***
2.000 EUR bis < 2.500 EUR	30135,9***	1895,7***	0,022***
2.500 EUR bis < 3.000 EUR	48324,9***	3045,2***	0,026***
3.000 EUR bis < 3.500 EUR	64143,7***	3872,7***	0,035***
3.500 EUR bis < 4.000 EUR	77347,4***	4890,8***	0,043***
≥ 4.000 EUR	95957,5***	6110,9***	0,051***
Kinder (ja/nein)	-	-	-
Zwei Erwachsene pro Haushalt	26800,1***	1859,5***	0,014***
Drei oder mehr Erwachsene pro Haushalt	42185,7***	2744,1***	0,019***
Senior*innen	-17461,8*	-1478,7**	-
Kleinstadt	-	-	-
Mittelstadt	-	-	-0,013***
Großstadt 100	-	-	-0,013***
Großstadt 500	-13403,4*	-1007,0*	-0,020***
30-45 Jahre	-13613,5*	-808,2*	-
45-60 Jahre	-29151,8***	-1788,1***	-0,012***
> 60 Jahre	-33645,0***	-2007,6***	-0,013***
Abschluss Realschule	13929,7*	1040,8**	0,012***
Abitur	17723,3**	1384,4**	0,013***
Hochschulabschluss	18535,5**	1380,4***	-
Geschlecht	-	-	-

Anmerkung: Alter, Bildung und Geschlecht beziehen sich jeweils auf den/die Haushaltsführer*in; Dummy-Variablen: Einkommen Basis = < 1000 EUR; Wohnort Basis = < 5.000 Einwohner*innen; Alter Basis = < 30 Jahre; Bildung Basis = keinen Abschluss/Hauptschulabschluss; Geschlecht Basis = männlich; Haushalt Basis: Haushalt mit einem Erwachsenen; Kleinstadt = 5.000-20.000 Einwohner*innen; Mittelstadt = 20.000 – 100.000 Einwohner*innen; Großstadt 100 = 100.000-500.000 Einwohner*innen; Großstadt 500 = > 500.000 Einwohner*innen.

Tabelle 54: Ressourcenverbrauch Mobilität Gesamt II

Variable	Ressourcen-verknappung - fossile Energieträger [MJ]	Landnutzung [m ² /Jahr]	Wasserverbrauch [m ³]
1.000 EUR bis < 1.500 EUR	-	-	-
1.500 EUR bis < 2.000 EUR	676,6 ^{***}	62,34 ^{***}	2635,7 ^{***}
2.000 EUR bis < 2.500 EUR	629,3 ^{***}	66,17 ^{***}	2598,4 ^{***}
2.500 EUR bis < 3.000 EUR	1022,4 ^{***}	80,27 ^{***}	3313,4 ^{***}
3.000 EUR bis < 3.500 EUR	1368,2 ^{***}	124,8 ^{***}	5140,6 ^{***}
3.500 EUR bis < 4.000 EUR	1657,4 ^{***}	150,8 ^{***}	6199,9 ^{***}
≥ 4.000 EUR	2060,8 ^{***}	176,0 ^{***}	7199,3 ^{***}
Kinder im Haushalt	-	-	1071,3 [*]
Zwei Erwachsene pro Haushalt	584,2 ^{***}	56,81 ^{***}	2654,1 ^{***}
Drei oder mehr Erwachsene pro Haushalt	903,2 ^{***}	86,32 ^{***}	4196,8 ^{***}
Senior*innen im Haushalt	-365,3 [*]	-32,37 [*]	-1382,3 [*]
Kleinstadt	-	-	-
Mittelstadt	-	-27,00 ^{**}	-1154,6 ^{**}
Großstadt 100	-	-40,76 ^{***}	-1596,0 ^{**}
Großstadt 500	-315,6 [*]	-42,28 ^{***}	-1403,0 ^{**}
30-45 Jahre	-304,2 [*]	-	-
45-60 Jahre	-638,9 ^{***}	-57,04 ^{***}	-2732,6 ^{***}
> 60 Jahre	-736,9 ^{***}	-58,88 ^{***}	-2620,6 ^{***}
Realschulabschluss	300,6 [*]	39,48 ^{***}	1660,4 ^{***}
Abitur	387,8 ^{**}	41,04 ^{***}	1767,5 ^{***}
Hochschulabschluss	409,2 ^{**}	-	-
Geschlecht	-	-	-

Anmerkung: Alter, Bildung und Geschlecht beziehen sich jeweils auf den/die Haushaltsführer*in; Dummy-Variablen: Einkommen Basis = < 1000 EUR; Wohnort Basis = < 5.000 Einwohner*innen; Alter Basis = < 30 Jahre; Bildung Basis = keinen Abschluss/Hauptschulabschluss; Geschlecht Basis = männlich; Haushalt Basis: Haushalt mit einem Erwachsenen; Kleinstadt = 5.000-20.000 Einwohner*innen; Mittelstadt = 20.000 – 100.000 Einwohner*innen; Großstadt 100 = 100.000-500.000 Einwohner*innen; Großstadt 500 = > 500.000 Einwohner*innen.

12.2 Ressourcenverbrauch für den aggregierten Bekleidungsbereich

Tabelle 55: Ressourcenverbrauch Bekleidung Gesamt I

Variable	Kumulierter Energieaufwand [MJ]	Erderwärmungspotenzial (kg CO ₂ Äq.)	Ressourcen-verknappung - abiotische Ressourcen (mg Sb Äq.)
1.000 EUR bis < 1.500 EUR	-	-	-
1.500 EUR bis < 2.000 EUR	5506,1***	531,1***	0,000142***
2.000 EUR bis < 2.500 EUR	-	-	-
2.500 EUR bis < 3.000 EUR	3862,4*	356,1*	-
3.000 EUR bis < 3.500 EUR	8218,9***	707,8***	0,000143**
3.500 EUR bis < 4.000 EUR	7727,2***	712,1***	0,000193***
≥ 4.000 EUR	6739,9***	614,8***	0,000169***
Kinder (ja/nein)	8117,0***	779,1***	0,000253***
Zwei Erwachsene pro Haushalt	3261,3***	270,5**	0,000126***
Drei oder mehr Erwachsene pro Haushalt	9643,6***	835,5***	0,000308***
Senior*innen	-3640,7**	-304,1*	-0,000132**
Kleinstadt	3425,4**	363,0***	-
Mittelstadt	2570,5*	269,7**	0,0000676*
Großstadt 100	-	-	-
Großstadt 500	-	-	-
30-45 Jahre	-	-	-
45-60 Jahre	-7599,7***	-687,1***	-0,000240***
> 60 Jahre	-10231,8***	-922,3***	-0,000295***
Abschluss Realschule	-	-	-
Abitur	-	-	-
Hochschulabschluss	-	-	-
Geschlecht	2721,9***	239,4***	0,0000640**

Anmerkung: Alter, Bildung und Geschlecht beziehen sich jeweils auf den/die Haushaltsführer*in; Dummy-Variablen: Einkommen Basis = < 1.000 EUR; Wohnort Basis = < 5.000 Einwohner*innen; Alter Basis = < 30 Jahre; Bildung Basis = keinen Abschluss/Hauptschulabschluss; Geschlecht Basis = männlich; Haushalt Basis: Haushalt mit einem Erwachsenen; Kleinstadt = 5.000-20.000 Einwohner*innen; Mittelstadt = 20.000 – 100.000 Einwohner*innen; Großstadt 100 = 100.000-500.000 Einwohner*innen; Großstadt 500 = > 500.000 Einwohner*innen.

Tabelle 56: Ressourcenverbrauch Bekleidung Gesamt II

Variable	Ressourcen-verknappung - fossile Energieträger [MJ]	Landnutzung [m ² /Jahr]	Wasserverbrauch [m ³]
----------	---	------------------------------------	-----------------------------------

1.000 EUR bis < 1.500 EUR	-	-	-
1.500 EUR bis < 2.000 EUR	121,5 ^{***}	36,78 ^{***}	2870,1 ^{***}
2.000 EUR bis < 2.500 EUR	-	-	-
2.500 EUR bis < 3.000 EUR	81,62 [*]	22,83 [*]	1923,7 [*]
3.000 EUR bis < 3.500 EUR	162,2 ^{***}	51,35 ^{***}	3825,9 ^{***}
3.500 EUR bis < 4.000 EUR	163,4 ^{***}	50,51 ^{***}	3846,2 ^{***}
≥ 4.000 EUR	140,7 ^{***}	38,90 ^{***}	3321,0 ^{***}
Kinder im Haushalt	178,8 ^{***}	57,31 ^{***}	4209,7 ^{***}
Zwei Erwachsene pro Haushalt	62,13 ^{**}	20,29 ^{***}	1461,3 ^{**}
Drei oder mehr Erwachsene pro Haushalt	192,0 ^{***}	58,85 ^{***}	4510,0 ^{***}
Senior*innen im Haushalt	-70,03 [*]	-21,25 [*]	-1642,0 [*]
Kleinstadt	82,99 ^{***}	24,64 ^{***}	1962,9 ^{***}
Mittelstadt	61,90 ^{**}	17,79 ^{**}	1456,9 ^{**}
Großstadt 100	-	-	-
Großstadt 500	-	-	-
30-45 Jahre	-	-14,41 [*]	-
45-60 Jahre	-157,9 ^{***}	-51,69 ^{***}	-3714,3 ^{***}
> 60 Jahre	-211,6 ^{***}	-66,09 ^{***}	-4982,7 ^{***}
Realschulabschluss	-	-	-
Abitur	-	-	-
Hochschulabschluss	-	-	-
Geschlecht	54,77 ^{***}	17,14 ^{***}	1295,3 ^{***}

Anmerkung: Alter, Bildung und Geschlecht beziehen sich jeweils auf den/die Haushaltsführer*in; Dummy-Variablen: Einkommen Basis = < 1000 EUR; Wohnort Basis = < 5.000 Einwohner*innen; Alter Basis = < 30 Jahre; Bildung Basis = keinen Abschluss/Hauptschulabschluss; Geschlecht Basis = männlich; Haushalt Basis: Haushalt mit einem Erwachsenen; Kleinstadt = 5.000-20.000 Einwohner*innen; Mittelstadt = 20.000 – 100.000 Einwohner*innen; Großstadt 100 = 100.000-500.000 Einwohner*innen; Großstadt 500 = > 500.000 Einwohner*innen.

12.3 Ressourcenverbrauch für den aggregierten Wohnbereich

Tabelle 57: Ressourcenverbrauch Wohnen Gesamt

Variable	Kumulierter Energieaufwand [MJ]	Erderwärmungspotenzial (kg CO ₂ Äq.)	Ressourcenverknappung - abiotische Ressourcen (mg Sb Äq.)	Ressourcenverknappung - fossile Energieträger [MJ]	Landnutzung [m ² /Jahr]	Wasserverbrauch [m ³]
1.000- 1.500 EUR		53.30				
1.500-2.000 EUR		-34.29				8654.1**
2.000-2.500 EUR	7216.1**	311.9	0.0115***	104.4**		
2.500-3.000 EUR	7337.5**	222.1	0.0111***	103.6*	257.5***	6487.5*
3.000-3.500 EUR	6575.6*	121.0	0.0159***		288.3***	12369.7***
3.500-4.000 EUR	13807.4***	662.1***	0.0225***	210.3***	295.4***	
>4.000	13537.0***	515.6***	0.0225***	158.9***	373.7***	14135.1***
Kinder im Haushalt	10896.5***	490.0***	0.00925***	110.3***	255.9***	7813.8***
Zwei Erwachsene	12740.5***	732.5***	0.00887***	172.4***	216.3***	1658.5
Drei oder mehr Erwachsene	24128.1***	1362.8***	0.0226***	329.7***	516.3***	4459.5
Senior*innne im Haushalt	-1142.1	61.84	0.00491	18.49	-25.28	-1927.1
Kleinstadt	-6806.7***	-280.8*	-0.0101***	-60.63	-322.6***	-2995.1
Mittelstadt	-7753.6***	-405.1***	-0.0108***	-99.99***	-289.4***	-2862.9
Großstadt 100	-11232.7***	-512.8***	-0.0206***	-137.7***	-469.6***	-4283.3
Großstadt 500	-13887.9***	-690.4***	-0.0221***	-191.3***	-488.6***	-6004.6**
30–45 Jahre	316.0	-32.90	0.00319	-12.90	35.35	5795.5**
45-60 Jahre	3207.9	154.1	0.00419*	39.72	70.60	4513.9*
Alter >60	7871.5***	281.4*	0.00780***	75.63*	140.8**	9045.7***
Realschulabschluss		-34.18				
Abitur	517.1	12.34	0.00526*	17.18	-5.779	3962.9
Hochschulabschluss		-180.7	0.00606**			
Geschlecht	3092.0**	194.4**		54.77**		-3824.4**

Anmerkung: Alter, Bildung und Geschlecht beziehen sich jeweils auf den/die Haushaltsführer*in; Dummy-Variablen: Einkommen Basis = < 1000 EUR; Wohnort Basis = < 5.000 Einwohner*innen; Alter Basis = < 30 Jahre; Bildung Basis =

keinen Abschluss/Hauptschulabschluss; Geschlecht Basis = männlich; Haushalt Basis: Haushalt mit einem Erwachsenen; Kleinstadt = 5.000-20.000 Einwohner*innen; Mittelstadt = 20.000 – 100.000 Einwohner*innen; Großstadt 100 = 100.000-500.000 Einwohner*innen; Großstadt 500 = > 500.000 Einwohner*innen.