

TEXTE

99/2015

Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus – Analyse und Veranschaulichung global nachhaltiger materieller Versorgungspfade auf der Ebene von Haushalten

TEXTE 99/2015

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl 3711 14 105
UBA-FB 002212

Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus – Analyse und Veranschaulichung global nachhaltiger materieller Versorgungspfade auf der Ebene von Haushalten

von

Gerd Ahlert, Frank Hoffmann, Mark Meyer, Helena Walter
Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH, Osnabrück

Johannes Buhl, Kathrin Greiff, Michael Lettenmeier, Christa Liedtke, Michael
Schipperges, Sören Steger, Jens Teubler
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Wuppertal

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

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

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH
Heinrichstr. 30
49080 Osnabrück

Abschlussdatum:

Juni 2015

Redaktion:

Fachgebiet I 1.1 Grundsatzfragen, Nachhaltigkeitsstrategien und –szenarien,
Ressourcenschonung
Christopher Manstein

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/global-nachhaltige-materielle-wohlstandsniveaus>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, November 2015

Das diesem Bericht zu Grunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit unter der Forschungskennzahl 3711 14 105 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus“ im Auftrag des Umweltbundesamts wurde von der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) und dem Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie auf der Ebene von privaten Haushalten untersucht, in welchem Ausmaß eine Bedürfnisbefriedigung mit materiellen Gütern innerhalb der Randbedingungen von globaler Gerechtigkeit, einer nachhaltigen Rohstoffnutzung und einer umweltverträglichen Gesellschaft möglich ist. Zur Bestimmung des Rohstoffbedarfs langlebiger Haushaltsgüter wurden das methodische Konzept der Verfügungskorridore entwickelt und empirisch fundiert sowie global tragfähige Ausstattungen für verschiedene Haushalte prototypisch dargestellt. Das im Rahmen des Projekts entwickelte Webtool veranschaulicht wesentliche Ergebnisse des Forschungsvorhabens. Vor dem Hintergrund ihrer eigenen Haushaltsausstattungen wird den Nutzer/-innen des Webtools das Forschungsthema „Rohstoffverbrauch und Nachhaltigkeit“ exemplarisch veranschaulicht, wodurch eine konkrete Reflexion des eigenen Konsumverhaltens ermöglicht wird.

Abstract

On behalf of the German Federal Environment Agency (UBA) the research project „Globally sustainable material prosperity standards (Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus)“ analysed material needs for German households' spending on durable consumer goods. Based on these findings, prototypical household endowments can be classified within the boundary conditions of global fairness and sustainable resource use. The applied classification scheme is based on the methodological concept of availability corridors which was developed and implemented over the project term by the Institute of Economic Structures Research (GWS) and the Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy. This methodological research has been accompanied by software development activities: A handy, easy understandable and instructive web tool has been established which illustrates the main findings of the research project in an intuitive way. Users can experience the research topic "raw material consumption and sustainability" in the context of own household endowments and identify the implied material needs of individual consumption patterns.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Abkürzungen

1	Zusammenfassung	1
2	Summary	20
3	Einleitung.....	37
4	Arbeitspaket 1: Rohstoffe.....	41
4.1	AP1.1. Erarbeitung einer prioritären Rohstoffliste.....	41
4.1.1	Einleitung	41
4.1.2	Mengenrelevanz der Materialauswahl	47
4.1.3	Umweltrelevanz der ausgewählten Rohstoffe	55
4.1.4	Versorgungssicherheit und globale Knappheit.....	60
4.1.5	Zusammenführung der drei Auswahlkategorien.....	64
4.1.6	Fazit zu AP1.....	66
	AP1b) Ermittlung der voraussichtlichen Rohstoffverfügbarkeiten.....	66
4.2	AP1c) Aufteilung des gesamten Rohstoffverbrauchs auf einzelne Einsatzbereiche in Deutschland.....	83
4.3	AP1d: Ableitung von „Budgetansätzen“ für die jährliche Inanspruchnahme von prioritären Rohstoffen pro Kopf.....	85
5	Arbeitspaket 2: Haushalte.....	93
5.1	Arbeitspaket 2a: Definition und Festlegung der Systemgrenzen für Haushalte	93
5.1.1	Zielsetzung	93
5.1.2	Ressourcenbedarf von Haushalten.....	93
5.1.3	Herleitung der Systemgrenzen	95
5.1.4	Diskussion der festgelegten Systemgrenzen	105
5.2	Arbeitspaket 2b: Rohstoffinventare.....	106
5.2.1	Zielsetzung und Vorgehen.....	106
5.2.2	Quantifizierung von Rohstoffen in Haushaltsgüter	106
5.2.3	Rohstoffe für Kraftstoffe, Textilien und Strom.....	110
5.2.4	Diskussion der Berechnung von Rohstoffspeichern in ausgewählten Haushaltsgütern	121
5.3	Arbeitspaket 2c: Haushaltstypen	122

5.3.1	Zielsetzung	122
5.3.2	Datengrundlage.....	123
5.3.3	Methode.....	125
5.3.4	Clusteranalyse	125
5.3.5	Auswertung in der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe.....	129
5.3.6	Rekonstruktion von Clustern nach Milieus	131
5.3.7	Beschreibung der Haushaltstypen und Lebensstilen	134
5.3.8	Diskussion der gewählten Haushaltstypen.....	141
5.4	Arbeitspaket 2d: Rohstoffinventare nach Haushaltstypen	143
5.4.1	Ausstattung der Haushaltstypen.....	143
5.4.2	Ergebnisse der Inventarisierung.....	148
5.4.3	Unterscheidbarkeit der Gruppen.....	149
5.4.4	Diskussion der Inventarisierung der Haushaltstypen	150
6	Arbeitspaket 3: Zusammenführung Rohstoffe / Haushalte	152
6.1	Nutzung von langlebigen Haushaltsgütern	152
6.1.1	Panelbefragung zu den durchschnittlichen Nutzungsdauern	152
6.1.2	Geplante Obsoleszenz	154
6.2	Rohstoffinventare einzelner Haushalte unter den Prämissen „Globale Verteilungsgerechtigkeit“ und „Nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung“	155
6.2.1	Ergebnisse nach sieben sozioökonomischen Haushaltstypen.....	156
6.2.2	Ergebnisse nach drei Haushaltsgrößenklassen.....	165
6.2.3	Der Einfluss von Nutzungsdauern bzw. Neuanschaffungsraten für ausgewählte Gebrauchsgüter	170
6.3	Möglichkeiten zur Einbindung von Erkenntnissen aus vorliegenden Szenarienrechnungen	174
6.3.1	Methodische Anmerkungen zum Forschungsstand und Ausblick auf aktuelle Forschungsaktivitäten.....	174
7	Arbeitspaket 4: Internetapplikation	180
7.1	Erarbeiten eines Lösungsansatzes	180
7.1.1	Grundidee.....	180
7.1.2	Schlüsselfragen bei der Toolgestaltung.....	181
7.1.3	Ergebnisse zur generellen Ausgestaltung des Webtools.....	184
7.2	Der Aufbau der Web-Applikation.....	187
7.3	Analysierte Haushaltsgüter und Rohstoffe.....	188

7.4	Überblick über die Grundstruktur des Webtools	189
7.5	Das Menü „Überblick“	191
7.6	Die drei interaktiven Auswahlmenüs des Webtools	192
7.6.1	Das Menü „Mein Haushalt“	197
7.6.2	Das Menü „Global gerecht?“	200
7.6.3	Das Menü „Nachhaltig?“	203
7.6.4	Das abschließende Menü „Projektinformation“	206
8	Arbeitspaket 5: Auswertung der Projektergebnisse	208
8.1	Verbesserung der statistischen Datenbasis zu produktspezifischen Rohstoffinventaren	209
8.2	Verbesserung der statistischen Datenbasis zu Haushaltsausstattungen nach sozioökonomischen Haushaltstypen bzw. -größenklassen	209
8.3	Weiterentwicklung des Webtools in Richtung eines interaktiven didaktisch optimierten Lehrmittels für das Bildungswesen.....	210
8.4	Weiterentwicklung des Webtools in Richtung eines alltagstauglichen Informationsinstruments für breite Bevölkerungsschichten.....	210
8.5	Weiterentwicklung des Webtools in Richtung eines interaktiven optimierten Tools für die angewandte Politikberatung.....	211
9	Quellenverzeichnis.....	212

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Systemgrenzen und selektierte Haushaltsgüter. Im Arbeitspaket wurden die im Außenring angeführten Güter aus den hellgelb markierten Bereichen erfasst.....	5
Abb. 2:	Menüstruktur des Webtools	13
Abb. 3:	Einführungsseiten des Webtools	14
Abb. 4:	Registerkarten der Hauptmenüeinträge	15
Abb. 5:	Anpassung der Haushaltsausstattung und Haushaltsgröße	15
Abb. 6:	Ergebnisdarstellung innerhalb des Webtools	16
Abb. 7:	Hintergrundinformationen zu Haushaltsgütern und Rohstoffen	17
Fig. 8:	System boundaries and selected household goods. In this work package, the goods named in the outer circle and the product groups marked in bright yellow, were covered.....	24
Fig. 9:	Main menu structure of the web tool.....	30
Fig. 10:	Introductory pages of the web tool.....	31
Fig. 11:	Tab sheets of main menu entries	31
Fig. 12:	Editor for household inventory and the product specific useful lives of the consumer durables	32
Fig. 13:	Visualization of results.....	32
Fig. 14:	Background information about household goods and raw materials.....	33
Fig. 15:	Project information	34
Abb. 16:	Projektstruktur und Schnittstellen zwischen Arbeitspaketen	38
Abb. 17:	Projektablaufplan des Forschungsprojekts.....	39
Abb. 18:	Relative Entkopplung der globalen Ressourcenextraktion und Wirtschaftswachstum.....	67
Abb. 19:	Projektion der Nachfrage ausgewählter Metallrohstoffe, 2010=100	70
Abb. 20:	Zusammenfassung des TMR von 27 untersuchten finnischen Haushalten. Für den finnischen Durchschnittshaushalt (letzter Balken) waren zum Untersuchungszeitpunkt keine ausreichenden Daten der Tourismus-Aktivitäten verfügbar.	94
Abb. 21:	Beispiel für die bestenfalls teilweise Übereinstimmung von Aktivitätsfeldern und statistischen Kategorien.....	97
Abb. 22:	Aktivitätsfelder des Haushalts.....	98

Abb. 23:	Selektion der Gütergruppen des statistischen Warenkorbs. Statistische Kategorien und Gütergruppen, die gelb hervorgehoben sind, sind Bestandteil der Betrachtung.....	101
Abb. 24:	Herleitung der Systemgrenzen in acht Schritten	102
Abb. 25:	Systemgrenzen im Projekt „Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus“	105
Abb. 26:	Klassifikation der Stoffgruppen	107
Abb. 27:	Bruttostrommix (ohne Pumpspeicher).....	117
Abb. 28:	Kumulierter Jahresbedarf an fossilen Energierohstoffen für die Strombereitstellung.....	119
Abb. 29:	Dendrogram von zehn Clustern von Haushalten auf Basis von Ausstattungs- und Ausgabenmerkmalen.....	128
Abb. 30:	Dendrogram von sieben Clustern von Haushalten auf Basis von Ausstattungs- und Ausgabenmerkmalen.....	129
Abb. 31:	Deskription der Ausstattungsmerkmale nach sieben Clustern.....	130
Abb. 32:	Deskription der Verbrauchsmerkmale nach Ausgaben in sieben Clustern	131
Abb. 33:	Deskription der Sozio-Ökonomie nach sieben Clustern (Darstellung nach z-Transformation).....	132
Abb. 34:	Benennung und Verortung von sieben Clustern nach sozialer Lage Lebenssituation	134
Abb. 35:	Rohstoffinventar der Clustergruppe 1 (Haushaltstyp 1) für die Haushaltsausstattung der EVS-Erhebung.....	147
Abb. 36:	Normierte Abweichung zum Median der identifizierten Clustergruppen (Haushaltstypen) in den Rohstoffinventaren.....	149
Abb. 37:	Gegenüberstellung der Unterschiede zwischen den Haushaltstypen und ihren zugehörigen Rohstoffinventaren.	150
Abb. 38:	Schematische Darstellung zentraler Wirkungszusammenhänge des GINFORS-Modells	176
Abb. 39:	Beispielhafte Projektionen der globalen Angebotsentwicklung ausgewählter Ressourcen	178
Abb. 40:	Beispielhafte Datenerfassung im CO ₂ -Rechner.	183
Abb. 41:	Internettool, Variante 3, Haus-Abbildung.....	185
Abb. 42:	Internettool, Variante 2, Rohstoff-Kreis	186
Abb. 43:	Die Grundstruktur des Webtools – die Eingangsseite.....	191
Abb. 44:	Ein Überblick über das Tool - Seite 2 des Menüs „Überblick“	192
Abb. 45:	Interaktives Auswahltableau nach Anklicken des Buttons „Meinen Haushalt berechnen“	194

Abb. 46:	Aufbau eines güterspezifischen Fact-Sheets	196	
Abb. 47:	Aufbau eines rohstoffspezifischen Fact-Sheets	197	
Abb. 48:	Das Untermenü „Intro“, welche die Eingangsseite des Menüs “Mein Haushalt” ist		198
Abb. 49:	Die Start- und Ergebnisseite des Untermenüs „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“, welches eigenständige Berechnungen durch den Nutzer ermöglicht	199	
Abb. 50:	Das Untermenü „Intro“ (gleichzeitig die Eingangsseite des Menüs “Global gerecht?”).....	201	
Abb. 51:	Die Start- und Ergebnisseite des Untermenüs „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“, welches eigenständige Berechnungen durch den Nutzer zum Thema Rohstoffknappheit und global gerechte Rohstoffverteilung ermöglicht	202	
Abb. 52:	Das Untermenü „Intro“ (gleichzeitig die Eingangsseite des Menüs “Ist mein Konsum nachhaltig?”).....	204	
Abb. 53:	Die Start- und Ergebnisseite des Untermenüs „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“, welches eigenständige Berechnungen durch den Nutzer zum Thema Rohstoffknappheit und nachhaltige Rohstoffnutzung ermöglicht	205	
Abb. 54:	Die Startseite des Menüs “Projektinformation”	206	

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Verfügbarkeits- bzw. Verfügungskorridore pro Kopf summiert für den Zeitraum 2010-2030.....	3
Tab. 2:	Liste der relevanten langlebigen Haushaltsgüter und Rohstoffe	9
Tab. 3:	Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr des Haushaltstyps 1 (negative Werte sind rot markiert)	12
Tab. 4:	Availability corridors summed up per capita for the period 2010-2030.....	21
Tab. 5:	List of durable household goods and raw materials used in the web tool	26
Tab. 6:	Raw material balances and consumption and overshoot years for the socio-economic household type 1 (negative values have been marked red).....	29
Tab. 7:	Zuordnung zu Ausgangsrohstoffen der Metalle.....	43
Tab. 8:	Zuordnung zu Ausgangsrohstoffen der Kunststoffe	45
Tab. 9:	Zuordnung zu Ausgangsrohstoffen der sonstigen Materialien	47
Tab. 10:	Absatzmenge an langlebigen Haushaltsgütern ermittelt über die Produktions- und Außenhandelsstatistik in Stückzahlen.....	49
Tab. 11:	Bedarf an Rohstoffen über den sichtbaren Konsum ausgewählter langlebiger Haushaltsgüter sowie Schmuckwaren in Tonnen in 2010.....	51
Tab. 12:	Mengenrelevanz des Rohstoffbedarfs der ausgewählten Haushaltsgüter in 2010.....	53
Tab. 13:	Spezifische Umweltrelevanz pro kg für ausgewählte Rohstoffe/Materialien, sortiert nach $MI_{abiotisch}$	56
Tab. 14:	Absolute Umweltrelevanz für ausgewählte Rohstoffe/Materialien, sortiert nach $MI_{abiotisch}$	58
Tab. 15:	Gewichtungsindizes der Indikatoren und daraus resultierender Index der Versorgungssicherheit der untersuchten Rohstoffe/Materialien, gelb markiert: eigenen Einschätzung.....	62
Tab. 16:	Gesamtranking der ausgewählten Rohstoffe, graue Felder = in der Top 15 des Auswahlkriteriums.....	64
Tab. 17:	Geschätzte jährliche Produktionsmengen der untersuchten Rohstoffe und Materialien	72
Tab. 18:	Statische Reichweite im Vergleich zur Projektion der Produktionsmenge bis 2030.....	73
Tab. 19:	Absolute globale Produktionsmenge zw. 2010-2030:.....	76
Tab. 20:	Verfügbarkeits- und Verfügungskorridore pro Kopf summiert für den Zeitraum 2010-2030	82
Tab. 21:	Stoffströme (TMR) in unterschiedlichen Konsumfeldern.....	95

Tab. 22:	Quellen für die Quantifizierung des Rohstoffinventars in AP 2b.....	108
Tab. 23:	Gesamtmenge und Verteilung der Masse der untersuchten Haushaltsgüter	109
Tab. 24:	Gesamtmenge und Verteilung der Stoffgruppen in allen untersuchten Haushaltsgütern.....	110
Tab. 25:	Durchschnittsverbräuche von PKW.....	111
Tab. 26:	Fahrleistungen deutscher Haushalte im Bereich PKW	112
Tab. 27:	Berechnung der Fahrleistung deutscher Haushalte für PKWs auf Basis des DIW Berlin und des statistischen Bundesamtes.....	112
Tab. 28:	Abschätzung der Minimal- und Maximalfahrleistungen eines deutschen Haushaltes (jeweils Durchschnitt) pro Jahr.....	113
Tab. 29:	Durchschnittsfahrleistung eines deutschen Haushaltes auf Basis des DIW Berlins und des statistischen Bundesamtes	113
Tab. 30:	Herleitung der Umrechnungsfaktoren für die Kraftstoffmasse in Haushalten	114
Tab. 31:	Berechnung des spezifischen Rohstoffbedarfes der Stromerzeugung in Deutschland (2011).....	115
Tab. 32:	Validierung der SKE-Umrechnung	116
Tab. 33:	Verteilung der Bruttostromerzeugung für die Jahre 2011, 2015 und 2030	117
Tab. 34:	Energierohstoffbedarf pro verbrauchter kWh in privaten Haushalten.....	118
Tab. 35:	Jährlicher Inlandsverbrauch von Textilien in Deutschland	120
Tab. 36:	Faserverfügbarkeit in Deutschland 2008 (Baumwolle und andere Fasern)	121
Tab. 37:	Auswahl der Ausstattungsgüter und Ausgaben privater Haushalte nach Verwendungszweck in der EVS	124
Tab. 38:	Ergebnisse nach Duda-Hart Stopping Rule.....	126
Tab. 39:	Rekonstruktion der Ausstattungsgüter- und Verbrauchstypen in einer Referenzstichprobe.....	133
Tab. 40:	Anzahl der quantifizierten Haushaltsgüter pro Haushaltstyp	143
Tab. 41:	Notwendige Anpassungen durch unterschiedliche Haushaltsgutbezeichnung	145
Tab. 42:	Notwendige Anpassungen/Aggregationen durch differenzierte Rohstoffebene	146
Tab. 43:	Kraftstoffverbrauch der Haushaltstypen für PKW und Roller	146
Tab. 44:	Absolute Rohstoffmengen der Clustergruppe 1 (Haushaltstyp 1) für die Haushaltsausstattung der EVS-Erhebung (Angaben in g bzw. kg).	148
Tab. 45:	Ergebnisse der Befragung bzgl. der Nutzungsdauern in Jahren nach Haushaltsgrößen	154

Tab. 46:	Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr des Haushaltstyps 1 (negative Werte sind rot markiert)	158
Tab. 47:	Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr des Haushaltstyps 2 (negative Werte sind rot markiert)	159
Tab. 48:	Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr des Haushaltstyps 3 (negative Werte sind rot markiert)	160
Tab. 49:	Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr des Haushaltstyps 4 (negative Werte sind rot markiert)	161
Tab. 50:	Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr des Haushaltstyps 5 (negative Werte sind rot markiert)	162
Tab. 51:	Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr des Haushaltstyps 6 (negative Werte sind rot markiert)	163
Tab. 52:	Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr des Haushaltstyps 7 (negative Werte sind rot markiert)	164
Tab. 53:	Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr eines 1- bis 2- Personenhaushalts (negative Werte sind rot markiert).....	167
Tab. 54:	Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr eines 3- bis 4- Personenhaushalts (negative Werte sind rot markiert).....	168
Tab. 55:	Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr eines 5- und Mehrpersonenhaushalts (negative Werte sind rot markiert).....	169
Tab. 56:	Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr eines 1- bis 2- Personenhaushalts bei halbiertes Nutzungsdauer (negative Werte sind rot markiert).....	171
Tab. 57:	Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr eines 3- bis 4- Personenhaushalts bei halbiertes Nutzungsdauer (negative Werte sind rot markiert).....	172
Tab. 58:	Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr eines 5- und Mehr- Personenhaushalts bei halbiertes Nutzungsdauer (negative Werte sind rot markiert).....	173
Tab. 59:	Überblick international akzeptierter MRIO Statistiken.....	175
Tab. 60:	Übersicht der Gütergruppen des Modells GINFORS ₃	177
Tab. 61:	Überblick online abrufbarer Referenz-Tools	181
Tab. 62:	Liste der 25 für das Webtool relevanten langlebigen Haushaltsgüter	188
Tab. 63:	Liste der 12 für das Webtool relevanten Rohstoffe.....	189

Abkürzungen

BGS	British Geological Survey
BITKOM	Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien
COICOP	Classification of Individual Consumption by Purpose
DERA	Deutsche Rohstoffagentur
DIW	Deutsches Institute für Wirtschaftsforschung
EE-IOA	Environmentally Extended Input-Output-Analysis
EVS	Einkommens- und Verbrauchsstichprobe
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
GP2009	Güterverzeichnis der Produktionsstatistik
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
KEA	Kumulierter Energieaufwand
KRA	Kumulierter Rohstoffaufwand
KN	Kombinierte Nomenklatur
MI _{abiotisch}	abiotischer Materialinput
PC	Personalcomputer
PKW	Personenkraftwagen
PRODCOM	Production Communautaire – Statistik der Produktion von Waren
RMC	Raw Material Consumption
RMI	Raw Material Input
SOEP	Sozio-Oekonomisches Panel
TMC	Total Material Consumption
TMR	Total Material Requirement
USGS	United States Geological Survey

1 Zusammenfassung

Die nachhaltige Nutzung von Rohstoffen ist in der jüngeren Vergangenheit zu einem vieldiskutierten Thema in Politik und Wirtschaft sowie zunehmend auch in der Öffentlichkeit geworden. Ein Auslöser dieser Diskussion sind starke Preisschwankungen auf den Rohstoffmärkten. Diese haben als Hintergrund den steigenden globalen Rohstoffverbrauch beispielsweise bei Öl, Kohle, Stahl, Kupfer und anderen Metallen.

Im Jahr 2050 werden voraussichtlich über neun Milliarden Menschen die Erde bevölkern. Prognosen zufolge wird dieser Anstieg der Weltbevölkerung zu einem Wachstum der Weltwirtschaft um durchschnittlich drei Prozent jährlich bis 2030 führen. Zusätzlich zum Bevölkerungswachstum beschleunigt der Industrialisierungsprozess der Schwellenländer die Zunahme des Rohstoffverbrauchs.

Vor diesem Hintergrund hat die EU das Ziel, die Ressourceneffizienz bis zum Jahr 2020 um 20 Prozent zu steigern. Die Bundesregierung hat hier mit ihrer Rohstoffstrategie „ProgRes“ von Anfang 2012 eine Vorreiterrolle übernommen.

Während die Rohstoffproblematik in Politik und Wirtschaft bereits diskutiert wird, ist die Sensibilisierung der Konsumenten in Deutschland für eine an den Prinzipien der Nachhaltigkeit und globalen Gerechtigkeit orientierte Rohstoff-Inanspruchnahme bisher eher schwach ausgeprägt. Anders als im Klimaschutz und bei Energiefragen existieren für die Ressourcen- und Rohstoffproblematik bisher auch nur erste Konzepte für eine Bewusstseinssteigerung.

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus“ im Auftrag des Umweltbundesamts wurde von der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) und dem Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie auf der Ebene von privaten Haushalten untersucht, in welchem Ausmaß eine Bedürfnisbefriedigung mit materiellen Gütern innerhalb der Randbedingungen von globaler Gerechtigkeit, einer nachhaltigen Rohstoffnutzung und einer umweltverträglichen Gesellschaft möglich ist. Zur Bestimmung des Rohstoffbedarfs langlebiger Haushaltsgüter wurden das methodische Konzept der Verfügungskorridore entwickelt und empirisch fundiert sowie global tragfähige Ausstattungen für verschiedene Haushalte prototypisch dargestellt. Das im Rahmen des Projekts entwickelte Webtool veranschaulicht wesentliche Ergebnisse des Forschungsvorhabens. Vor dem Hintergrund ihrer eigenen Haushaltsausstattungen wird den Nutzer/-innen des Webtools das Forschungsthema „Rohstoffverbrauch und Nachhaltigkeit“ exemplarisch veranschaulicht, wodurch eine konkrete Reflexion des eigenen Konsumverhaltens ermöglicht wird.

Arbeitspaket 1 – Rohstoffe

Zunächst wurden die Materialbilanzen von 26 langlebigen Haushaltsgütern analysiert und anhand verschiedener Relevanzkriterien eine prioritäre Auswahl der wichtigsten Rohstoffe erstellt. Die Auswertung der Materialbilanzen führte zunächst zu einer Gesamtliste von 63 Materialien, die im weiteren Projektverlauf in Vorbereitung der Relevanzanalyse auf 34 Materialien eingegrenzt wurde (z.B. durch Umrechnung aller Kunststoffsorten in Erdöläquivalente). Im Ergebnis der Relevanzanalyse wurden 16 der 34 Materialien vertiefend untersucht und schließlich auch Teil eines im Projekt entwickelten Internet-Tools, mit dem

Nutzer/-innen den Materialbedarf ihrer heutigen und zukünftigen Haushaltsausstattung anhand ausgewählter Gütern überprüfen können.

Die Auswahl der im weiteren Verlauf betrachteten prioritären Rohstoffe erfolgte unter Berücksichtigung der Kriterien Mengenrelevanz, Umweltrelevanz, Versorgungssicherheit und globale Knappheit. Zu jedem Kriterium wurden zunächst individuelle Ranglisten erstellt. In die abschließend zusammengestellte prioritäre Auswahlliste wurden daraufhin jene Materialien aufgenommen, welche in mindestens zwei der vier individuellen Ranglisten unter den TOP 15 aufgeführt waren.

Die Mengenrelevanz wurde dabei aus dem spezifischen Materialgehalt der untersuchten langlebigen Haushaltsgüter durch Multiplikation mit der Anzahl der in Deutschland im Jahr 2010 abgesetzten Haushaltsgüter berechnet. Der so berechnete Rohstoffbedarf wurde daraufhin im Verhältnis zur jeweiligen globalen Produktionsmenge der primären Rohstoffe und Materialien im Jahr 2010 betrachtet.

Die Umweltrelevanz wurde über die beiden Input-orientierten Indikatoren absoluter Kumulierter Energieaufwand (KEA) und absoluter abiotischer Materialinput ($MI_{\text{abiotisch}}$) bewertet. Die spezifischen KEA- und $MI_{\text{abiotisch}}$ -Koeffizienten der untersuchten Materialien und Rohstoffe wurden hierzu mit den jeweiligen absoluten Materialmengen (wiederum bezogen auf die im Jahr 2010 in Deutschland abgesetzten 26 Haushaltsgüter) multipliziert.

Die Relevanz der Rohstoffe hinsichtlich des Kriteriums Versorgungssicherheit und globale Knappheit wurde mittels eines Indexwertes abgebildet. Zur Berechnung dieses Indexwertes wurden, ohne weitere Gewichtung, die vier Subindikatoren a) Statische Reichweite, b) Globaler Nachfrageimpuls durch Zukunftstechnologien, c) Anteil der globalen Haupt- und Nebenprodukte und d) der Recyclingfähigkeit additiv zusammengeführt. Für jeden der vier Subindikatoren wurden dabei Ausprägungen von 0; 0,3; 0,7 oder 1 ausgewiesen.

Auf Basis dieser Vorgehensweise wurden die folgenden 16 Materialien als prioritär ausgewählt: Gold, Kupfer, Silber, Aluminium, Blei, Eisen/Stahl, Platin, Palladium, Zinn, Zink, Chrom, Magnesium, Glas, Baumwolle, Naturkautschuk und Erdöl.

Für diese Materialien und Rohstoffe wurden die voraussichtlichen globalen Verfügbarkeiten bis zum Jahr 2030 geschätzt und zwar in einer Trendfortschreibung der (Primär-)Produktionsmengen der Jahre 2000 bis 2012 (BAU) und einem Szenario „Nachhaltig“, bei dem bis zum Zieljahr 2030 die Förder- bzw. Produktionsmengen wieder auf das Niveau des Jahres 2000 sinken würden.

Anhand der prognostizierten weltweiten Bevölkerungsentwicklung bis zum Jahr 2030 und dem Anteil der ausgewählten langlebigen Konsumgüter an der jeweiligen Material- und Rohstoffverfügbarkeit konnten daraufhin Pro-Kopf-Werte errechnet werden, die auf Basis der jeweils unterstellten globalen Fördermengen jedem Bundesbürger für seinen Konsum an langlebigen Haushaltsgütern bis zum Jahr 2030 rein rechnerisch zur Verfügung stehen würden (Szenario „Global gerecht“).

Insgesamt wurden diese Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridore der ausgewählten Materialien und Rohstoffe für drei Szenarien errechnet (BAU-Szenario, Nachhaltig, Global gerecht und nachhaltig). Das Szenario „Nachhaltig“ geht davon aus, dass die globalen Förder- bzw. Produktionsmengen bis 2030 auf das Niveau des Jahres 2000 zurückgeführt werden, die internationalen Konsumstrukturen jedoch nicht verändert werden. Im Gegensatz hierzu wird

im Szenario „Global gerecht und nachhaltig“ unterstellt, dass nicht nur die Produktionsmengen bis 2030 auf das Niveau von 2000 zurückgeführt werden, sondern zusätzlich auch derzeit existierende Unterschiede im internationalen Pro-Kopf-Verbrauch bis 2030 abgebaut werden. Im diesem Szenario ist also eine Gleichverteilung der globalen pro-Kopf-Verfügbarkeiten unterstellt. Die auf Basis dieser Annahmen jeweils berechneten Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridore können Tab. 1 entnommen werden.

Tab. 1: Verfügbarkeits- bzw. Verfügungskorridore pro Kopf summiert für den Zeitraum 2010-2030

	Verfügbarkeitskorridor kg/Person 2010-2030	Verfügungskorridor kg/Person 2010-2030	Verfügungskorridor kg/Person 2010-2030
	BAU (Baseline)	Nachhaltig	Global gerecht & Nachhaltig
Aluminium	88,3	57,6	13,5
Kupfer	27,5	19,0	3,2
Gold	0,0011	0,0008	0,0005
Rohstahl	2482,0	1757,3	641,3
Palladium	0,0005	0,0004	0,0002
Platin	0,0017	0,0012	0,0006
Zinn	0,0469	0,0473	0,0112
Blei	7,2	5,0	1,5
Zink	0,32	0,22	0,06
Silber	0,0057	0,0039	0,0009
Chrom	0,39	0,25	0,02
Magnesium	1,86	1,26	0,43
(Flach-)Glas	55,2	31,3	20,7
Erdöl für Kunststoffe	304,7	296,0	100,7
Baumwolle	186,6	153,9	66,8
Naturkautschuk	40,1	31,0	18,1

Quelle: Eigene Darstellung

Die Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridore bilden die Grundlage für die im Projekt entwickelte Internetapplikation, deren Nutzer/-innen den Rohstoffbedarf ihrer Haushaltsausstattung ermitteln können. Mit Hilfe der Internetapplikation kann überprüft werden, ob die Haushaltsausstattung und die Nutzungsintervalle dieser Güter einem Rohstoffbedarf entspricht, der innerhalb der Verfügungskorridore liegt. Zudem lässt sich über das Internet-Tool feststellen, welche Haushaltsausstattung bzw. Nutzungsdauer der Haushaltsgüter notwendig wären, um diese Grenzwerte einzuhalten.

Unabhängig von der Umsetzung der Internet-Applikationen wurden in AP1 zwei methodische Vorschläge entwickelt, wie die Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridore in Budgetkonten übersetzt werden könnten, mit denen z.B. Overshoot-Days berechenbar wären. Die erste

Berechnungsmethode stellt die Rohstoffverfügbarkeiten sowohl in jährlichen Budgets pro Kopf dar als auch in Budgets für einen Gesamtzeitraum wie z.B. 2010-2030. Innerhalb der Internet-Anwendung wurde der Bestand an Haushaltsgütern lediglich mit typischen Nutzungsdauern und damit Ersatzinvestitionen bis 2030 verbunden. Es wäre aber es wäre auch denkbar, zukünftige reale oder geplante Neuanschaffungen hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die jeweiligen persönlichen Budgetkonten der einzelnen Materialien abzuschätzen.

Aus ökologischen Gesichtspunkten ist eine Orientierung an Reduktionszielen für den gesamten Rohstoffverbrauch, der der Natur entnommen wird, bzw. eine Reduktion des Umweltbelastungspotenzials gegenüber Zielwerten nur für einzelne Rohstoffe vorzuziehen, um Problemverlagerungen durch Substitution vorzubeugen. Entscheidend sind hierbei Kriterien der funktionalen Äquivalenz wie sie z.B. bei Treibhausgas (THG)-Potenzial oder beim Primärenergieverbrauch gegeben sind. Analog können Rohstoffe in ihren Primärmaterialäquivalenten, d.h. als Material-Input (MI) oder Total Material Requirement (TMR) oder als Rohstoffäquivalent, d.h. als Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA), ausgedrückt werden. Das Eigengewicht der Rohstoffe ist dabei nur von untergeordneter inhaltlicher Relevanz. Eine reine Addition der Mengen an Stahl und Gold ist inhaltlich wenig sinnvoll, während eine Addition der MI- bzw. KRA-Äquivalente in Verbindung mit der inhaltlichen Interpretation durchaus sinnvoll ist.

Daher wurde als zweite Methode ein Budgetkonto auf Grundlage von physischen Äquivalenzwerten entwickelt. Um die jeweiligen Äquivalenzwerte als Budgetkonten bis 2030 verwenden zu können, muss jedoch eine absolute Zielgröße für ein Zieljahr (in diesem Fall 2030) definiert werden. Solche Zielwerte befinden sich derzeit in der politischen Diskussion. Daher wurde die Funktionsweise eines Budgetkontos auf Basis von Primärmaterialäquivalenten in diesem Projekt lediglich konzeptionell am Beispiel eines möglichen Reduktionsziels, welches derzeit im PolRes-Projekt diskutiert wird (10t/Kopf für TMC abiotisch, entsprechend 5,2 t/Kopf für RMC bis 2050), aufgezeigt. Bei diesen Zielwerten ist zu beachten, dass diese den kompletten Ressourcenbedarf pro Kopf umfassen und nicht nur den Anteil, der für den Konsum langfristiger Haushaltsgüter benötigt wird.

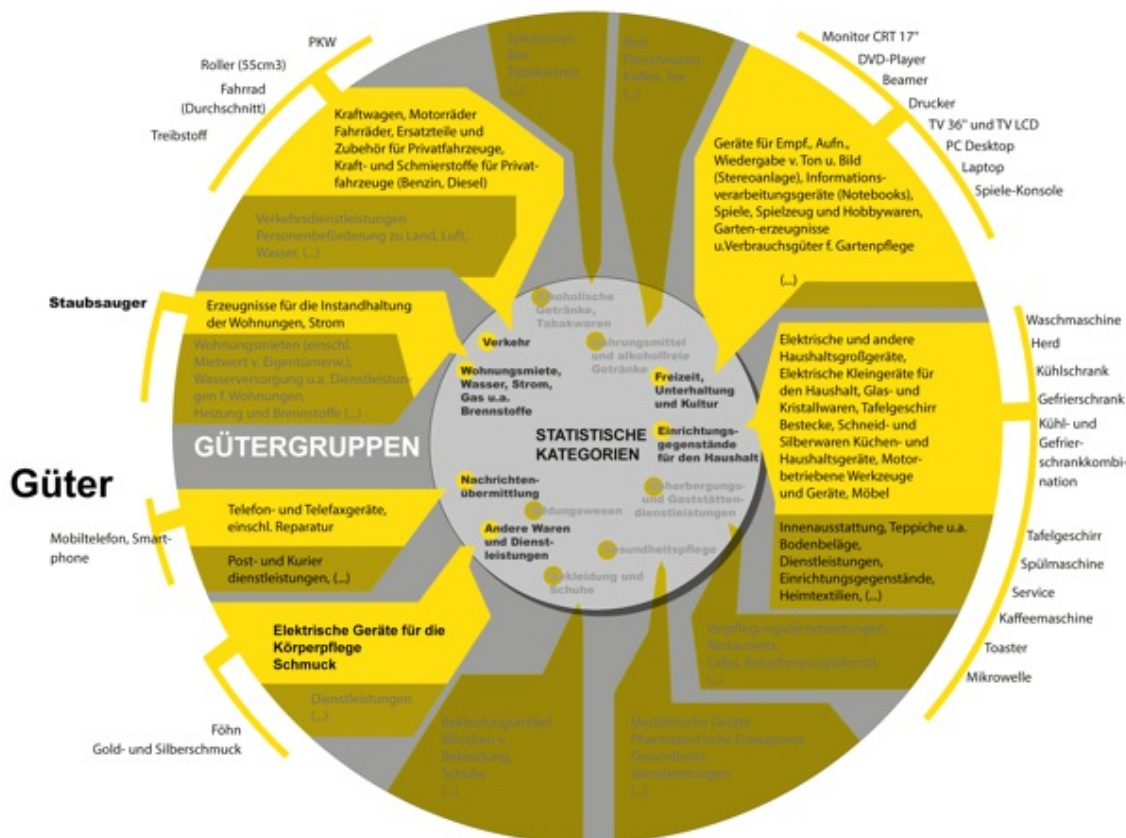
Bei der Bestimmung der Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridore wie auch bei der Berechnung der Budgetkonten erweist sich der Anteil des Konsums langlebiger Haushaltsgüter am gesamten Rohstoffbedarf eines Jahres als kritische Stellgröße. Die Ableitung dieses Anteil anhand des sichtbaren Konsum von 26 ausgewählten langlebigen Haushaltsgütern führt a) zu sehr unterschiedlichen prozentualen Anteilen je nach Rohstoff und b) zu tendenziell unterschätzten Anteilen, da die Auswahl an Gütern zwar relevante Anteile abdeckt, aber nicht vollständig den Konsum der privaten Haushalte mit langlebigen Produkten darstellt. Ein weiterer kritischer Punkt dieser Methode ist, dass teilweise auf ältere Materialbilanzen zurückgegriffen werden musste, die den aktuellen stofflichen Zusammensetzungen von Haushaltsgütern nicht mehr entsprechen. Daher wurde in AP1 zusätzlich methodisch dargelegt, wie alternativ über die Verwendung einer um Umweltaspekte erweiterten Input-Output-Analyse der Rohstoffverbrauch einzelner Einsatzbereiche wie z.B. des Anteils der privaten Haushalte an der letzten Verwendung möglich wäre.

Arbeitspaket 2 – Haushalte

Um gemäß der Zielsetzung des Projektes für die in langlebigen Konsumgütern repräsentierten Rohstoffverbräuche ein Konzept zur Bestimmung global tragfähiger Haushaltsausstattungen zu

entwickeln und realen bzw. durchschnittlichen Haushaltsinventaren gegenüberzustellen, wurden in Arbeitspaket 2 (AP 2) Rohstoffinventare verschiedenen Haushaltstypen zugeordnet. Das Arbeitspaket unterteilte sich in die Schritte "Systemgrenzen" (AP 2a), "Rohstoffinventare Haushaltsgüter" (AP 2b), "Ausstattung von Haushaltstypen" (AP 2c) sowie "Inventare nach Haushaltstypen" (AP 2d). Das Ergebnis (AP 2d) war die Inventarisierung (AP 2b mit den priorisierten Rohstoffen aus AP 1) der selektierten Haushaltsgüter (AP 2a) für sieben unterscheidbare sozio-ökonomische Gruppen (AP 2c).

Abb. 1: Systemgrenzen und selektierte Haushaltsgüter. Im Arbeitspaket wurden die im Außenring angeführten Güter aus den hellgelb markierten Bereichen erfasst.



Quelle: Eigene Darstellung

Die Systemgrenzen (AP 2a) leiteten sich aus dem komplexen System Haushalt und den Anforderungen des Projektes ab. Ausgehend vom Gesamtsystem erfolgt dabei eine schrittweise Einengung auf eine Gruppe von Produkten, die in öffentlich zugänglicher Literatur oder in Arbeiten des Wuppertal Institutes untersucht wurden. Zusätzliche Anforderungen wie Nutzungstypologien oder die Massenrelevanz möglicher Güter (bezogen auf die gesamte Haushaltsausstattung) können nur qualitativ bewertet werden, da die verfügbare Literatur begrenzt ist und weder breite noch stark diversifizierte Güterinventare ermöglicht. So lassen sich etwa keine Produktvarianten ableiten (z.B. energiesparender Fernseher gegenüber einem konventionellen Fernseher), wohl aber gängige Produktgruppen über Beispiel-Güter abbilden (z.B. Fernseher und Spielkonsole aus dem Bereich Unterhaltung). Der Zeithorizont stellt eine Momentaufnahme des Besitzes der inventarisierten Güter dar (Ausstattungsbestand). Eine logische und überschneidungsfreie Auflösung von Konsumstatistiken (z.B. COICOP) mit

Haushaltsaktivitäten und Ökobilanzdaten bzw. Herstellerangaben zum Rohstoffinhalt von Gütern ist leider nicht möglich gewesen. Außerdem ist festzustellen, dass gegenwärtig keine der Bedeutung der Haushalte am Ressourcenkonsum angemessene Möglichkeit besteht, deren Aktivitäten und Entscheidungssituationen ausreichend zu berücksichtigen, denn die statistische Klassifizierung der Gütergruppen und Güter entspricht nicht ausreichend den Bedarfs- oder Aktivitätsfeldern der Haushalte. Für weitergehende Haushaltsanalysen sollten daher mittel- und längerfristig Möglichkeiten entwickelt werden, um die Kluft zwischen statistischer Erhebung bzw. Auswertung und Lebenswelt der Haushalte zu verkleinern.

Die Herleitung der Systemgrenzen erfolgte in 8 Schritten. Ausgehend von einem maximalen Systemraum Haushalt¹ wurden mithilfe der "Classification of Individual Consumption by Purpose" (COICOP) zunächst Produktgruppen vorselektiert, welche eine hohe Korrelation zwischen Ressourcenaufwand und Konsum vermuten lassen. Kriterien für die qualitative Selektion im Rahmen eines internen Expertenworkshops waren hohe Ressourcennutzung², hoher Anteil am Konsum deutscher Haushalte und langlebige abiotische Güter. In den nächsten Schritten wurden Systemelemente ausgegrenzt, die die Datenerhebung erheblich erschwert oder zu Konflikten für die Konsistenz zwischen den verschiedenen Arbeitspaketen geführt hätten: die Herstellungsphase, biotische Rohstoffspeicher, häusliche Infrastruktur und Nutzung. Diese Beschränkungen erfolgten in Absprache mit dem Auftraggeber oder ergaben sich aus dem Projektfokus, ebenso wie die Berücksichtigung der Nutzungsenergie von Haushaltsgütern und Fahrzeugen. Die Auswahl der inventarisierten Güter wurde in den selektierten Produktgruppen auf Basis der verfügbaren Daten durchgeführt. Abb. 1 zeigt die resultierenden Systemgrenzen und die ausgewählten Haushaltsgüter. Das hier abgeleitete System stellt also nur einen Teil des Gesamtsystems Haushalt dar, so dass auch abgeleitete Handlungsoptionen und Aussagen sich nur auf einen Teil des Haushaltskonsums beziehen.

In **Arbeitspaket 2b** wurden die in den ausgewählten Haushaltsgütern gebundenen Rohstoffe sowie der Rohstoffbedarf für den Strom- und Kraftstoffverbrauch quantifiziert. Zusätzlich wurde der jährliche Baumwollbedarf deutscher Haushalte als beispielhafte biotische Ressource quantifiziert.

Zunächst wurden Daten zur Materialkomposition und Quellen mit ergänzenden Informationen ausgewertet, um alle Stoffe mengenmäßig einer der folgenden Stoffklassen zuzuordnen: Metalle, Kunststoffe, Sonstige Stoffe (z.B. Silikate) und komplexe Materialsysteme (z.B. nicht weiter aufschlüsselbare elektronische Teile). Das Ergebnis war eine umfangreiche Datenbasis mit Rohstoffmengen für 29 Haushaltsgüter (je ein Gut) unterteilt in insgesamt 94 Unterstoffklassen von ABS-Kunststoff bis Zink. Bezogen auf die Masse entfallen dabei 62,3 % auf Metalle, 22,6 % auf Kunststoffe, 12,6 % auf sonstige Stoffe (davon 6,8 % für Silikate) und 2,5 %

¹ Das Konzept "Haushalt" wurde definiert als private Gemeinschaft bestehend aus einer oder mehreren Personen; die Versorgung von Bedarfen wird auf der Grundlage von Vereinbarungen zwischen diesen Personen geregelt.

² Ausschlaggeben für die materielle Ressourcennutzung war hier das geschätzte Total Material Requirement (TMR).

auf komplexe Materialsysteme. Bei den Metallen dominieren Eisenmetalle und bei den Kunststoffen die Thermoplaste. Der PKW weist mit ca. 1,2 t die höchste Masse auf.

Die Quantifizierung des Rohstoffbedarfs für Kraftstoffe und des Kraftstoffverbrauchs deutscher Haushalte erfolgte auf Basis von Angaben des DIW Berlin und des statistischen Bundesamtes zur Fahrleistung privater Haushalte in Deutschland. Der durchschnittliche Verbrauch von PKWs für 14 PKW-Typen in 7 Fahrzeugklassen (jeweils Benzin und Diesel) stammt aus Angaben des ADAC. Ungenauigkeiten bei der Berechnung ergaben sich aus teilweise unterschiedlichen Angaben in den jeweiligen Quellen sowie der fehlenden Fahrzeugklassenschärfe. Kleinere Abweichungen entstanden zudem durch die Verwendung einer durchschnittlichen Kraftstoffdichte für die Umrechnung in die Masse des Rohstoffs. Die Ungenauigkeiten wurden thematisiert und diskutiert. Im Ergebnis benötigt der deutsche Haushalt durchschnittlich 776 kg Kraftstoff pro Jahr.

Die Quantifizierung des abiotischen Rohstoffbedarfs für den Stromverbrauch deutscher Haushalte wurde für die Bezugsjahre 2011, 2015 und 2030 durchgeführt. Die Umrechnung von elektrischem Strom in Rohstoffe basierte auf dem Bruttostrommix und Primärenergieeinsatz, den Steinkohleäquivalenten und dem Heizwert der (fossilen) Energieträger. Für die Ermittlung des zukünftigen Energiemix wurde aus der Leitstudie des DRL das Szenario 2011A herangezogen.

Da Bau, Abriss und Betrieb von Kraftwerken nicht berücksichtigt wurden, fallen für erneuerbare Energien hier keine abiotischen Rohstoffe an. Die Berechnung erwies sich somit als hinreichend genau für eine Schätzung des ad-hoc zurechenbaren abiotischen Rohstoffbedarfs, enthält aber weder lebenszyklusweite Ressourcenaufwendungen noch Aufwendungen für Regelung, Speicherung und Transport von Strom. Bei 3.380 kWh/a Stromverbrauch akkumulieren sich so die jährlichen abiotischen Rohstoffbedarfe auf ca. 1179 kg/a (2011), 991 kg/a (2015) und 385 kg/a (2030).

Die Quantifizierung des jährlichen Baumwollbedarfs deutscher Haushalte basierte auf Schätzungen zum Baumwollanteil der verfügbaren Fasern in Deutschland und zum Inlandsverbrauch von Textilien in Deutschland. Sie ergab eine Textilmenge von 38,7 kg pro Jahr und Haushalt, wovon 15,8 kg auf Baumwolle entfallen.

Ziel des **Arbeitspaketes 2c** war die Entwicklung einer Haushaltstypologie auf der Grundlage der Haushaltsausstattung mit den vorher ausgewählten Haushaltsgütern. Die Entwicklung der Typologie schloss an die Diskussionen um den statistischen Warenkorb in AP 2a an. Als Datengrundlage diente die Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS) der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder für das Jahr 2008. Die Identifizierung und Auswahl der Anzahl der Haushaltstypen erfolgte empirisch über Clusteranalysen nach verfügbaren Ausstattungs- und Verbrauchsmerkmalen in der EVS. Grundlage der empirischen Clusteranalyse waren der Ausstattungsbestand mit 13 Gebrauchsgütern und die Haushaltsausgaben für Strom und Kraftstoffe als Verbrauchsgüter bzw. Nutzungsvariablen. Die entwickelte Haushaltstypologie kann als repräsentative Typologie nach Ausstattungs- und Verbrauchsmerkmalen in deutschen Haushalten gelten. Nach theoretischen Überlegungen erschienen sieben Cluster als beste Grundlage einer weiteren Betrachtung.

Es ergaben sich sieben Ausstattungs- und Ausgabentypen, die nach sozialer Lage und Lebenswelt in Milieus bzw. Haushaltslebenswelten zu verorten sind und nach soziokulturellen Profilen beschrieben werden können. Hierfür wurden die Gruppen nach sozio-ökonomischen

Merkmale untersucht und deren z-standardisierte Mittelwerte in einen repräsentativen Milieudatensatz statistisch imputiert. Die Integration von verschiedenen, aber repräsentativen Datensätzen bzw. die statistische Imputation über repräsentative Datensätze ermöglichte die Integration von Ausstattung, Verbrauch, Sozio-Ökonomie und Lebensstilen in Deutschland.

Die beschriebene Konstruktion der Haushaltstypologie kann als methodischer Beitrag für weitere empirische Arbeiten in der sozial-ökologischen Forschung zur sozialen Differenzierung nach Lebensstilen im nachhaltigen Konsum dienen. Die soziokulturelle Charakterisierung und ihre Einordnung in Milieus bzw. Haushaltslebenswelten ermöglicht deren zielgruppenspezifische Ansprache. Ansatzpunkte hierfür liefern die sozio-kulturellen Profile und ihre spezifischen sozio-ökonomischen Charakteristika, Ausstattungen und Verbräuche. So können allein aufgrund der Einkommensdifferenzierung Rückschlüsse auf die Differenzierung nach Ausstattung und Verbrauch getroffen werden. Tendenziell weisen hohe Einkommen auch hohe Ausstattungsniveaus und Verbräuche auf (Elitäre und Performer). Dagegen weisen niedrige Einkommen auch deutlich niedrigere Ausstattungen und Verbräuche auf (Bürgerliche, Junge und vor allem Benachteiligte). Darüber hinaus sind die Ergebnisse des vorliegenden Arbeitspakets hilfreich, um über Einstellungen und Wertvorstellungen in den soziokulturellen Profilen weitere Einflussvariablen zu identifizieren. So können bspw. Traditionelle mit relativ geringem Einkommen über Bescheidenheit, Bürgerliche über Sicherheit oder Junge über Zeitwohlstand effektiv hinsichtlich eines nachhaltigen Wohlstandsniveaus adressiert werden. Elitäre und Performer mit hohem Einkommen können dagegen über Engagement, Verantwortung, Gestaltungspotential und letztendlich Selbstwirksamkeit angesprochen werden.

Im **Arbeitsschritt AP2d** wurden die Daten aus AP 2b und 2c zusammengeführt und für die priorisierten Rohstoffe aus AP1 ausgewertet. Damit konnten physische Verbräuche von Haushalten mit sozialen Merkmalen in Verbindung gesetzt werden. Vorgestellt wurde ein methodisches Vorgehen, das über Dimensionen und Datensätze eine Verknüpfung von Haushaltstypen bzw. sozialen Milieus und ihrer Inanspruchnahme von Rohstoffen ermöglicht. So konnten 16 Rohstoffe in 13 Haushaltsgütern mengenmäßig 7 verschiedenen Haushaltstypen zugeordnet werden. Dabei musste die Datenbasis aus AP 2b an vielen Stellen angepasst oder vereinfacht werden, um dem hohen Aggregationsniveau gerecht zu werden. Die Anpassungen und die daraus resultierenden Probleme für die Genauigkeit wurden thematisiert und diskutiert.

Die Ergebnisse zeigen zum einen deutliche Unterschiede zwischen typischen Haushalten in Deutschland hinsichtlich des Rohstoffaufkommens in Gebrauchs- und Verbrauchsgütern. Dominante Merkmale im Ausstattungsbestand, allen voran PKW als Gebrauchsgut bzw. Kraftstoff als korrespondierendes Verbrauchsgut, nivellieren die Unterschiede nicht. So unterscheiden sich Gruppe 1 (Bürgerliche) und Gruppe 2 (Junge) noch um ca. 6 %, während Gruppe 3 (Etablierte) und Gruppe 4 (Großfamilien im ländlichen Raum) sich im Mittel kaum unterscheiden. Zwischen Gruppe 5 (Benachteiligte) und Gruppe 6 (Elitäre) lässt sich hingegen fast 96 % Abweichung zueinander abzulesen. Entlang der Rohstoffe sind die geringsten Abweichungen bei Eisen und Bitumen festzustellen (48 % bzw. 53 % Unterschied zwischen größter positiver und größter negativer Abweichung). Die größten Abweichungen sind beim Kraftstoff (223 %) feststellbar. Letztendlich spiegeln sich in differenzierten Rohstoffinventaren die Ausstattungs- und Verbrauchsniveaus aus den vorgehenden Arbeitspaketen wieder. Eine differenzierte Ansprache nach Haushaltstypen (siehe AP2c) kann sich entsprechend auf die projektspezifischen Rohstoffe beziehen.

Arbeitspaket 3 – Zusammenführung Haushalte/Rohstoffe

Innerhalb dieses Arbeitspakets werden die Berechnungen aus AP 1 (Rohstoffe) und AP2 (Haushalte) zusammengeführt. In AP1 wurden unter den beiden Prämissen „Globale gerechte Ressourcennutzung“ und „Nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung“ rohstoffspezifische individuelle Verfügbarkeits- und Verfügungskorridore ermittelt. In AP2 wurden für insgesamt 24 langlebige Konsumgüter sowohl die zugehörigen Rohstoffinventare als auch die Ausstattung für 7 sozioökonomische Haushaltstypen mit diesen Gütern ermittelt. Die Kombination dieser Ergebnisse erlaubt die Abschätzung der individuellen Rohstoffinanspruchnahme aufgrund der jeweiligen Haushaltsausstattung mit langlebigen Konsumgütern vor dem Hintergrund der Begrenztheit von Ressourcen.³

Tab. 2: Liste der relevanten langlebigen Haushaltsgüter und Rohstoffe

Nr.	Langlebiges Haushaltsgut	Nr.	Rohstoff
1a	Eigener PKW	1	Gold
1b	PKW im Rahmen von Car-Sharing	2	Kupfer
2	Motorroller	3	Silber
3	Fahrrad	4	Aluminium
4	Telefon mobil / Smartphone	5	Blei
5	Fernseher	6	Stahl
6	DVD Player / Recorder	7	(Flach-)Glas
7	Spielekonsole	8	Platin
8	PC stationär / Desktop	9	Zinn
9	Monitor	10	Magnesium
10	PC mobil / Laptop	11	Erdöl für Kunststoffe
11	Drucker	12	Kautschuk
12	Beamer		
13	Waschmaschine		
14	Kühlschrank		
15	Gefrierschrank		
16	Kühl- und Gefrierschrankkombination		
17	Spülmaschine		
18	Mikrowelle		
19	Toaster		
20	Elektroherd		
21	Kaffeemaschine		

³ Eine konsistente Zusammenführung der Ergebnisse aus AP1 und AP2 erforderte eine Begrenzung auf insgesamt 12 Rohstoffe.

22	Staubsauger
23	Föhn
24	Speiseservice

Quelle: Eigene Darstellung

Im Zuge der Zusammenführung der Ergebnisse aus AP1 und AP2 galt es natürlich auch die Nutzungsdauern der jeweils eingesetzten langlebigen Haushaltsgüter zu berücksichtigen. Trotz intensiver Recherche konnten (jenseits von Angaben zu Fahrzeugen) keine verwertbaren Angaben zu durchschnittlichen Nutzungsdauern der projektrelevanten langlebigen Haushaltsgüter identifiziert werden. Daher wurden im weiteren Verlauf des Forschungsprojektes für die ausgewählten Haushaltsgüter Standard-Nutzungsdauern im Zuge einer Haushaltsbefragung durch das Marktforschungsinstitut 2hm (Mainz) repräsentativ erhoben. Die Interviews beinhalteten folgende Fragen:

- Wie viele Personen leben in Ihrem Haushalt?
- Wie hoch ist das durchschnittliche monatliche Nettoeinkommen Ihres Haushalts insgesamt?
- Welche der folgenden Haushaltsgüter besitzen Sie oder Mitglieder in Ihrem Haushalt heute?
- Wann wurden diese Haushaltsgüter gekauft bzw. wann haben Sie diese Haushaltsgüter erhalten?
- Wurden sie gebraucht oder neu gekauft?
- Was erwarten Sie, wie lange werden Sie diese Haushaltsgüter noch nutzen, bevor sie zum Beispiel kaputt gehen oder Sie sie durch ein moderneres Gerät mit zusätzlichen Funktionen ersetzen?
- Und einmal ganz unabhängig von Ihrem aktuellen Besitz, auf Basis Ihrer gesamten bisherigen Erfahrung: Nach wie vielen Jahren werden die folgenden Haushaltsgüter üblicherweise ersetzt?

Die Ergebnisse der Haushaltsbefragung bzgl. der Nutzungsdauern bilden damit einen wichtigen ergänzenden Bestandteil für die Berechnung der rohstoffbezogenen Overshoot-Jahre aufgrund der haushaltsspezifischen Ausstattung mit langlebigen Konsumgütern. Im Zuge der Detailberechnungen wurden die Haushaltsausstattungen sowohl nach den sieben sozioökonomischen Haushaltstypen als auch nach drei Haushaltsgrößenklassen unterschieden. Außerdem wurde analysiert, wie sich veränderte Nutzungsdauern auf die rohstoffbezogenen Overshoot-Jahre auswirken.

Tab. 3 zeigt exemplarisch das Rohstoffguthaben, wie sie dem Haushaltstyp 1 gemäß der in Tab. 1 dargestellten Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridoren zustehen würden. Diesen Zielwerten wird der ermittelte Rohstoffbedarf zur Aufrechterhaltung der betrachteten Haushaltsausstattung bis zum Jahr 2030 auf Basis der erhobenen Nutzungsdauern gegenübergestellt. Die hieraus resultierenden Salden werden in den Zeilen „Kontostand des Haushalts im Jahr 2030“ ausgewiesen und wurden in den letzten Zeilen der Tabelle in Overshoot-Jahre umgerechnet.

Aufgrund der etwas großzügigeren Verfügbarkeitskorridore im Baseline-Szenario liegen die berechneten Overshoot-Jahre dieses Szenarios meist (sofern sie nicht mit den Ergebnissen der alternativen Szenarien identisch sind) in fernerer Zukunft als jene des „Nachhaltigkeits-„ oder des „Global gerecht & Nachhaltigkeits“-Szenarios. Dennoch wird das Materialkonto für über die Hälfte aller Rohstoffe über die Maßen belastet, so dass sich bereits im Baseline-Szenario z.T. deutliche Nachhaltigkeitslücken auftun. Die engeren Vorgaben des Nachhaltigkeitsszenarios sorgen dafür, dass die Overshoot-Jahre bei allen Rohstoffen bis auf Zinn und Erdöl kleiner werden und das Materialkonto bei noch mehr Rohstoffen bereits vor 2030 erschöpft ist – lediglich die Guthaben für Stahl, Magnesium und Kautschuk reichen noch darüber hinaus aus. Im noch restriktiveren Szenario „Global gerecht & nachhaltig“ hält (abgesehen vom relativ unkritischen Rohstoff Kautschuk) kein Materialkonto bis zum Jahr 2030.

Tab. 3: Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr des Haushaltstyps 1 (negative Werte sind rot markiert)

Haushaltstyp 1		Gold	Kupfer	Silber	Alu- minium	Blei	Stahl
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	0,0021	54,9	0,011	176,6	14,4	4.964,1
	Nachhaltig	0,0016	38,0	0,008	115,1	9,9	3.514,6
	Global gerecht & Nachhaltig	0,0011	6,4	0,002	27,1	3,1	1.282,5
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		0,0029	77,1	0,010	251,0	27,8	2.575,0
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-0,0008	-22,2	0,001	-74,3	-13,5	2.389,1
	Nachhaltig	-0,0013	-39,1	-0,002	-135,9	-17,9	939,6
	Global gerecht & Nachhaltig	-0,0019	-70,7	-0,008	-223,9	-24,7	-1.292,5
Overshoot-Jahr	Baseline	2025	2025	2033	2025	2021	2050
	Nachhaltig	2022	2020	2026	2020	2018	2039
	Global gerecht & Nachhaltig	2018	2012	2014	2012	2012	2020

Haushaltstyp 1		(Flach-) Glas	Platin	Zinn	Magne- sium	Erdöl f. Kunst- stoffe	Kaut- schuk
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	110,4	0,0034	0,094	3,7	609,3	80,2
	Nachhaltig	62,6	0,0023	0,095	2,5	592,0	62,0
	Global gerecht & Nachhaltig	41,4	0,0012	0,022	0,9	201,3	36,3
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		285,6	0,0029	0,221	2,0	992,4	12,6
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-175,2	0,0005	-0,127	1,7	-383,1	67,6
	Nachhaltig	-222,9	-0,0006	-0,126	0,5	-400,3	49,4
	Global gerecht & Nachhaltig	-244,2	-0,0017	-0,198	-1,2	-791,0	23,6
Overshoot-Jahr	Baseline	2018	2034	2019	2049	2023	2143
	Nachhaltig	2015	2027	2019	2036	2023	2113
	Global gerecht & Nachhaltig	2013	2019	2012	2019	2014	2070

Quelle: Eigene Darstellung

Da der Begriff der Nachhaltigkeit stets eine umfassende Zukunftsorientierung beinhaltet, wurde in einem abschließenden Unterabschnitt diskutiert, inwiefern Erkenntnisse modellbasierter Szenarioanalysen im Zuge einer künftigen Weiterentwicklung des in AP 4

entwickelten Webtools berücksichtigt werden könnten bzw. sollten. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde die prototypische Umsetzung eines Webtools zur einleitenden Erkundung der Auswirkungen des privaten Konsumverhaltens auf die Rohstoffinanspruchnahme angestrebt. Umfassende modellgestützte Szenarioanalysen scheinen für diese Zielsetzung nicht zwingend notwendig und wurden daher im Rahmen dieses Forschungsvorhabens auch nicht budgetiert. Der Informationsumfang des Webtools lässt sich allerdings flexibel erweitern. So scheint es grundsätzlich problemlos möglich, die prototypische Vorgehensweise zur Berechnung der Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridore durch komplexere Rechenalgorithmen auf Basis erweiterter Input-Output-Statistiken zu ersetzen. Zur Abbildung globaler Wirkungszusammenhänge kann dabei auf Multi-Regionale Input-Output-Datensätze (MRIO) zurückgegriffen werden. MRIO-basierte Zukunftsprojektionen werden derzeit im Auftrag des Umweltbundesamtes unter Verwendung des globalen Simulationsmodells GINFORS im SimRes Projekt (FKZ 3712 93 102) parametrisiert. Aufbauend auf Vorarbeiten des PolRes Projektes (FKZ: 3711 93 103) werden verschiedene Umfeldszenarien zur Entwicklung relevanter ressourcenpolitischer Zielgrößen bis zum Jahr 2050 quantifiziert.

Arbeitspaket 4 – Internetapplikation

Ein wesentliches Projektziel war die Bereitstellung eines Webtools, um eine breite Öffentlichkeit für die Herausforderungen einer nachhaltigen und zugleich global gerechten Nutzung begrenzter Ressourcen exemplarisch zu sensibilisieren.

Das Konzept des Webtools ist somit nicht als passives Bilanzierungswerkzeug angelegt. Vielmehr sollen die Nutzer/-innen dafür animiert werden, die Auswirkungen des Konsumverhaltens auf die Rohstoffinanspruchnahme interaktiv zu erkunden. Das Webtool geht daher über ein reines Rechenwerkzeug hinaus, indem es wichtige Hintergrundinformationen zu den betrachteten Haushaltsgütern und Rohstoffen liefert sowie zielgerichtete Handlungsempfehlungen bereitstellt. Diese Hintergrundinformationen sollen die Nutzer/-innen anregen das eigene Konsumverhalten in Bezug auf nachhaltige und gerechte Rohstoffnutzung zu hinterfragen.

Um ein möglichst breites Zielpublikum erreichen zu können, wurde bei der Umsetzung des Webtools auf eine klar strukturierte, verständliche Benutzerführung geachtet. Benutzerführung sowie visuelle Gestaltung des Webtools wurden dabei in enger Zusammenarbeit der GWS mit s.c.z. Kommunikationsdesign (Bremen) erarbeitet. Bei der Erstellung der redaktionellen Inhalte wurde darauf Wert gelegt, dass die hinterlegten Texte auch ohne wissenschaftliche Expertise verständlich sind. Die Begrenzung auf 24 langlebige Haushaltsgüter und zwölf Rohstoffe verhindert eine Informationsüberfrachtung. Das Webtool eignet sich damit für Nutzer/-innen ab etwa 14 Jahren, die sich mit dem Thema nachhaltiger Ressourcennutzung spielerisch auseinandersetzen möchten.

Abb. 2: Menüstruktur des Webtools



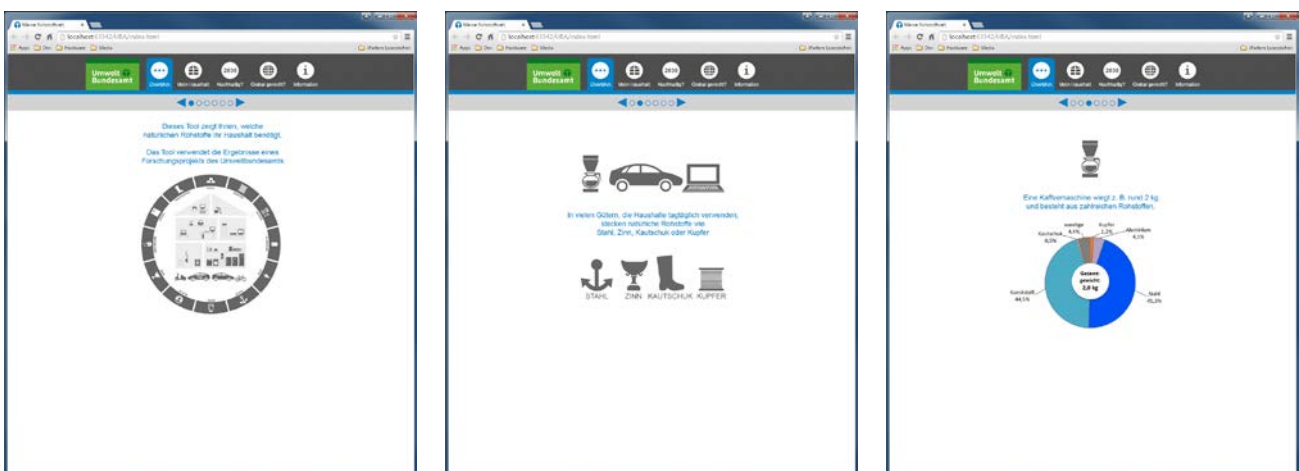
Quelle: Eigene Darstellung

Das Webtool verfügt über eine stets am oberen Bildschirmrand sichtbare Hauptmenüleiste mit fünf Einträgen. Darunter befinden sich Registerkarten, in denen je nach gewähltem Hauptmenüpunkt weitere Untermenüpunkte eingeblendet werden (siehe Abb. 2).

Um sicherzustellen, dass die Nutzer/-innen die Funktionalität des Webtools flexibel erkunden können, wurde auf eine strikte Bearbeitungsfolge verzichtet. Stattdessen können die Nutzer/-innen jederzeit durch Anklicken zwischen den einzelnen Menüpunkten wechseln, wobei die Inhalte des jeweils zuletzt ausgewählten Untermenüpunkts automatisch angezeigt werden.

Beim erstmaligen Aufruf des Webtools wird der Hauptmenüpunkt „Überblick“ aktiviert. Dieser Menüpunkt dient dazu, sowohl die zentralen Botschaften als auch die Grundfunktionalität des Webtools in kompakter und leicht verständlicher Form zu vermitteln (siehe Abb. 3).

Abb. 3: Einführungsseiten des Webtools



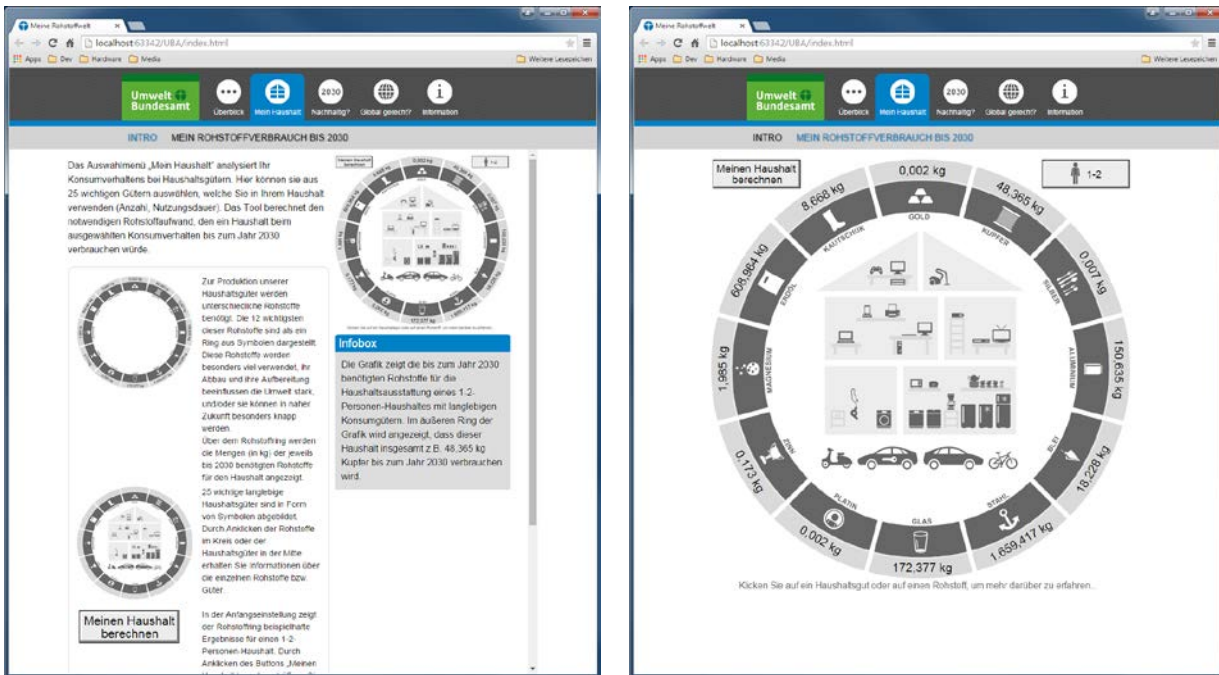
Quelle: Eigene Darstellung

Die Inhalte der folgenden drei Hauptmenüpunkte „Mein Haushalt“, „Nachhaltig?“ und „Global gerecht?“ sind identisch aufgebaut und enthalten jeweils zwei Registerkarten „Intro“ und „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“ (siehe Abb. 4).

Der Inhalt der Registerkarte „Intro“ gibt jeweils wichtige Hintergrundinformationen zum ausgewählten Hauptmenüeintrag (vgl. Abb. 4 links).

Das zentrale Bedienelement des Webtools ist die Kreisdarstellung mit den zwölf Rohstoffen, 24 Haushaltsgütern und den Schaltflächen zur Anpassung der Haushaltsausstattung sowie der im Haushalt lebenden Personen (vgl. Abb. 4 rechts).

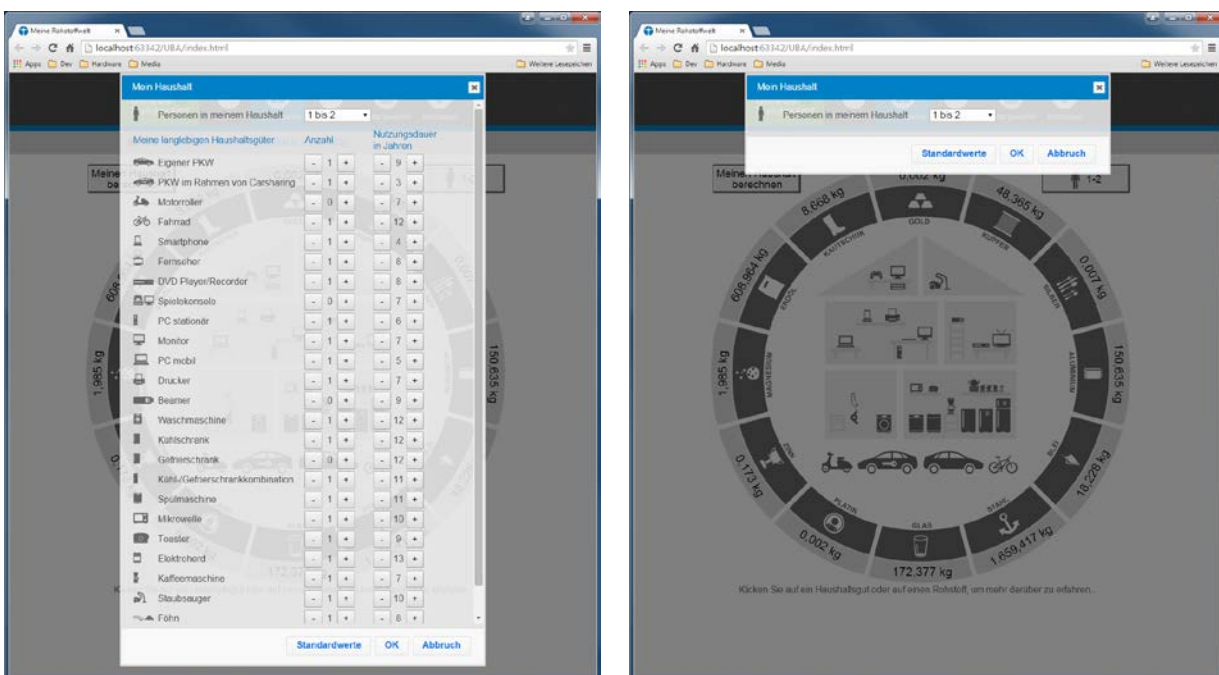
Abb. 4: Registerkarten der Hauptmenüeinträge



Quelle: Eigene Darstellung

Die Anpassung der Haushaltsausstattung erfolgt durch Anklicken der Schaltfläche „Meinen Haushalt berechnen“. Das Webtool zeigt daraufhin ein Dialogfenster an, mit dem die Nutzer/-innen die Anzahl und jeweilige Nutzungsdauer der betrachteten 24 Haushaltsgüter sowie die Anzahl der in seinem Haushalt lebenden Personen variieren kann. Die Schaltfläche mit dem Personensymbol gestattet es, direkt die Anzahl der im Haushalt lebenden Personen anzupassen (siehe Abb. 5).

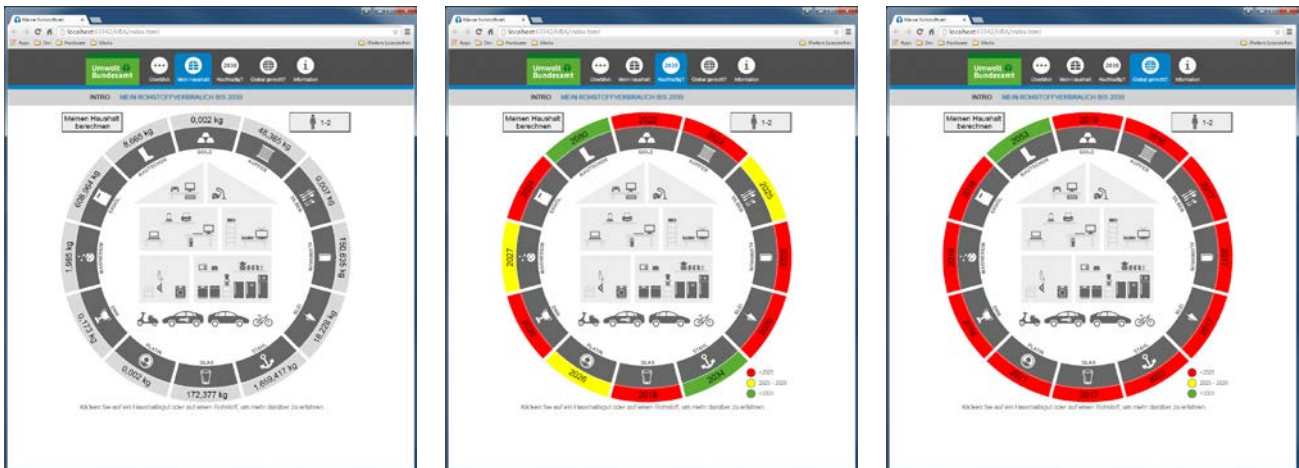
Abb. 5: Anpassung der Haushaltsausstattung und Haushaltsgröße



Quelle: Eigene Darstellung

Das Webtool passt Rohstoffinventar und -verfügbarkeiten an die eingegebene Haushaltsausstattung an und visualisiert das Ergebnis der Berechnungen im äußeren Ring der Kreisdarstellung. Die Ergebnisdarstellung hängt dabei vom gewählten Hauptmenüpunkt ab (siehe Abb. 6).

Abb. 6: Ergebnisdarstellung innerhalb des Webtools



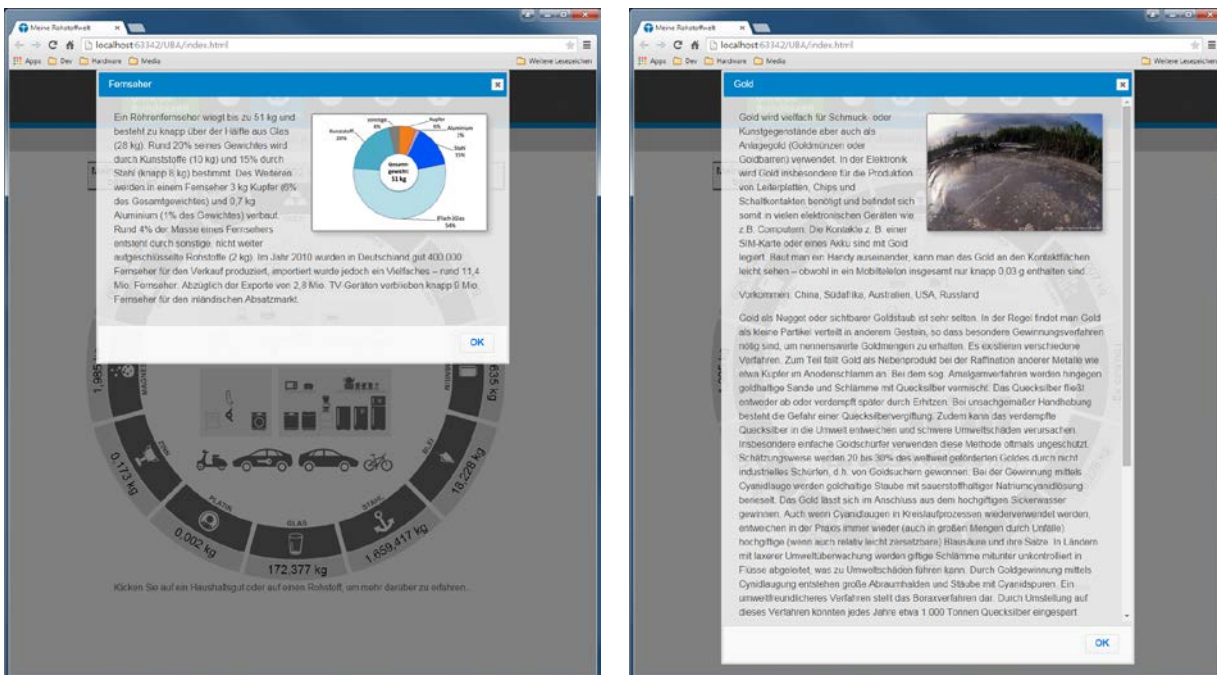
Quelle: Eigene Darstellung

Bei Auswahl des Hauptmenüpunkts „Mein Haushalt“ zeigt der äußere Ring die durch die aktuell unterstellte Haushaltsausstattung und die jeweiligen Nutzungsdauern bis zum Jahr 2030 in Anspruch genommenen Rohstoffmengen in kg an (vgl. Abb. 6 links). Für den Hauptmenüpunkt „Nachhaltig?“ werden diese Werte mit der Szenarioannahme konfrontiert, dass die globalen Fördermengen bis zum Jahr 2030 auf das Niveau des Jahres 2000 zurück geführt werden: Die jeweilige Jahresangabe zeigt dabei das Jahr an, in welchem das kalkulatorische Rohstoffbudget verbraucht wäre. Im Fall des Hauptmenüpunkts „Global gerecht?“ werden die Jahreszahlen für ein Szenario ausgewiesen, in welchem der globale Rohstoffverbrauch im Jahr 2030 nicht nur auf jenen des Jahres 2000 zurück geführt werden soll, sondern zudem auch eine globale Gleichverteilung unterstellt ist. Die Verwendung von Ampelfarben dient dazu, kritische von weniger kritischen Rohstoffen auf einen Blick unterscheiden zu können.

Zu jedem Haushaltsgut und jedem Rohstoff sind Hintergrundinformationen hinterlegt, die durch Anklicken des jeweiligen Symbols abgerufen werden können (siehe Abb. 7).

Bei der technischen Erstellung des Webtools wurde darauf geachtet, dass die Lauffähigkeit unter allen gängigen Betriebssystemen und Browserversionen gegeben ist. Daher wurde bewusst auf proprietäre Erweiterungen wie Adobe Flash verzichtet und stattdessen plattformübergreifend verfügbares HTML5 und JavaScript verwendet. Browserversionen, die älter als ungefähr fünf Jahre sind, können aufgrund fehlender Unterstützung der benötigten Standards (z.B. SVG Bilddateien) zu Funktionseinschränkungen führen. Um sicherzustellen, dass das Webtool leicht in die bestehende Systeminfrastruktur integriert werden kann, wurde so weit wie möglich auf die Verwendung externer Programm Bibliotheken verzichtet.

Abb. 7: Hintergrundinformationen zu Haushaltsgütern und Rohstoffen



Quelle: Eigene Darstellung

Das Webtool ist zwar prinzipiell für Desktopcomputer konzipiert, grundsätzlich aber auch auf mobilen Endgeräten wie Tablets oder Smartphones lauffähig. Bei der Programmierung wurde darauf geachtet, dass sich die Anwendung der Bildschirmgröße des jeweiligen Endgeräts anpasst; jedoch stößt die Kreisdarstellung mit den darin enthaltenen Rohstoffen und langlebigen Haushaltsgütern bei Endgeräten mit sehr kleinen Bildschirmen an ihre Grenzen.

Arbeitspaket 5 – Auswertung

Das Projekt „Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus“ zielte darauf ab, Konzepte – Verfügbarkeits- und Verfügungskorridore – mit den entsprechenden methodischen Berechnungen zur Bestimmung des Rohstoffverbrauchs langlebiger Haushaltsgüter zu entwickeln sowie global tragfähige Ausstattungen für verschiedene Haushaltstypen darzustellen. Auch wenn die im Rahmen dieses Projekts erbrachten Leistungen als Pilotstudie einzuordnen sind, so zeigt sich doch, dass am Ende dieses Forschungsvorhabens erstmalig ein in sich abgestimmter Ansatz zur Evaluation und Projektion materieller Wohlstandsniveaus vorliegt. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden in einer Internetanwendung für das Web-Angebot des UBA veranschaulicht. Die im Rahmen dieses Forschungsvorhaben entwickelte „Pilotversion“ eines Webtool erlaubt es, durch Konfiguration individueller Haushaltsausstattung die Einhaltung der Nachhaltigkeitsschranken persönlich zu erkunden.

Die im Rahmen dieser Pilotstudie gewonnenen Ergebnisse können zukünftig durch weiterführende aufwändigere Datenanalysen und Berechnungsalgorithmen systematisch ausgebaut werden. Während die derzeitige Pilotversion des Webtools lediglich für 24 langlebige Haushaltsgüter über die Inanspruchnahme von 12 Materialien berichtet, ist es auf Basis der hier vorgestellten Vorgehensweise grundsätzlich möglich, diesen Berichtsumfang durch weiterführende Erhebungen zu erweitern.

Zudem könnte das Webtool in zukünftigen Überarbeitungen stärker auf spezifische Nutzergruppen ausgerichtet werden. Die Vorarbeiten des AP2 bieten erste Ansatzpunkte zur exemplarischen Fokussierung ausgewählter Haushaltstypen und sozialer Milieus. In zukünftigen Ausbaustufen wäre es denkbar, zunächst einige wenige Fragen an die Nutzer/-innen zu richten, um daraufhin individuell milieuspezifische Inhalte bereitzustellen.

Alternativ könnte darauf abgezielt werden, dieses Tool verstärkt in Richtung eines didaktisch optimierten Lehrmittels für das Bildungswesen oder eines analytisch optimierten Simulationstools für die angewandte Politikberatung weiter zu entwickeln. Im erstgenannten Fall sollten dabei zunächst insbesondere folgende Maßnahmen erwogen werden:

- Erweiterung des Intros um ergänzende Seiten, um einen aus kommunikationswissenschaftlicher und didaktischer Perspektive optimalen Überblick zur Funktionalität des Webtools anbieten zu können.
- Verstärkter Einsatz von Bildern innerhalb der informatorischen Fact-Sheets. Die entsprechend einzubinden Bilder sind in webbasierten Bilddatenbanken zu erwerben. Geeignete Anbietern wären u.a. fotolia.com, photocase.com.
- Integration des Webtools auf dem nationalen Bildungsserver.
- Erstellen eines Flyers, welcher Funktionalität und Idee des Webtools erläutert.
- Präsentation des Webtools auf zielgruppenspezifischen Veranstaltungen und Messen im In- und Ausland: Dieses erfordert die Erstellung einer geeigneten Powerpoint-Präsentation sowie eines Posters.
- Kontaktaufnahme mit „klassischen“ Schulbuchverlagen mit Expertise in den Unterrichtsfächern Geographie und Wirtschaft bzw. im Themenfeld Nachhaltigkeit (u.a. Westermann-Verlag, Friedrich-Verlag).
- Veröffentlichen eines deutschsprachigen Beitrags zur Funktionalität und Idee des Webtools und Möglichkeiten seiner Integration in den Unterricht in den für Lehrer üblicherweise wahrgenommenen Fachzeitschriften.

Zur weiteren Optimierung der analytischen Grundlagen scheinen hingegen folgende Maßnahmen erwägenswert:

- Verfeinerung/Erweiterung der Auswahlkriterien zur Bestimmung der prioritären Rohstoffe.
- Verfeinerung der Produktliste produktspezifische Untergruppen.
- Erweiterung des Berichtsumfangs des Webtools um eine explizite Berücksichtigung der Erkenntnisse quantitativer Umfeldszenarien.

2 Summary

The sustainable use of natural resources has been intensively discussed in politics and business over the last recent years. This discussion has been triggered by price fluctuations in commodity markets due to the increasing global consumption of raw materials such as oil, coal, steel, copper and other metals.

In 2050, more than nine billion people are expected to inhabit the Earth. According to forecasts, this population increase might boost the global economy to grow by an average annual rate of three percent until 2030. At the same time, emerging countries' industrialisation processes will further contribute to increases in global raw material consumption.

Against this background, the European Union (EU) aims to increase resource efficiency by 20 percent until 2020. The German federal government has adopted here a pioneering role with its raw materials strategy "ProgResS" from the beginning of 2012.

While the problem of overexploitation of natural resources is discussed in politics and business, the sensitisation of German consumers towards the principles of sustainability and global fairness with regard to their own raw material consumption is less strongly pronounced. In contrast to climate change and energy issues for the natural resources and raw material problems so far only initial concepts for raising awareness exist.

On behalf of the German Federal Environment Agency (UBA) the research project "Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus" (Globally sustainable material prosperity standards) analysed material needs for German households' spending on durable consumer goods. Based on these findings, prototypical household endowments can be classified within the boundary conditions of global fairness and sustainable resource use. The applied classification scheme is based on the methodological concept of availability corridors that was developed and implemented over the project term by the Institute of Economic Structures Research (GWS) and the Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy. This methodological research has been accompanied by software development: A handy, easy understandable and instructive web tool has been established that illustrates the main findings of the research project in an intuitive way. Users can experience the research topic "raw material consumption and sustainability" in the context of their own household equipment and identify the implied material needs of individual consumption patterns.

Work Package 1 – raw materials

The first step of this project was to analyse the material balances of 26 durable household goods and to develop a priority list of the most important raw materials based on different criteria. The analysis of the material balances initially led to a total list of 63 materials, which was reduced to 34 materials (e.g. by converting individual types of plastics into oil equivalents) for further analysis. 16 of the 34 materials were selected to be studied in detail and became part of the web tool. By the use of this tool, users can check the material requirements of their current and future household equipment based on selected durable goods.

The selection of materials was based on the criteria of quantity, environmental impact, and security of supply and global shortage. Individual rankings were compiled for each of the criteria. The environmental relevance was assessed by using the two input-oriented indicators of absolute cumulative energy demand (CED) and absolute abiotic material input ($MI_{abiotic}$). All

materials, which have been in at least two of the four individual rankings among the top 15, were included in the final compilation of the priority list.

Tab. 4: Availability corridors summed up per capita for the period 2010-2030

	Availability corridor kg/person 2010-2030	Availability corridor kg/person 2010-2030	Availability corridor kg/person 2010-2030
	BAU (Baseline)	Sustainable	Globally fair & sustainable
Aluminium	88.3	57.6	13.5
Copper	27.5	19.0	3.2
Gold	0.0011	0.0008	0.0005
Raw Steel	2482.0	1757.3	641.3
Palladium	0.0005	0.0004	0.0002
Platinum	0.0017	0.0012	0.0006
Tin	0.0469	0.0473	0.0112
Lead	7.2	5.0	1.5
Zinc	0.32	0.22	0.06
Silver	0.0057	0.0039	0.0009
Chrome	0.39	0.25	0.02
Magnesium	1.86	1.26	0.43
(Flat)-Glass	55.2	31.3	20.7
Oil for Plastics	304.7	296.0	100.7
Cotton	186.6	153.9	66.8
Natural Rubber	40.1	31.0	18.1

Source: Own calculations

Quantitative relevance was based on specific material contents of the analysed durable household goods, multiplied by the amount of household goods sold in Germany 2010. The amount of material required for these selected goods in Germany was placed in relation to the respective amount of global production of primary raw materials in 2010.

Environmental relevance was considered a result of the multiplication of the specific CED and $MI_{abiotic}$ coefficients of analysed materials with the respective amount of material, which resulted from the sold numbers of the 26 household goods in Germany in the year 2010.

Security of supply and global scarcity were measured by an additively composed index of four equally weighted indicators: a) static lifetime, b) global demand pulse by future technologies, c) share of global primary and secondary products, and d) recyclability. Each of the four sub-indicators could receive a value of 0; 0.3; 0.7 or 1.

The following 16 materials were selected as prioritised: gold, copper, silver, aluminium, lead, iron / steel, platinum, palladium, tin, zinc, chromium, magnesium, glass, cotton, natural rubber and oil.

For these materials and resources, the expected global availability was estimated until the year 2030 using the trend projection of the (primary) production volumes for the years 2000 to 2012

(BAU) and a sustainability scenario, in which the mining or production volumes will return to year 2000 levels until 2030.

Based on the estimated global population growth until 2030 and the proportion of the selected durable consumer goods in the respective global material demand, we were able to calculate a per capita value that is mathematically available for every German citizen for their consumption of durable household goods until 2030. Overall, for the selected materials these availability corridors were calculated for three scenarios (Business-as-usual (BAU), Sustainable, Globally fair and sustainable, see Tab. 4). The scenario "Sustainable" reflects the current high differences in per capita consumption across the world, whereas the scenario "Globally fair and sustainable" assumes uniform global per capita shares in 2030.

The different scenario corridors are the basis for the web application, which allows users to determine the resource requirements of their household equipment. With the help of this web tool users can assess whether their household equipment, as well as the life cycle of those goods, corresponds with the available amount of materials within these corridors. In addition, users can determine, which household equipment, and which life span of those household goods, would be necessary to comply with these limits.

Regardless of the implementation of this internet application, two methodological proposals were developed in work package (WP) 1. First, it was assessed how these availability corridors can be translated into "material budgets", which can be used to calculate e.g. "overshoot days". This calculation approach describes the availability of raw materials both within the annual budget per person as well as in the total budgets for a period such as from 2010 to 2030. Within the web tool, the stock of household goods was only associated with typical life spans, and therefore included replacement investments until 2030. However, it would also be possible to estimate the effects on the personal material budget of each individual material by real or planned new acquisitions in the future.

From an ecological point of a view, reduction targets for total raw materials, which are extracted from the environment, as well as targets for reducing potentially negative environmental impacts, should be preferred to reduction targets for individual materials. In this sense, problem shifting by substitution may be prevented. The decisive criterion for calculations is the concept of functional equivalence, as it is given for example with the units of greenhouse gas (GHG) emissions-potential or primary energy consumption. Analogously raw materials can be expressed by their primary material equivalent (i.e. as material input (MI) or Total Material Requirement (TMR)), or as a raw material equivalent, i.e. as a cumulative raw material equivalent (RME). To this end, the weight of the raw materials is only of minor relevance. A simple adding of the amount of steel and gold makes little sense, whereas an addition of MI or RME equivalents is useful for interpreting results.

Therefore, a second method was developed based on functional equivalence values. In order to use the respective equivalent values as a budget until 2030, however, an absolute target for the target year (in this case 2030) needed to be defined. Such targets are currently in the political debate. Therefore, a possible reduction target, which is currently being discussed in the PolRes project (10 tonnes / person for $TMC_{abiotic}$ in 2050, corresponding to 5.2 tonnes / person for RMC), was applied. It should be noted that these targets refer to total resource requirements per person, and not just the portion that is required for the production of durable household goods.

The proportion of the amount of resources used for durable household goods in the total raw material requirements per year is a critical control variable in determining availability corridors as well as material budgets. The derivation of this share on the basis of the apparent consumption of 26 selected durable household goods a) leads to very different percentages depending on the material analysed and b) tends to underestimate the shares since the selection of household goods covers relevant shares, but not the complete consumption of private households with durable goods. Another critical aspect of this method is the use of material balances that do not correspond with the current material composition of household goods. Therefore, an alternative method is described in WP1 to quantify the share of household goods of total material consumption: By using an extended input-output (IO) table, it is possible to determine the share of different categories of final use, such as private households, on raw material consumption.

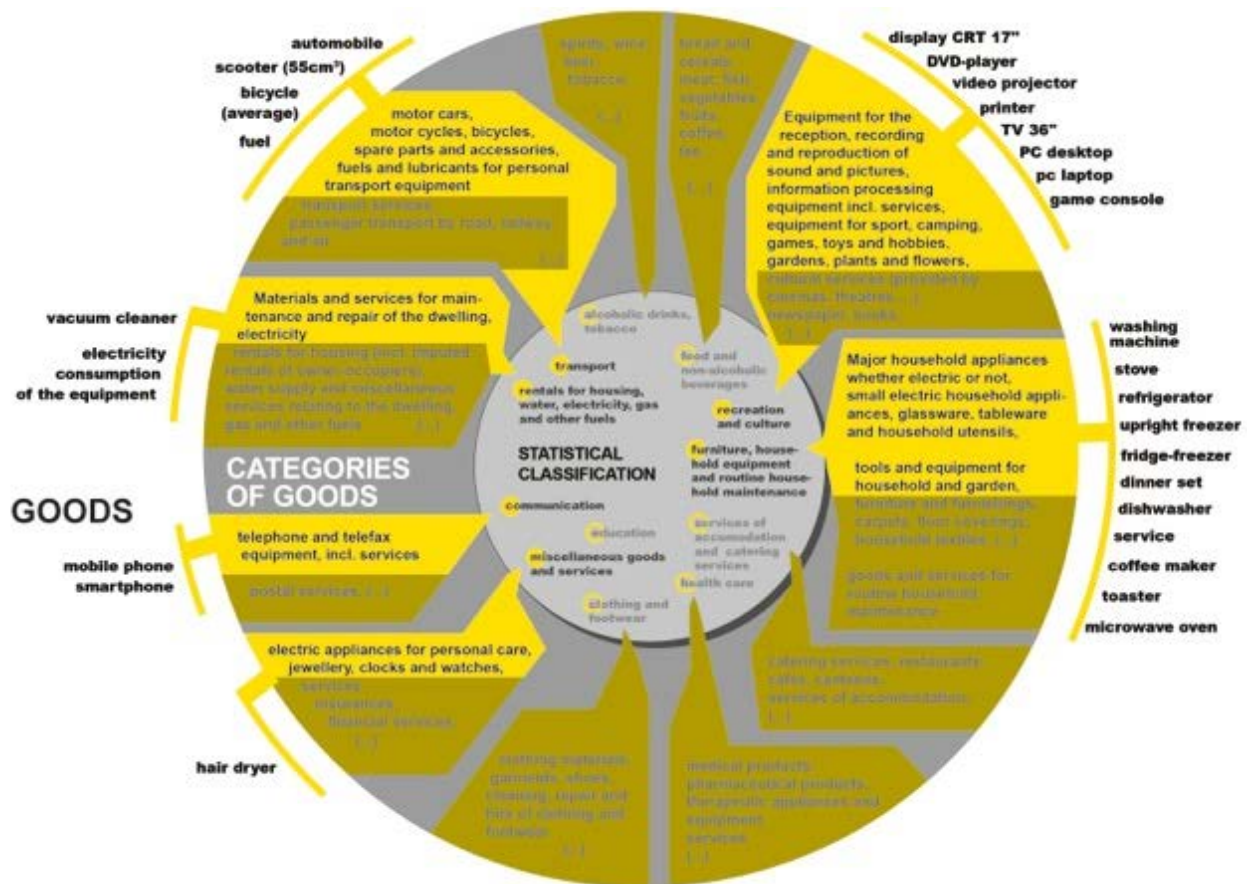
Work Package 2 – households

In accordance with the aims of the project, a concept for material prosperity standards of globally sustainable levels of raw material use, incorporated in durable household goods, was developed. In order to compare this level with actual or average household inventories, typical raw material inventories were assigned to different household types in work package 2 (WP 2). The work package was subdivided into the tasks “system boundaries“ (WP 2a), “raw material inventories of household goods“ (WP 2b), “degree of equipment of household types“ (WP 2c), and “inventories of household types“ (WP 2d). The result (WP 2d) was an inventory (WP 2b with prioritised raw materials resulting from WP 1) of selected household goods (WP 2a) for seven distinctive socio-economic groups (WP 2c).

System boundaries (WP 2a) were derived from the complex system “household“ according to the requirements of the project. Starting from the complete system, a stepwise reduction to a group of products was conducted, which has previously been analysed in accessible literature or studies of the Wuppertal Institute. Additional requirements like typologies of usage of possible goods or relevance of their masses (in comparison to the entire household equipment) could only be assessed qualitatively as the available literature is limited and neither allows for broad nor strongly diversified inventories of goods. No specific variants of goods could be derived (e.g. energy saving TV compared to conventional TV) but common groups of products can be displayed via examples of goods (e.g. TV and games console from the product class of entertainment appliances). The time horizon displays the momentary ownership of inventoried goods (stock of equipment). Coupling consumption statistics (e.g. COICOP) with life cycle inventory data or manufacturer information on raw material content of goods was not possible in a fully consistent way. Furthermore, the statistical classification of product groups and goods does not sufficiently represent demand or activity fields of households (see Fig. 8). Thus, currently no method is available that would allow to take households’ activities and decision making into account in a way that is adequate to their relevance in terms of resource consumption. To analyse actions of households, therefore, in the medium or long term, possibilities to reduce the gap between statistical analysis and the actual lifeworld of households should be developed.

The system boundaries were derived in eight steps. Starting from a maximal system “household”⁴ first product groups were preselected that allow assuming a high correlation between resource use and consumption. Criteria for the qualitative selection in an internal expert workshop were high resource use⁵, high share in consumption of German households and durable abiotic goods. In the next steps system elements were excluded that would have complicated data gathering significantly or would have weakened the consistency with other work packages: the production phase, biotic raw materials, home infrastructure and usage. Energy use of household goods and vehicles was included. The goods to be inventoried were chosen along the preselected product groups, based on data availability. Figure 8 shows the resulting system boundaries and selected household goods. The system derived here only represents an exemplary look at the entire system household. Hence, statements and derived options for action can also address only parts of household consumption.

Fig. 8: System boundaries and selected household goods. In this work package, the goods named in the outer circle and the product groups marked in bright yellow, were covered.



⁴ The concept „household“ was defined as a private community consisting of one or more persons; provision of needs is based on agreement between these persons.

⁵ Decisive for material resource use here was the estimated Total Material Requirement (TMR).

Source: own depiction

In work package 2b, the raw materials incorporated into the selected household goods and the resource use for their electricity and fuel demand were quantified. The yearly demand of cotton in German households was quantified as an example of biotic resources additionally. First, data on material composition and sources with additional information were analysed to assign all materials quantitatively to one of the following classes: Metals, plastics, other substances (e.g. silicates) and complex material systems (e.g. electronic parts that could not be further itemised). This resulted in a comprehensive database of raw materials for 29 household goods (one good each), divided into 94 sub-groups of materials, ranging from ABS plastic to Zinc. Referring to masses and substance groups of the 0-level, 62.3% are metals, 22.6% plastics, 12.6% other substances (incl. 6.8% silicates) and 2.5% complex material systems. Within the group of metals ferrous metals are dominant. Passenger car has the highest mass of app. 1.2 tonnes.

The aim of work package 2c was to develop a typology of households based on household equipment with prior selected goods. The development was based on discussions in work package 2 about statistical market basket analysis. Database is the survey on income and expenditure (EVS) of the statistical offices of the German federal states and the Federal Statistical Office for 2008. Identification of types and their number was empirically based on cluster analyses of available characteristics for equipment and expenditures in the EVS. The cluster analysis roots in equipment with 13 durables and expenditures for electricity and fuel representing commodities or variables of usage, respectively. The developed household typology can be regarded as representative for characteristics of equipment and consumption in German households. Resulting from theoretical considerations, a seven cluster scheme seems to fit best for further analysis.

The seven resulting equipment and expenditure types can be grouped according to socio-economic characteristics into milieus or household lifeworlds and described along socio-cultural profiles. To do so, the groups were analysed for socio-economic characteristics and their z-standardised averages were imputed to a representative database of social milieus. Integrating different but representative databases and their statistical imputation via representative data sets enabled us to integrate equipment, consumption, socio-economics and lifestyles in Germany.

The construction of a household typology described here can serve as a methodical contribution to further empirical work in socio-ecological research on social differentiation along lifestyles in sustainable consumption. Socio-cultural characterisation and grouping into milieus or household lifeworlds allows addressing these households target group-specifically. Starting points are socio-cultural profiles and their specific socio-economic characteristics, equipment and consumption levels. In this way, income differences alone allow to draw conclusions on differentiation along equipment and consumption. By trend, higher incomes show higher levels of equipment and consumption (elite and performance households). Lower incomes in contrast show much lower equipment and consumption (mainstream, young adults and underprivileged households).

Furthermore, results of this work package are helpful to identify strategies to influence through attitudes and values. For example, regarding a sustainable material prosperity standard traditionalism-orientated households with relatively low income can effectively be addressed by

modesty, households of the mainstream by security and young by wealth of time. Households of the elite with high incomes can in contrast be addressed by engagement, responsibility, the chance to shape things and ultimately self-efficacy.

In task WP 2d data from WP 2b and 2c were integrated and analysed regarding prioritised raw materials of WP 1. Thus, physical consumption of households could be combined with social characteristics. A method was presented that is capable to household types or social milieus with demands for raw materials through dimensions and data sets. Thus 16 raw materials in 13 household goods could be assigned in volume to different household types. In the course of doing so, the database that resulted from WP 2b had to be modified to fit the high level of aggregation. Results on the one hand show significant differences between typical households in Germany regarding raw material demands in durables and commodities. Dominant characteristics in equipment, primarily passenger car as a durable and fuel as a corresponding commodity, do not level the differences. Thus group 1 (mainstream) and group 2 (young adults) still deviate by 6%, while group 3 (established) and group 4 (families in rural areas) hardly differ in average. Between group 5 (underprivileged) and group 6 (elitists) in contrast a difference of almost 96% shows.

Looking at raw materials, the lowest deviation shows between iron and bitumen (48% or 53% difference respectively between highest positive and lowest negative deviation). The largest deviations show in fuel (223%). Finally, equipment and consumption levels of prior work packages are reflected in the differentiated raw material inventories. Addressing different household types (see WP 2c) can thus be based on these results.

Work Package 3 – integration

Within this work package, the results of WP1 (raw materials) and WP2 (households) have been merged. With regard to WP1 the results concerning raw-material-specific availability and corridors for the "sustainable" scenario and the "globally fair & sustainable" scenario have been used.

Tab. 5: List of durable household goods and raw materials used in the web tool

No.	Durable household good	No.	Raw material
1a	Car	1	Gold
1b	Car as part of car sharing	2	Copper
2	Scooter	3	Silver
3	Bicycle	4	Aluminium
4	Mobile phone / Smartphone	5	Lead
5	TV	6	Steel
6	DVD player / recorder	7	Glass
7	Game console	8	Platinum
8	Personal computer	9	Tin
9	Monitor	10	Magnesium
10	Mobile computer	11	Oil for plastic
11	Printer	12	Rubber
12	Projector		
13	Washing machine		
14	Refrigerator		

15	Freezer
16	Freezer/refrigerator combination
17	Dishwasher
18	Microwave oven
19	Toaster
20	Electric cooker
21	Coffee machine
22	Hoover
23	Hairdryer
24	Cutlery

Source: Own figure

With regard to WP2 the raw material inventories and equipment for 7 socioeconomic household types, which have been identified for a total of 24 consumer durables, have been utilized (see Tab. 5).

The combination of these results allows an estimation of individual raw material consumption due to durable goods equipments in the global context of scarcity of raw materials and planetary boundaries. Product-specific useful lifetimes of consumer durables have been also taken into account. Due to the fact that (beyond information on cars) they could not be identified in intensive desk research they have been collected in the course of a representative household survey by the market research institute 2hm (Mainz). The interviews included the following questions:

- How many people live in your household?
- What is the average monthly net income of your household in total?
- Which of the following consumer durables do you or members of your household have today?
- When did you buy these consumer durables resp. when did you receive them?
- Did you buy these consumer durables new or second-hand?
- What do you expect, how long will you still use these consumer durables before they will break for example, or you will replace them by a more modern device with additional functions?
- And once (regardless of your current property of consumer durables), on the basis of your entire previous experience: After how many years do you usually replace the following consumer durables?

The results of this household survey concerning the useful lifetimes form part of the basis for calculating the already mentioned overshoot years.

Table 6 shows an example of the raw material balances as those have been consumed by the socio-economic household type 1 according to the availability corridors shown in table 1. Due to the slightly more generous availability corridors in the baseline resp. business-as-usual (BAU) scenario, the overshoot year in the corresponding scenario is at least equal to, but usually more far away than the overshoot year of the "sustainable" and "globally fair and sustainable" scenario. Nevertheless, the material account for over half of all raw materials is unduly

burdened, so that already in the baseline scenario partly significant sustainability gaps occur. Due to the strict requirements of the sustainability scenario the overshoot years are smaller for all raw materials except for tin and oil and for even more raw materials the budget is exhausted before 2030 - only the credit for steel, magnesium and natural rubber extend beyond the year 2030. In the more restrictive scenario "globally fair and sustainable" no account keeps until the year 2030 – apart from the relatively uncritical natural rubber.

Since the concept of sustainability always includes an orientation to the future, the final subsection discusses how findings from an empirically founded model-based scenario analysis could be integrated to estimate the impacts of alternative future sustainability pathways within the web tool, which has been developed in WP4.

Tab. 6: Raw material balances and consumption and overshoot years for the socio-economic household type 1 (negative values have been marked red)

Socio-economic household type 1		Gold	Copper	Silver	Alu- minium	Lead	Steel
Globally fair total assets of raw materials in kg per household 2010-2030	Baseline	0.0021	54.9	0.011	176.6	14.4	4,964.1
	Sustainable	0.0016	38.0	0.008	115.1	9.9	3,514.6
	Globally fair & sustainable	0.0011	6.4	0.002	27.1	3.1	1,282.5
Total consumption of raw materials in kg per household 2010-2030		0.0029	77.1	0.010	251.0	27.8	2,575.0
Household's actual balance in 2030: Total assets - total consumption of raw materials in kg	Baseline	-0.0008	-22.2	0.001	-74.3	-13.5	2,389.1
	Sustainable	-0.0013	-39.1	-0.002	-135.9	-17.9	939.6
	Globally fair & sustainable	-0.0019	-70.7	-0.008	-223.9	-24.7	-1,292.5
Overshoot year	Baseline	2025	2025	2033	2025	2021	2050
	Sustainable	2022	2020	2026	2020	2018	2039
	Globally fair & sustainable	2018	2012	2014	2012	2012	2020
Socio-economic household type 1		(Flat-) Glass	Platinum	Tin	Magne- sium	Oil for Plastics	Natural Rubber
Globally fair total assets of raw materials in kg per household 2010-2030	Baseline	110.4	0.0034	0.094	3.7	609.3	80.2
	Sustainable	62.6	0.0023	0.095	2.5	592.0	62.0
	Globally fair & sustainable	41.4	0.0012	0.022	0.9	201.3	36.3
Total consumption of raw materials in kg per household 2010-2030		285.6	0.0029	0.221	2.0	992.4	12.6
Household's actual balance in 2030: Total assets - total consumption of raw materials in kg	Baseline	-175.2	0.0005	-0.127	1.7	-383.1	67.6
	Sustainable	-222.9	-0.0006	-0.126	0.5	-400.3	49.4
	Globally fair & sustainable	-244.2	-0.0017	-0.198	-1.2	-791.0	23.6
Overshoot year	Baseline	2018	2034	2019	2049	2023	2143
	Sustainable	2015	2027	2019	2036	2023	2113
	Globally fair & sustainable	2013	2019	2012	2019	2014	2070

Source: own presentation

Work Package 4 – internet application

A major aim of the project was the development of a web tool that sensitises its users to their own consumption decisions in favour of globally fair and sustainable use of resources.

During the design stage, it became apparent that the tool should not only act as a passive accounting tool based on previously calculated resource inventories and household types. Instead, the web tool should inspire potential users to reflect their own consumer behaviour with regard to resource sustainability by adjusting their household inventory (quantities, expected useful life).

The web tool is more than just a simple calculator. It contains valuable background information about the durable household goods and materials. Furthermore, it gives advice to help users to consume resources more sustainable.

The graphical user interface was developed in close cooperation between GWS and s.c.z. Kommunikationsdesign (Bremen). Given that the web tool should address a general public, usability and understandability were key design issues. The prototypically established web tool thus features an easy-to-follow menu structure. Scientific expertise is not required to understand the textual content. To prevent information overflow, the tool contains a selection of the 24 most common household durables and twelve raw materials (Tab. 5). Therefore, the web tool is suitable for users aged 14 and older who are interested in the topic of globally fair and sustainable use of resources.

On start-up, the web tool shows a menu bar at the top of the screen, which is visible and accessible at any time. A tab control shows additional menu entries, which may appear depending on the previously selected main menu entry (see Fig. 9).

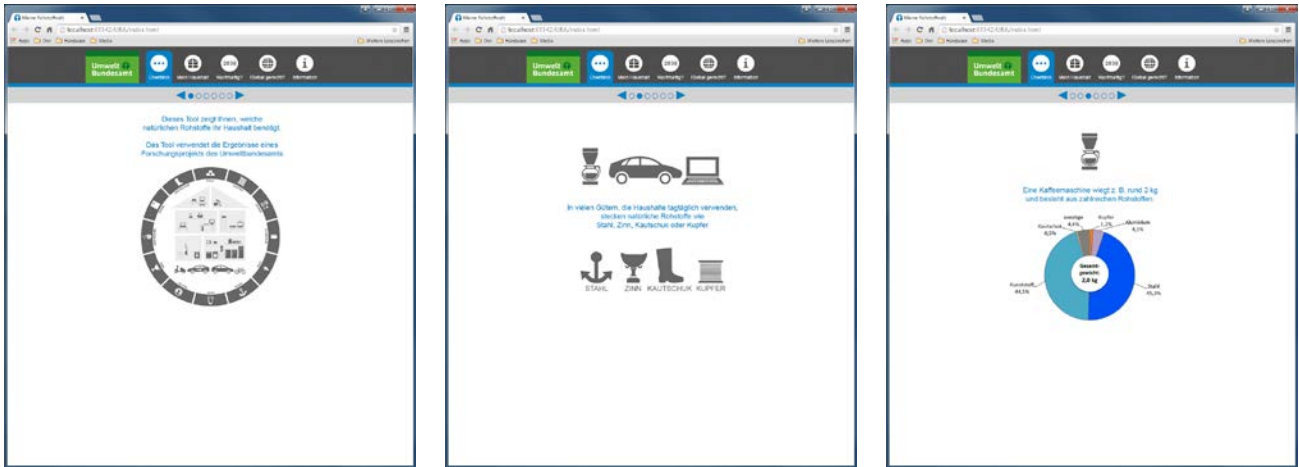
Fig. 9: Main menu structure of the web tool



Source: Own figure

The web tool does not force its users to follow a certain processing sequence. Instead, a user may activate any menu entry at any time. The web tool then recalls the content of previously activated submenu entries automatically. On first start-up, the web tool activates the main menu entry “Überblick” (“Overview”) which gives an introduction regarding the key messages and key features of the tool (see Fig. 10).

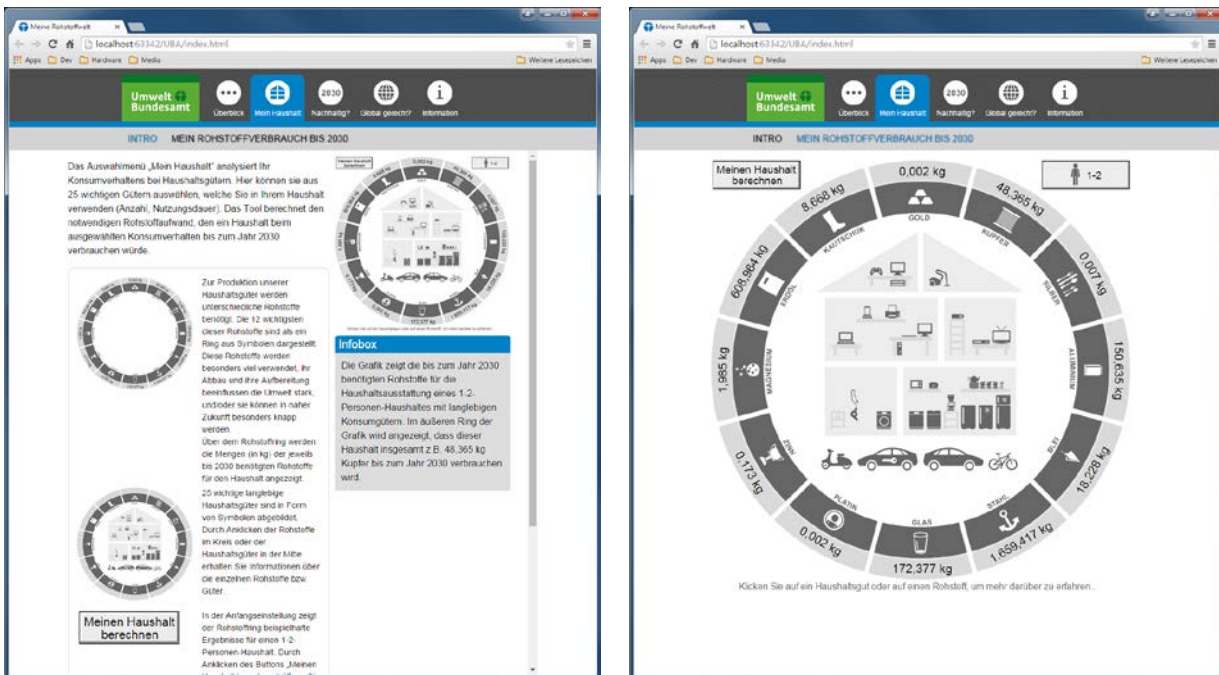
Fig. 10: Introductory pages of the web tool



Source: Own figure

The structure of the following three main menu entries “Mein Haushalt“ (“My household“), “Nachhaltig?“ (“Sustainable?“) and “Global gerecht?“ (“Globally fair?“) is identical. Each of them contains two tab sheets named „Intro“ and “Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“ (“My resource consumption until 2030“) (see Fig. 11).

Fig. 11: Tab sheets of main menu entries



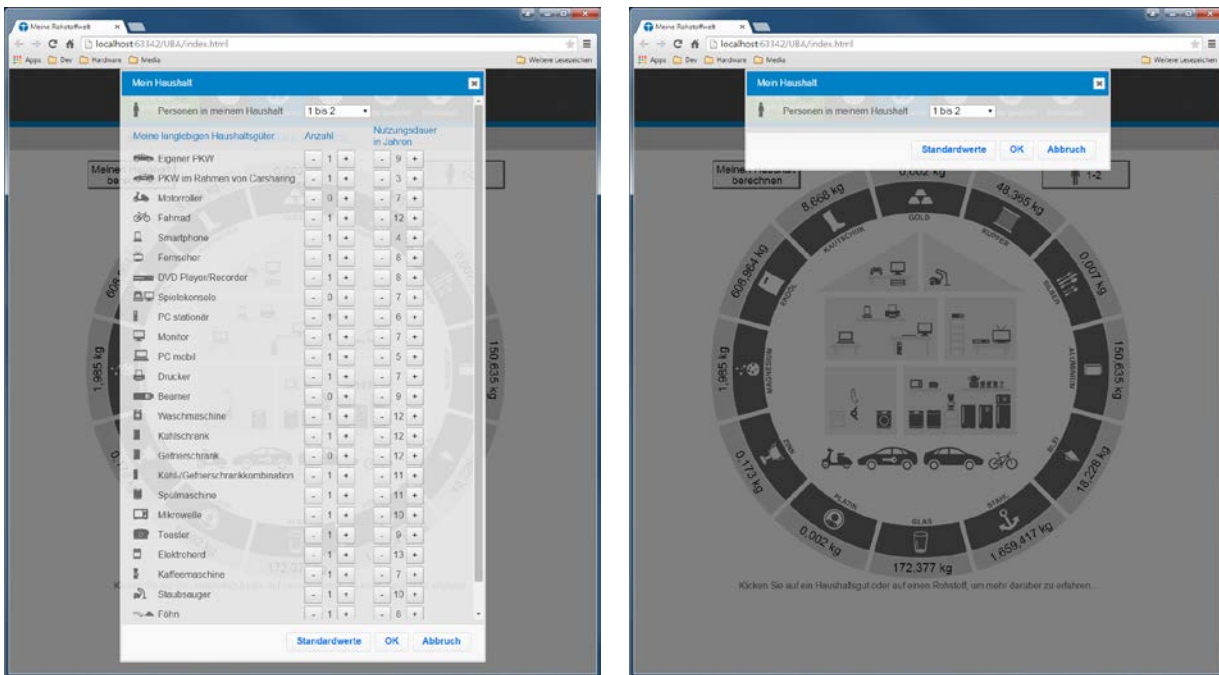
Source: Own figure

For each of these menu entries, the content of the introduction tab shows some background information and gives hints on the usage (see Fig. 11, left).

The web tool uses a circle as main control (see Fig. 11, right) showing the twelve raw materials in the outer ring and the 24 household goods inside of the ring.

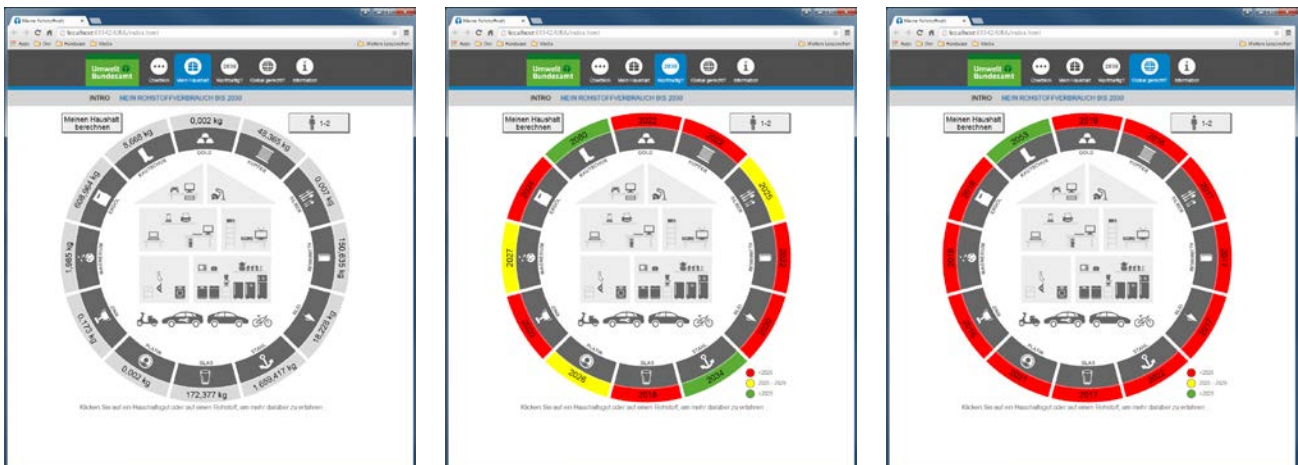
A user may adjust his or her household inventory by clicking on the button labeled “Meinen Haushalt berechnen“ (“Calculate my household“). The web tool then displays a dialog with editable controls for quantities and expected useful life for each good. Additionally, the user may adjust the number of people living in his or her household by clicking the button located at the top right of the circle (see Fig. 12).

Fig. 12: Editor for household inventory and the product specific useful lives of the consumer durables



Source: Own figure

Fig. 13: Visualization of results



Source: Own figure

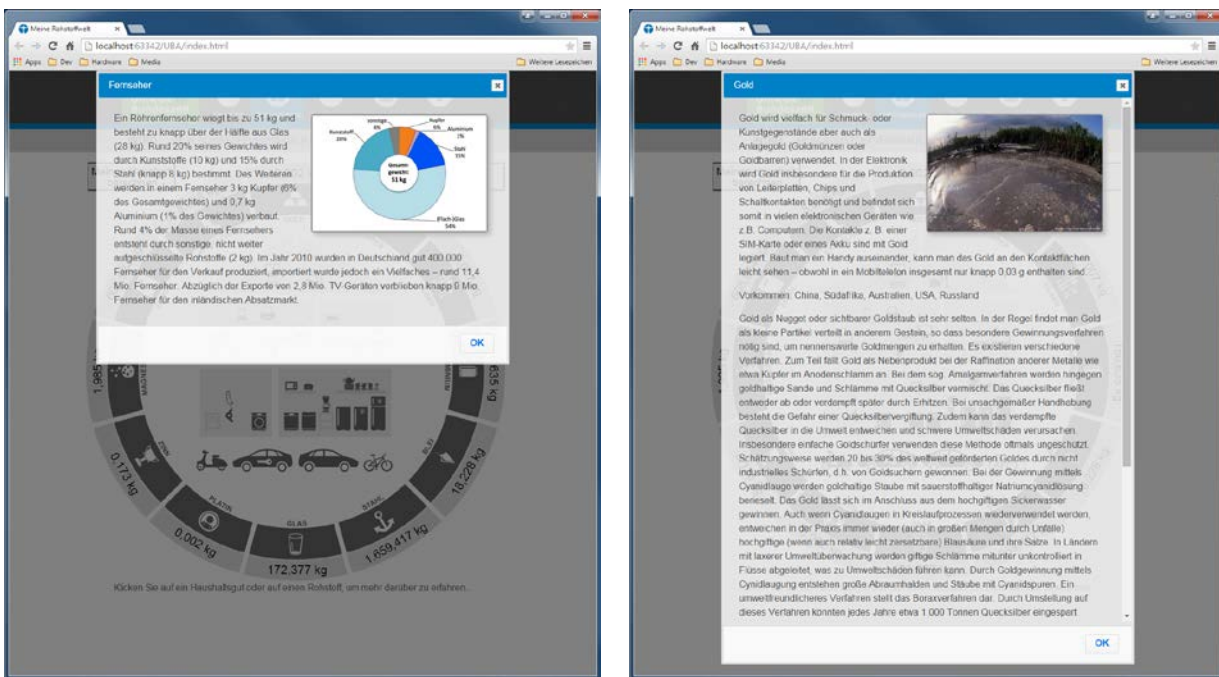
Depending on the household inventory, the web tool calculates both resource inventory and future availability of the raw materials and shows the result in the outer ring of the circle. The visualisation depends on the selected main menu entry (see Fig. 13).

If the main menu entry “My household“ is selected, the outer ring displays the amount of kilograms of each of the twelve raw materials for the given household inventory (see Fig. 13, left).

In case of the “Sustainable?“ main menu entry, calculations are based on the assumption that resource consumption patterns in 2030 are still the same as in 2000. The values shown in the outer ring describe up to which year each raw material will be available (see Fig. 13, middle). For the main menu entry “Globally fair?“ the year values describe a situation, in which resource consumption up to 2030 is not only sustainable but also globally fair (see Fig. 13, right). The visualisation uses traffic light colours red, yellow and green to easily distinguish critical from less critical raw materials.

For each household durable and each raw material, users may obtain valuable background information by clicking the respective icon (see Fig. 14).

Fig. 14: Background information about household goods and raw materials



Source: Own figure

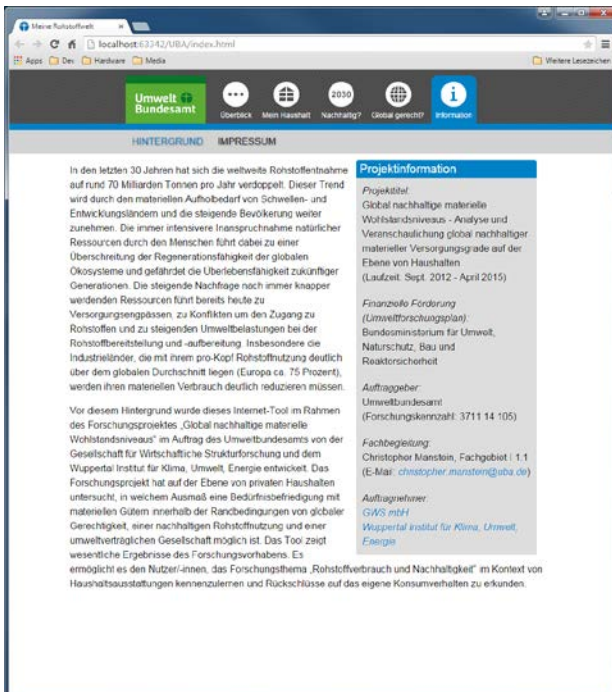
The remaining main menu entry „Information“ shows background information about the project (see Fig. 15).

The web tool has been designed to be functional with common operating systems and browsers. The software does not use any proprietary extension like Adobe Flash. To ensure the greatest possible compatibility, the building blocks are HTML5 and Javascript, which are platform independent. One exception is that browsers being older than five years may give problems due to the lack of support of required standards (e.g. SVG files). The software does not use third party libraries to avoid side effects with the existing UBA web hosting infrastructure.

Although the web tool has been designed with a focus on desktop computers, it may be used on tablet computers and smart phones as well. With small screens, usability is limited due to

the fact that the main circle containing the raw materials and household durables becomes too small to be operated effectively.

Fig. 15: Project information



Source: Own figure

Work Package 5 – outcome

In accordance with the aims of the project, a concept for material prosperity standards of a globally sustainable use of raw materials incorporated in durable household goods was developed.

It could be shown, for example, how the data base which has been established within WP1 could be extended. With respect to the procedure chosen within WP2 for exemplary focusing on selected types of households and social milieus it could be shown how this analytical framework could be further refined in the future. Also, the web tool established over the course of this research project could possibly be much more developed towards specific user groups or users in the future.

The results obtained in this pilot study can be expanded systematically in the future by further elaborating data analysis and calculation algorithms. The current version of the application only reports on the usage of 12 materials for 24 durables. On the basis of the presented approach it is in principle possible to expand this scope of reporting by further studies.

Furthermore, the web tool could be focused more tightly on specific user groups in future revisions. The groundworks of AP2 provide first starting points for the exemplary focusing on selected types of households and social milieus. For future stages of extension it would be conceivable to ask the user a few questions first, in order to subsequently provide more individual, milieu-specific contents.

Alternatively, this tool could be advanced into a didactically optimised teaching material for the education system or an analytically optimised simulation tool for applied policy consulting. In the former case, the following measures should initially be considered in particular:

- Extension of the intro by supplementary pages in order to offer an optimum overview of the tool's functionality from a scientific communication as well as a didactic perspective.
- Increased use of images within the exploratory fact sheets. The pictures to be embedded should be acquired in web-based image databases. Suitable suppliers were i.a. fotolia.com, photocase.com.
- Integration of the web tool into the national education server.
- Creation of a flyer explaining the web tool's functionality and concept.
- Presentation of the web tool at target group-specific events and fairs in Germany and abroad: This requires the creation of an appropriate powerpoint presentation and a poster.
- Contacting "classic" textbook publishers with expertise in geography and economics or sustainability (i.a. Westermann-Verlag, Friedrich-Verlag).
- Publication of a German contribution to the web tool's functionality, concept and ways of its integration into the classroom in journals usually perceived by teachers.

For further optimisation of the analytical foundations, the following measures seem worth considering:

- Refinement/extension of the selection criteria for the prioritised raw materials.
- Refinement of the product list/product-specific sub-groups.
- Extension of the web tool's reporting scope by an explicit consideration of the findings of quantitative socio-economic environment scenarios.

3 Einleitung

Die nachhaltige Nutzung von Rohstoffen ist in der jüngeren Vergangenheit zu einem vieldiskutierten Thema in Politik und Wirtschaft sowie zunehmend auch in der Öffentlichkeit geworden. Ein Auslöser dieser Diskussion sind starke Preisschwankungen auf den Rohstoffmärkten. Diese haben als Hintergrund den steigenden globalen Rohstoffverbrauch beispielsweise bei Öl, Kohle, Stahl, Kupfer und anderen Metallen.

Im Jahr 2050 werden voraussichtlich über neun Milliarden Menschen die Erde bevölkern. Prognosen zufolge wird dieser Anstieg der Weltbevölkerung zu einem Wachstum der Weltwirtschaft um durchschnittlich drei Prozent jährlich bis 2030 führen. Zusätzlich zum Bevölkerungswachstum beschleunigt der Industrialisierungsprozess der Schwellenländer die Zunahme des Rohstoffverbrauchs.

Vor diesem Hintergrund hat die EU das Ziel, die Ressourceneffizienz bis zum Jahr 2020 um 20 Prozent zu steigern. Die Bundesregierung hat hier mit ihrer Rohstoffstrategie „ProgRes“ von Anfang 2012 eine Vorreiterrolle übernommen.

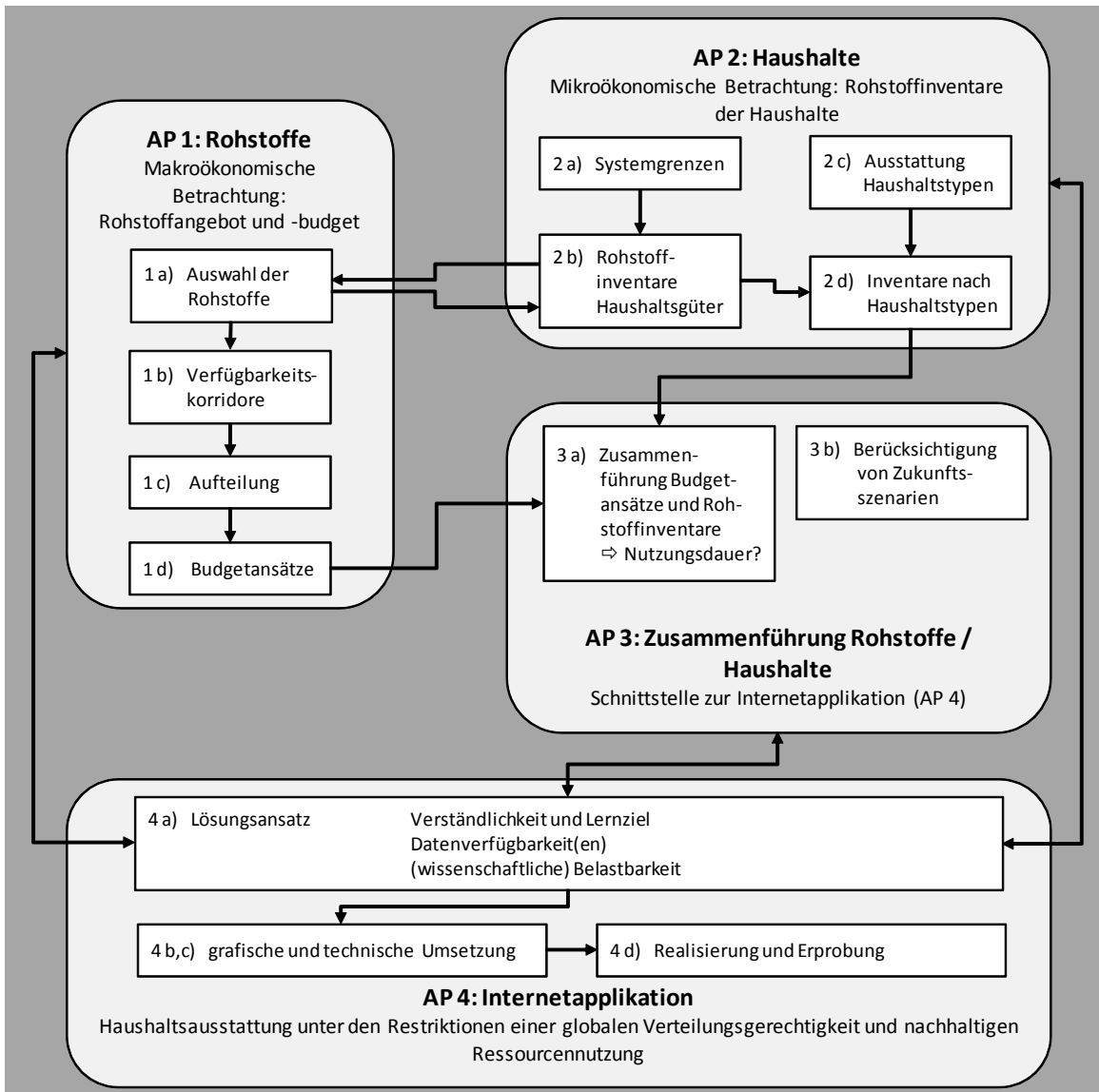
Während die Rohstoffproblematik in Politik und Wirtschaft bereits diskutiert wird, ist die Sensibilisierung der Konsumenten in Deutschland für eine an den Prinzipien der Nachhaltigkeit und globalen Gerechtigkeit orientierte Rohstoff-Inanspruchnahme, bisher eher schwach ausgeprägt. Anders als im Klimaschutz und bei Energiefragen existieren für die Ressourcen- und Rohstoffproblematik bisher auch nur erste Konzepte für eine Bewusstseinssteigerung.

Dies ist u.a. darauf zurückzuführen, dass bisher noch kein allgemein akzeptiertes Konzept zur Bestimmung global tragfähiger Haushaltsausstattungen vorliegt. Materialflussrechnungen und die hieraus ableitbaren Indikatoren sind diesbezüglich zwar grundsätzlich etabliert, ihre konkrete Anwendung zur Herleitung normativer Zielvorgaben für Haushalte wurde bislang aber nur im Ansatz konzeptualisiert (z.B. Lettenmeier et al. 2012). Da außerdem bisher keine umfassenden statistischen Informationen zur Abschätzung der durch Haushaltsausstattungen verursachten Rohstoffverbräuche zugänglich sind, sind bisher lediglich vereinzelte explorative Pilotstudien zur Abschätzung des von Haushalten verursachten globalen Materialaufwands (TMR) vorhanden (Kotakorpi et al. 2008 und Lettenmeier et al. 2012, beide Studien untersuchen finnische Haushalte). Für Deutschland liegen derartige Befunde jedoch bislang noch nicht vor.

Das Umweltbundesamt hat deshalb im Rahmen des Umweltforschungsplans die Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) und das Wuppertal Institut mit dem Projekt „Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus – Analyse und Veranschaulichung global nachhaltiger materieller Versorgungsgrade auf der Ebene von Haushalten“ beauftragt. Ziel des Projekts war es, den genannten Defiziten Rechnung zu tragen und zunächst für langlebige Haushaltsgüter Konzepte und methodische Berechnungen zu entwickeln, die den Rohstoffbedarf langlebiger Haushaltsgüter nach Haushaltstypen darstellen und die Bestimmung einer global tragfähigen Ausstattung ermöglichen. Für den Zeitraum 2010 bis 2030 wurden hierzu rohstoffspezifische Verfügungskorridore ermittelt, welche erstmals eine Abbildung der künftigen rohstoffspezifischen Nachhaltigkeitslücken typischer deutscher Haushaltsausstattungen mit den darin enthaltenen Rohstoffinventaren ermöglichen. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden in einer Internetanwendung für das Web-Angebot des UBA veranschaulicht. Durch individuelle Konfigurationen persönlicher Haushaltsausstattungen und

Variation des eigenen Konsummusters können die Nutzer des Tools die Einhaltung der Nachhaltigkeitschranken spielerisch erkunden. Damit können die Hintergründe und Kernergebnisse der Studie breiten Bevölkerungskreisen zugänglich gemacht werden.

Abb. 16: Projektstruktur und Schnittstellen zwischen Arbeitspaketen



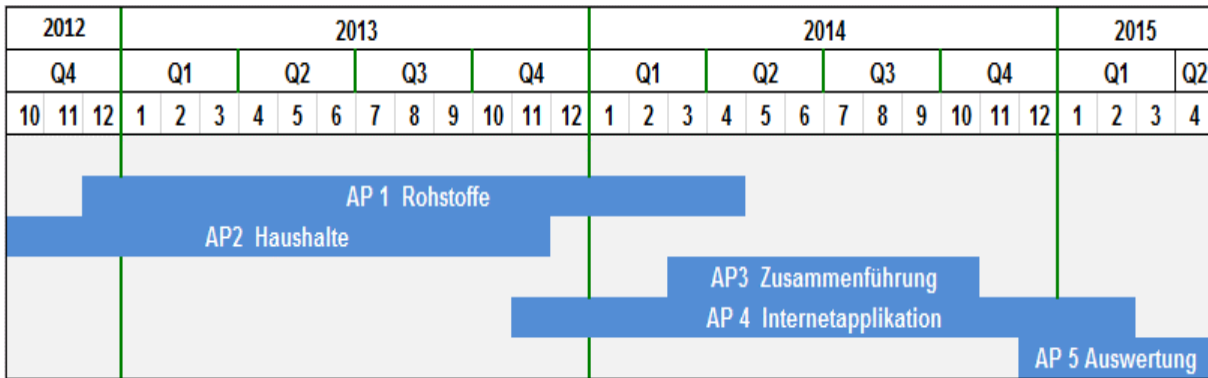
Quelle: Eigene Darstellung

Eine schematische Darstellung der vollständigen Struktur des Projekts „Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus“ kann Abb. 16 entnommen werden.

In Arbeitspaket 1 „Rohstoffe“ erfolgte die Darstellung und Ermittlung der zu betrachtenden rohstoffspezifischen Verfügbarkeits- bzw. Verfügungskorridore. Dazu wurde zunächst anhand der Kriterien „Mengenrelevanz“, „Umweltrelevanz“ und „Versorgungssicherheit“ eine prioritäre Rohstoffliste von insgesamt 18 Rohstoffen erarbeitet. Davon konnten für 16 Rohstoffe im weiteren Projektverlauf Budgetkonten und Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridore abgeleitet werden. In AP1b wurden zwei verschiedene Szenarien entwickelt, wie sich die Verfügbarkeit der ausgewählten Rohstoffe pro-Kopf bis zum Jahr 2030 entwickeln wird. In AP1c wurde diskutiert, inwieweit die um Umweltaspekte erweiterte Input-Output-Analyse für die

Ermittlung von Budgetansätzen nutzbar gemacht werden können. In AP1d wurden abschließend zwei unterschiedliche Methoden entwickelt, wie die Verfügungskorridore an Rohstoffen bis zum Jahr 2030 mit den Konsumententscheidungen der deutschen Haushalte in Verbindung gesetzt werden kann.

Abb. 17: Projektablaufplan des Forschungsprojekts



Quelle: Eigene Darstellung

Die innerhalb von AP1 berücksichtigten güterspezifischen Rohstoffinventare wurden in Arbeitspaket 2 „Haushalte“ ermittelt. Einleitend erfolgte in AP2a die Definition und Festlegung der Systemgrenzen für private Haushalte. Auf dieser Grundlage wurden dann in AP2b die Rohstoffinventare der projektrelevanten Haushaltsgüter ermittelt. Im dann folgenden AP2c wurde das mögliche Vorgehen zur Einbeziehung von sozioökonomischen Haushaltstypen geprüft. Abschließend wurden in AP2d die Rohstoffinventare nach sozioökonomischen Haushaltstypen analysiert.

In Arbeitspaket 3 wurden dann die in AP1 und AP2 ermittelten Ergebnisse zusammengeführt. In AP3a erfolgte für den Analysezeitraum 2010 bis 2030 für die in AP2 ausgewiesenen 7 sozioökonomische Haushaltstypen und ergänzend auch für 3 Haushaltsgrößenklassen eine exemplarische Einordnung ihrer Haushaltsausstattung vor dem Hintergrund der in AP1 sowohl in einem Business-as-Usual-Szenario als auch in 2 ergänzenden normativen Szenarien (Nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung oder globale Verteilungsgerechtigkeit) exemplarisch durchgeführten Verfügbarkeitsberechnungen. Außerdem wurde gezeigt, wie Konsumenten durch Änderungen der unterstellten Nutzungsdauern Einfluss auf die Ergebnisse nehmen können. Da der Begriff der Nachhaltigkeit auch immer eine Zukunftsorientierung beinhaltet wurde in AP3b abschließend diskutiert, inwiefern Erkenntnisse aus modellbasierten Szenarien zu voraussichtlichen künftigen Entwicklungen im Zuge einer künftigen Weiterentwicklung des in AP 4 entwickelten Webtools berücksichtigt werden könnten bzw. sollten.

Innerhalb von Arbeitspaket 4 „Internetapplikation“ wurde dann eine Internetapplikation entwickelt, welche den an Ressourcenfragen interessierten Nutzern eine individuelle Analyse der Haushaltsausstattung mit langlebigen Konsumgütern unter den Restriktionen einer nachhaltigen Ressourcennutzung und globalen Verteilungsgerechtigkeit ermöglicht. Nach einer einleitenden Diskussion des generell zu verfolgenden Ansatzes zur Entwicklung eines webbasierten Sensibilisierungstools, welcher im Rahmen von zwei eintägigen projektbegleitenden Expertenworkshops im Herbst 2013 und Frühjahr 2014 vorgestellt wurde, erfolgt in den sich anschließenden Unterabschnitten eine Erläuterung der zentralen Überlegungen zum Bedienkonzept, zur Funktionalität und zur thematischen Darstellungstiefe

innerhalb des entwickelten Webtools. Um den didaktischen Nutzen als auch eine gute Verbreitung des Tools in breite Bevölkerungsschichten zu ermöglichen, wurde ergänzend nicht nur das Design des Webtools mit einer intuitiven Menüstruktur ausgestattet und in Anlehnung an das Corporate Design des Umweltbundesamtes gestaltet, sondern auch der informatische Nutzen des Webtools durch präzise recherchierte redaktionellen Texte zu den projektrelevanten Rohstoffen und Gütern ausgebaut.

In Arbeitspaket 5 wurde abschließend eine Auswertung der im Zuge des Forschungsvorhabens gewonnenen Ergebnisse vorgenommen. Hierbei stand insbesondere ein Ausblick auf künftige Möglichkeiten zur Weiterentwicklung des entwickelten Webtools und seiner Verbreitung innerhalb der verschiedenen Zielgruppen.

4 Arbeitspaket 1: Rohstoffe

4.1 AP1.1. Erarbeitung einer prioritären Rohstoffliste

4.1.1 Einleitung

AP1.1 hat zum Ziel eine Auswahl an prioritären Rohstoffen vorzunehmen, zu diesem Zweck einen Vorschlag für eine Auswahlliste zu erarbeiten und diese Liste mit dem Auftraggeber abzustimmen.

Die Erarbeitung einer Auswahlliste kann dabei auf verschiedenen Wegen erfolgen. Zum einen kann als Ausgangspunkt eine Liste an umweltrelevanten Rohstoffen stehen⁶, bei der im Anschluss analysiert wird, in welchen Haushaltsgütern diese Rohstoffe in welchen Mengen verwendet werden. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass sie nicht auf vollständige Sachinventare von Konsumgütern angewiesen ist und damit ggf. rohstofforientierte Studien wie z.B. die Projektergebnisse von RePro⁷ nutzbar macht, die nur auf einzelne Rohstoffe fokussieren.

Eine andere Möglichkeit ist von den langlebigen Konsumgütern kommend zunächst zu versuchen, die Materialmengen und -zusammensetzung, die mit einer typischen Haushaltsausstattung verbunden sind, zu bestimmen und aus diesem Rohstoffinventar der privaten Haushalte eine Auswahl prioritärer Rohstoffe für den weiteren Projektverlauf zu treffen.

Beide Vorgehensweisen haben Vor- und Nachteile. Der Ausgangspunkt „Umweltrelevanz“ nimmt die Festlegung auf bestimmte Rohstoffe, vor allem Metalle, vorweg, vollkommen unabhängig, ob möglicherweise andere Rohstoffe für langlebige Konsumgüter relevanter wären. Andererseits ist dieser Ansatz nicht auf vollständige Sachinventardaten für Haushaltsgüter angewiesen, die nur in geringer Zahl und unterschiedlicher Qualität⁸ vorhanden sind.

Für dieses Projekt wurde der Ansatz gewählt, zunächst ein Rohstoffinventar ausgewählter langlebiger Konsumgüter der privaten Haushalte zu erstellen. Damit wurde ein Datengerüst erarbeitet, mit dem man unabhängig von der Auswahl an prioritären Rohstoffen die Mengen an Rohstoffen, die für den Konsum an ausgewählten langlebigen Konsumgütern notwendig sind, zumindest Ausschnittsweise abschätzen kann. Die Auswahl der Haushaltsgüter in diesem Projekt beschreibt den Konsum der privaten Haushalte nicht vollständig, deckt aber elementare Bereiche ab.

Die Definition der Systemgrenzen der privaten Haushalte, die Auswahl der Konsumgüter und die Erstellung der Rohstoffinventare erfolgt in AP2.1 und AP2.2. Diese Schritte sind teilweise

⁶ Diese könnte z. B. aus MaRes AP2.1. übernommen werden (Wittmer et al. 2011).

⁷ UFOPLAN 3711 95 318 „Abfallwirtschaftliche Produktverantwortung unter Ressourcenschutzaspekten“

⁸ Häufig ist die Dokumentation der verwendeten Ausgangsdaten, Berechnungen und Annahmen nur unzureichend vorhanden, so dass ein Nachvollziehbarkeit nicht gegeben oder selbstständigen Überprüfung der Datenqualität nicht möglich ist.

zeitlich vor AP1 angesiedelt und werden in Kapitel 3 ausführlich beschrieben. Die Recherche in AP2 ergab eine Auswahl an 26 Haushaltsgütern⁹, für die Rohstoffinventar-Daten vorlagen. Eine Erweiterung um Möbel, Papierwaren oder textile langlebigen Konsumgüter wurde im Projektverlauf auf ihre Machbarkeit überprüft aber letztlich nicht in die Abschätzung integriert. Die verwendete Liste an Haushaltsgütern umfasst einen relevanten Anteil an Gütern, die in der Mehrzahl der Haushalte anzutreffen sein dürfte. Es sind alle Haushaltsgroßgeräte (Weiße Ware) enthalten, sowie die Standardausstattung an Heimelektronik wie PC, Telefon oder Fernsehgerät sowie PKWs oder andere Güter der individuellen Mobilität. Damit wird ein großer Teil der Güter abgedeckt für die das Statistische Bundesamt Ausstattungsgrad und -bestand in den privaten Haushalten ermittelt.

Aus den vorliegenden Sachbilanzen für diese Haushaltsgüter ergibt sich eine Liste aus 77 Rohstoffen oder Materialien sowie 14 Komponenten, für die keine Aufschlüsselung nach Rohstoffgehalt vorhanden ist.

Die Haushaltsgüter und ihre spezifischen Materialintensitäten pro Gerät sind der Ausgangspunkt für die weiteren Analyseschritte, bei denen es notwendig ist, die zum Teil verarbeiteten Materialien in ihre Rohstoffe zurückzurechnen. Die Tabellen 7 bis 9 zeigen sowohl die Summe der Materialien der 26 untersuchten Haushaltsgeräte (jeweils ein Geräte pro Kategorie), als auch eine Einschätzung in wie weit eine Zuordnung zum Ausgangsrohstoff bzw. Erdölgehalt bei Kunststoffen möglich ist. Allerdings liegen nicht alle Sachbilanzen in gleicher Differenzierung vor: zum Teil wird nur allgemein „Kunststoff“ angegeben, aber keine weitere Differenzierung. Je nach gewünschter Materialeigenschaft bestehen Metalle häufig aus unterschiedlichen Legierungskombinationen, über die in den Sachbilanzen häufig keine Angaben vorhanden sind.

Während bei nicht eindeutigen Rohstoff- und Materialkategorien wie Kunststoffen durchaus eine anteilige Zurechnung erfolgen kann, sind die Angaben über das Gesamtgewicht von Komponenten wie Leiterplatten, Speicher und LCD-Displays ohne weitere Umrechnung nicht verwendbar. Diese können grundsätzlich über zusätzliche Literaturlauswertung in ihrer Rohstoffanteile weiter aufgeschlüsselt werden, sind jedoch nicht Teil der Rohstoffkriterialitätsbewertung und damit nicht Teil der weiteren Untersuchungen, die sich nur auf die Auswahl an prioritären Rohstoffe bezieht. Insgesamt sind die Mengen der nicht eindeutig zuordenbaren Komponenten zudem vergleichsweise klein, so dass die Unterschätzungen durch das Fehlen der Materialmengen aus Komponenten gering ausfallen. Einzelne Sachbilanz wie z.B. beim Haushaltsgut Waschmaschine enthalten neben verschiedenen Metallen auch Sammelkategorie wie "andere Metalle". Da keine zusätzlichen Informationen vorliegen, werden diese metallischen Rohstoffe aus Sammelkategorien in der Untersuchung der verschiedenen Relevanzkriterien nicht weiter verwendet.

Die Materialien wurden in Metalle, Kunststoffe und anderen Materialien zusammengefasst. Komponenten wurden nicht aufgelistet, da hier zunächst keine Zurechnung zu den Ausgangsrohstoffen erfolgt. Zudem wurden einige Materialfraktionen der verschiedenen

⁹ Allerdings sind in der Auswahl an Haushaltsgütern Produktvarianten enthalten (Handy/Smartphone, Röhren-TV/Flachbild-TV, Kühlschrank/Kühl- und Gefrierkombination).

Sachbilanzen weiter zusammengefasst, bei der anhand der Mengen oder anderen inhaltlichen Kriterien zu vermuten ist, dass es sich trotz unterschiedlicher Bezeichnung um identische Materialien handelt (z.B. Phenol und Phenolformaldehydharz oder Edelstahl und Ni-Cr-Fe-Legierung). Für einige Sachbilanzen erscheinen die gelisteten Materialkategorien entweder nicht plausibel¹⁰ oder zumindest in ihren Mengenangaben fraglich¹¹.

Tab. 7: Zuordnung zu Ausgangsrohstoffen der Metalle

Metalle	Gesamtgewicht aller 26 Haushaltsgüter unterteilt nach Rohstoff- und Materialkategorien in kg	Zuordnung zu Ausgangsrohstoff	Kommentar
Stahl, niedrig legiert	794,49287	unter Annahmen möglich	Legierungsmaterial und –anteil unbekannt
Stahl, undefiniert	125,80810	unter Annahmen möglich	Kann Legierungsmetalle enthalten
Aluminium	100,22065	möglich	
Kupfer	31,84803	unter Annahmen möglich	Kann Legierungsmetalle enthalten
Edelstahl	28,80753	unter Annahmen möglich	Legierungsmaterial und –anteil unbekannt
Stahl, galvanisiert	28,02210	unter Annahmen möglich	Legierungsmaterial und –anteil unbekannt
Eisenmetalle	16,71415	unter Annahmen möglich	
Blei	10,42838	möglich	
Andere Metalle	1,88900	Nicht möglich	
Magnesium	0,83380	möglich	
Zink	0,43671	möglich	
Chrom	0,22957	möglich	
Silber	0,10554	unter Annahmen möglich	Edelmetalle werden als reines Metall verwendet
Nickel	0,10000	möglich	

¹⁰ Die Sachbilanz der Waschmaschine enthält als Materialkategorie rund 2 kg Holz. Für eine Transportpalette sind 2 kg Holz jedoch zu wenig, so dass die Vermutung nahe liegt, in der vorliegenden Sachbilanz ein Einbauschränk oder eine Fronttür aus Holz bilanziert ist. Holz wurde daher nicht mit in die Untersuchung aufgenommen, da Einbau-Waschmaschinen eher ungewöhnlich sind. Zusätzlich sind pro Waschmaschine fast 15 kg Eisen-III-Oxid enthalten, für die ebenfalls keine sinnvolle Erklärung zu finden ist.

¹¹ Sowohl in der Sachbilanz der Waschmaschine als auch für Spülmaschinen und Laptops gibt es hohe Mengenangaben für Metalle, die üblicherweise als Legierungsmetalle verwendet werden (Chrom, Magnesium, Nickel). Die Vermutung ist, dass in diesen Sachbilanzen eine Doppelzählung vorliegt und die Legierungsmetalle zusätzlich Bestandteil der angegebenen Aluminium- bzw. Stahlmengen sind. Hier wären weitere Untersuchungen notwendig. Bei Verdacht von Doppelzählung wurden die Einzelpositionen der Legierungsmetalle zunächst nicht mit gezählt.

Metalle	Gesamtgewicht aller 26 Haushaltsgüter unterteilt nach Rohstoff- und Materialkategorien in kg	Zuordnung zu Ausgangsrohstoff	Kommentar
Messing	0,06800	unter Annahmen möglich	Es wird eine typische Kombination Cu/Zn verwendet (63%/37%)
Zinn	0,04470	möglich	
Gold	0,01170	unter Annahmen möglich	Edelmetalle werden als reines Metall verwendet
Lote	0,00475	unter Annahmen möglich	Es wird ein bleifreies Lotmaterial unterstellt mit einem 97% Anteil an Zinn, sowie 3% Kupfer
Kobalt	0,00110	möglich	
Platin	0,00073	möglich	
Wolfram	0,00058	möglich	
Palladium	0,00033	möglich	
Rhodium	0,00020	möglich	
Neodym	0,00005	möglich	
Praseodym	0,00001	möglich	

Eigene Zusammenstellung, Die Mengenangabe bezieht sich auf eine Addition der verschiedenen Rohstoffkategorien der jeweiligen Sachbilanzen der 26 Haushaltsgüter. Für die Erfassung der gesamten Rohstoffmengen über den jährlichen Absatz der 26 Konsumgüter siehe Tabelle 11.

Nicht für alle Kunststoffsorten gibt es hinreichend gute Daten für die jährlichen weltweiten Produktionsmengen. Zudem lässt vor allem der notwendige Bedarf an Erdöl den Verbrauch inputseitig problematisch erscheinen. Daher erfolgte die Umrechnung auf die notwendige Menge Erdöl¹² als einem der wichtigsten Grundstoffe. Der Erdölgehalt je Kunststoffsorte wurde den Eco-Profilen des europäischen Verbandes der Kunststoffherzeuger (<http://www.plasticseurope.de/>) entnommen. Für die Kunststoffe, für die keine Eco-Profile vorliegen, wurde die Umrechnung mittels des Median der vorhandenen Erdölgehalte der vorhandenen Daten vorgenommen.

¹² Kunststoffe werden auch aus anderen fossilen Rohstoffen hergestellt (z.B. Erdgas). Für dieses Pilotprojekt wurde vereinfacht unterstellt, dass nur Erdöl als fossiler Grundstoff verwendet wird.

Tab. 8: Zuordnung zu Ausgangsrohstoffen der Kunststoffe

Kunststoffe	Gesamtgewicht aller 26 Haushaltsgüter unterteilt nach Rohstoff- und Materialkategorien in kg	Zuordnung zu Ausgangsrohstoff Erdöl	Kommentar
Polypropylen (PP)	140,394	möglich	
Polyethylen (PE)	55,117	unter Annahmen möglich	Es wurde der Erdölgehalt für LDPE verwendet
Polystyrol (mono) (PS)	42,532	unter Annahmen möglich	Es wurde der Erdölgehalt für GPPS verwendet
Prozesspolymere (z.B. Farben und Lacke)	36,428	nicht ohne weiteres möglich	
Kunststoffe (insgesamt oder andere)	32,011	nicht ohne weiteres möglich	
Polyurethan (PUR)	30,133	unter Annahmen möglich	Es wurde der Erdölgehalt für PUR, flexibler Schaum verwendet
Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymerisat (ABS)	18,950	möglich	
Polyvinylchlorid (PVC)	12,274	unter Annahmen möglich	Es wird PVC-Hart angenommen, ohne Zugabe von Weichmacher
Polyamide (PA) (allg.)	7,365	unter Annahmen möglich	Es wurde der Kunststoff PA 6 angenommen
Gummi, synth.	6,281	nicht ohne weiteres möglich	
Polyethylenterephthalat (PET)	4,000	möglich	
High Impact Polystyrene (HIPS)	2,335	möglich	
Epoxid	1,205	möglich	Es wurde Epoxidharz, flüssig angenommen
Polycarbonat (PC)	1,182	möglich	
Glasfaser verstärkter Kunststoff (GfK)	0,521	nicht ohne weiteres möglich	
Polyesterharz (UP)	0,305	nicht ohne weiteres möglich	Keine Eco-Profil-Daten bei Plastics Europe vorhanden
Silikone	0,300	nicht ohne weiteres möglich	Keine Eco-Profil-Daten bei Plastics Europe vorhanden
Polymethylmethacrylat (PMMA) oder Kunstharz	0,138	möglich	
Polyoxymethylen (POM)	0,027	möglich	
Styrol-Acrylnitril (SAN)	0,023	möglich	
Thermoplastische Elastomere (TPE)	0,001	nicht ohne weiteres möglich	Keine Eco-Profil-Daten bei Plastics Europe vorhanden

Eigene Zusammenstellung, Die Mengenangabe bezieht sich auf eine Addition der verschiedenen Rohstoffkategorien der jeweiligen Sachbilanzen der 26 Haushaltsgüter. Die Erfassung der gesamten Rohstoffmengen über den jährlichen Absatz der 26 Konsumgüter siehe Tabelle 5.

Die sonstigen Materialien werden vor allem von Glas und der Kategorie „Sonstiges“ bestimmt. Der hohe Wert für Glas ergibt sich aus dem Gewichtsanteil von Bildschirmen (TV, Monitore,

CRT wie auch LCD) sowie aus den Scheiben eines PKWs. Das Beispiel des Fernsehgerätes zeigt zudem exemplarisch die Schwierigkeiten der rohstofflichen Darstellung des Konsumniveaus der privaten Haushalte aufgrund der dynamischen technologischen Veränderung: Für die Abschätzung der Haushaltsrelevanz des Materials Glas ist es entscheidend, ob man Röhren-TVs oder Flachbild-TVs unterstellt. Röhren-TV-Geräte spielen für die aktuellen Konsumaktivitäten der privaten Haushalte keine Rolle mehr. Selbst im Bestand der privaten Haushalte werden laut Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien (BITKOM) schon in wenigen Jahren keine Röhren-TVs mehr vorhanden sein. Ende 2011 waren in 78% der deutschen Haushalte Flach-TVs vorhanden (BITKOM 2012). Waren in 2002 erst rund 5% der verkauften TV-Geräte Flachbild-TVs, sind es heute nahezu 100% (9,5 Mio. in 2011 (BITKOM, 2012)). Da die Glasqualität von CRT-Bildschirmen sich stark von LCD-Bildschirmen und Bildschirme allgemein stark von Flachglas unterscheidet, werden die Materialkategorie Glas in drei Unterkategorien (CRT-, LCD-, Flachglas) unterteilt. Allerdings liegen keine weltweiten Produktionszahlen für Bildschirmglas sondern lediglich von Flachglas vor.

Tab. 9: Zuordnung zu Ausgangsrohstoffen der sonstigen Materialien

Sonstige Materialien	Gesamtgewicht aller 26 Haushaltsgüter unterteilt nach Rohstoff- und Materialkategorien in kg	Zuordnung zu Ausgangsrohstoff	Kommentar
Glas	57,7507	Möglich	Allerdings wird keine Umrechnung auf Quarzsand etc. vorgenommen
Kathodenglas	55,8170	Möglich	Allerdings wird keine Umrechnung auf Quarzsand etc. vorgenommen
Sonstiges	44,3346	nicht möglich	
Benzin	23,0000	Möglich	Ergibt sich aus der Tankfüllung in PKW
Gefrierschutzmittel	12,5000	Möglich	
Keramik	12,2000	Möglich	Weltproduktion bezieht sich auf die Summe verschiedener Tonminerale die von USGS berichtet werden, für die Umweltrelevanz liegen nur Daten für Sanitärkeramik vor.
Bitumen	9,5000	Möglich	
Kalk	4,9110	Möglich	Es wird ungebrannter Kalkstein als Zuschlagsstoff verwendet
(Getriebe-)Öl	3,2462	möglich	
Zement	2,0650	nicht möglich	
LCD-Glas	1,0186	möglich	Allerdings wird keine Umrechnung auf Quarzsand etc. vorgenommen
Phenol Formaldehyd Harz	0,5924	möglich	
Isobutan	0,1080	möglich	
Baumwolle	0,1000	möglich	
Glimmer	0,0600	möglich	
Mineralfaserplatte	0,0099	möglich	
Phosphor	0,0002	nicht ohne weiteres möglich	

Eigene Zusammenstellung, Die Mengenangabe bezieht sich auf eine Addition der verschiedenen Rohstoffkategorien der jeweiligen Sachbilanzen der 26 Haushaltsgüter. Die Erfassung der gesamten Rohstoffmengen über den jährlichen Absatz der 26 Konsumgüter siehe Tabelle 11.

4.1.2 Mengenrelevanz der Materialauswahl

Um die mengenmäßige Relevanz der in den ausgewählten Haushaltsgütern gebundenen Rohstoffe und Materialien abzuschätzen, muss ein entsprechender Indikator als Vergleichsmaßstab gewählt werden. Denkbar wären sowohl der Anteil am Gesamtverbrauch dieser Rohstoffe in Deutschland, als auch der Anteil an der globalen Produktionsmenge dieser Rohstoffe. Da der Fokus des Projektes auf globale nachhaltige Wohlstandsniveaus ausgerichtet ist, scheinen die globale Produktionsmenge der Rohstoffe und der Anteil, den die privaten Haushalte in Deutschland über ihren jährlichen Konsum an langlebigen Haushaltsgütern

beanspruchen, auch mit Blick auf die im Projekt zu entwickelnden globalen Budgetansätze, der geeignete Bezugsrahmen. Zudem ist die Datensituation der globalen Produktionsmenge an Rohstoffen häufig besser als die Angaben über den Verbrauch dieser Rohstoffe in Deutschland. Die sogenannte „Sichtbare Verbrauch“¹³ ist für viele Rohstoffe und Materialien nur sehr unzureichend zu ermitteln.

Für die Berechnung des Anteils des Konsums der deutschen Haushalte an den globalen Produktionsmengen, benötigt man zum einen die globalen Produktionsdaten, die für etliche mineralische Rohstoffe in einer Vielzahl öffentlicher Statistiken und Studien publiziert sind (USGS, BGS, DERA). Schwieriger ist hingegen die Verbrauchsmenge an Rohstoffen der privaten Haushalte in Deutschland zu ermitteln. Anhand der Kombination der vorliegenden Rohstoffinventare mit jährlichen Absatzzahlen dieser Haushaltsgeräte in Deutschland ist eine grobe Abschätzung möglich, wenngleich diese Methode nicht ohne Ungenauigkeiten anwendbar ist und nur den Rohstoffverbrauch abbildet, der mit dieser Auswahl an Haushaltsgeräte verbunden ist.

Um die Absatzmengen an Haushaltsgütern in Deutschland ermitteln zu können, kann zum Teil auf Daten von Wirtschaftsverbänden wie der BITKOM zurückgegriffen werden, die für eine Reihe von Informations- und Kommunikationsgeräte entsprechende Daten erhebt und u.a. per Pressemitteilungen veröffentlicht. Die Verbandsdaten decken allerdings nicht die komplette Liste der untersuchten Haushaltsgüter ab. Deshalb wurde der Absatz an Haushaltsgütern über die Vierteljährliche Produktionserhebung und die Außenhandelsstatistik für Deutschland für die Jahre 2009 und 2010 abgeschätzt. Die inländische Produktionsstatistik weist in ihrem Güterverzeichnis der Produktionsstatistik (GP2009) über 5000 neunstellige Güterarten auf, die sich wiederum an der europäischen Produktklassifikation PRODCOM orientiert. Über die Außenhandelsstatistik liegen zudem über 4000 Positionen des sogenannten Warenverzeichnisses vor (achtstellige Daten). Beide statistische Systeme können über die Kombinierte Nomenklatur (KN) miteinander in Verbindung gesetzt werden. Der Großteil der untersuchten Produkte kann auf dieser sehr disaggregierten Ebene erfasst und identifiziert werden. Zum Teil müssen aber verschiedene Güterschlüssel zusammengefasst werden, während bei anderen Gütern eine weitere Differenzierung für unsere Zwecke hilfreich wäre. So wird z.B. weder in der CP2009 noch der Außenhandelsstatistik zwischen klassischen Mobiltelefonen und sogenannten Smartphones differenziert, dafür z.B. das Produkt „Elektrischer Herd“ nach sechs verschiedenen Kategorien. Auch eine klare Unterscheidung zwischen PC, Notebooks oder anderen computerähnlichen Geräten (Tablet, Netbook) ist anhand der Produktionsstatistik nicht möglich. Neben der fehlenden Differenzierung weist die Produktionsstatistik zudem in Teilbereichen Lücken auf, die nicht ohne weiteres erklärt werden können.¹⁴

Über die einfache Gleichung „inländische Produktion + Importe – Exporte = Verbrauch in Deutschland“ kann so die Stückmenge an jährlich abgesetzten Haushaltsgütern in Deutschland ermittelt werden. Dabei wird eine mögliche Lagerhaltung von Gütern vernachlässigt und

¹³ Sichtbare Verbrauch = Produktion + Import - Exporte

¹⁴ So liegen für 2009 für mache Güterschlüssel Daten vor, die in 2010 ohne Einträge sind. Zum Teil kann dies an einer Anpassung an die jährlich überarbeitete PRODCOM liegen.

angenommen, dass alle produzierten und importierten Geräte auch verkauft werden. Methodisch schwierig zu lösen ist der Umstand, dass für einige Haushaltsgüter zwar abgeschätzt werden kann, wie viele in Deutschland abgesetzt werden, nicht aber, ob diese von den privaten Haushalten gekauft oder gewerblich genutzt werden (z.B. Kaffeemaschinen, Kühlschränke, Mobiltelefone). Bisher wurden nur wenige Daten gefunden, die Rückschlüsse auf den realen Anteil der privaten Haushalte an den abgesetzten Mengen zuließen. Dies betrifft PC und Notebooks. Für alle restlichen Haushaltsgeräte wurde die gesamte abgesetzte Menge an Gütern dem Verbrauch der privaten Haushalte zugerechnet, selbst wenn diese möglicherweise z.B. in Kaffeeküchen am Arbeitsplatz zum Einsatz kommen.¹⁵

Tab. 10: Absatzmenge an langlebigen Haushaltsgütern ermittelt über die Produktions- und Außenhandelsstatistik in Stückzahlen

In Stück	Menge der zum Absatz bestimmten Produktion*		Importe		Exporte		Menge der zum Absatz bestimmten Produktion + Netto-Importe	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Staubsauger	2.784.226	3.114.826	10.929.192	11.998.548	7.412.062	8.181.327	6.301.356	6.932.047
Waschmaschine	2.574.867	2.419.348	2.627.267	2.977.383	2.385.050	2.147.169	2.817.084	3.249.562
Kühlschrank	439.193	474.338	1.360.407	1.652.894	816.380	969.800	983.220	1.157.432
Gefrierschrank	0	0	913.045	1.165.053	631.516	608.529	281.529	556.524
Kühl- und Gefrierschrankkombination	0	0	1.316.636	1.526.911	614.217	694.573	702.419	832.338
Spülmaschine	2.804.282	3.023.716	1.337.335	1.579.403	2.210.618	2.333.176	1.930.999	2.269.943
Elektroherd	2.259.982	2.354.820	1.365.064	1.479.005	1.719.554	1.778.230	1.905.492	2.055.595
Kaffeemaschine	1.474.297	1.061.508	9.045.533	12.013.512	3.642.797	4.248.324	6.877.033	8.826.696
Toaster	0	0	5.231.210	5.651.384	1.308.817	1.474.500	3.922.393	4.176.884
Mikrowelle	0	0	2.372.781	2.825.122	975.030	1.064.819	1.397.751	1.760.303
Speiseservice	42.292	42.747	56.335	63.440	23.208	29.540	75.419	76.647
PKW	4.802.882	5.408.512	2.387.495	1.910.505	3.609.212	4.430.462	3.581.165	2.888.555
Motorroller	0	0	420.712	310.198	173.622	130.050	247.090	180.148
Fahrrad	1.322.160	1.290.162	2.847.635	2.885.261	1.106.226	1.090.188	3.063.569	3.085.235

¹⁵ Für einzelne Haushaltsgeräte dürfte diese Überschätzung des Anteils der privaten Haushalte ohne große Relevanz sein (z.B. Waschmaschinen oder TV-Geräte), bei anderen Gütern kann die Überschätzung des Anteils der privaten Haushalte enorm sein (Drucker, PKWs, Beamer). Hier sind weitere Recherchen notwendig.

	Menge der zum Absatz bestimmten Produktion*		Importe		Exporte		Menge der zum Absatz bestimmten Produktion + Netto-Importe	
Mobiltelefon	618.872	579.902	38.403.916	59.191.550	13.976.630	34.039.044	25.046.158	25.732.408
Smartphone							k.A.	k.A.
Monitor	48.520	35.918	12.360.153	13.328.020	3.128.381	3.542.540	9.280.292	9.821.398
TV	401.526	415.947	10.311.912	11.357.282	2.704.627	2.806.422	8.008.811	8.966.807
DVD player / recorder	26.886	28.043	10.120.424	7.701.859	2.081.957	1.763.705	8.065.353	5.966.197
Drucker	32.794	37.532	5.690.344	7.675.525	3.722.615	5.428.373	2.000.523	2.284.684
Beamer	0	0	210.221	374.304	72.514	86.702	137.707	287.602
Laptop	6.070.286	6.070.286	13.907.764	16.170.992	7.595.942	7.525.164	12.382.108	14.716.114
PC - Desktop	250.674	405.987	2.165.933	2.786.524	1.843.731	1.994.472	572.876	1.198.039
Spiele-Konsole							k.A.	k.A.
Föhn	0	0	10.451.483	12.125.219	4.072.522	4.245.618	6.378.961	7.879.601

Quelle: Aus- und Einfuhr (Außenhandel): Deutschland, Jahre, Warenverzeichnis (6-/8-Steller), Produktionswert, -menge, -gewicht und Unternehmen der Vierteljährlichen Produktionserhebung: Deutschland, Jahre, Güterverzeichnis (9-Steller).
Erläuternde Anmerkung: Service wird in der Statistik nur in Tonnen angegeben, nicht in Stückzahlen.

* Im Fall von tragbaren Computern waren nur Produktionsdaten für 2009, nicht aber für 2010 vorhanden. Es ist jedoch nicht plausibel, dass in 2009 tragbare PC in Deutschland noch produziert worden sind, im folgenden Jahr allerdings nicht, wenn im Jahr 2011 wiederum monetäre Produktionswerte für tragbare PC ausgewiesen werden. In diesem Fall, bei dem die Produktionsstatistik ungeklärte Lücken aufweist, wurden in beiden Jahren die gleichen Produktionszahlen verwendet.

Über zusätzliche Daten der BITKOM konnte für einzelne Güter eine Verbesserung oder weitere Differenzierung der Daten vorgenommen werden, obwohl diese Angaben nicht immer für das Jahr 2010 zu finden waren. Dennoch wurden die Daten, die nur für 2011 vorhanden waren, als Ansatzpunkt verwendet. Im Einzelnen wurden folgenden Daten modifiziert:

- Im Jahr 2010 wurden laut BITKOM 9,093 Mio. Flach-TVs in Deutschland verkauft. Diese Zahl wurde anstelle der 8,967 Mio. TV-Geräte, die sich aus der Produktions- und Außenhandelsstatistik ergibt, verwendet.
- Im Jahr 2010 wurden laut BITKOM 4,039 Mio. Spielkonsolen verkauft.
- Die Absatzzahl von Desktop-PC wird von der BITKOM als deutlich höher angegeben: 4,3 Mio. Desktop-PCs in 2010, davon 60% für den Privatverbraucher.
- Für tragbare PCs (inklusive Tablets etc.) berichtet die BITKOM von Absatzzahlen im Bereich von 9,5 Mio. Stück in 2010, davon 2,5 Mio. Netbooks und Tablets, der Rest (rund 7 Mio.) sind Notebooks, von denen wiederum rund 4 Mio. von den privaten Haushalten erworben wurden. Die Gesamtsumme aus Desktop-PC und tragbaren Computern ist als mit 13,8 Mio. Stück geringer als die Absatzzahl in der obigen Tabelle.

- In 2010 wurden laut BITKOM in Deutschland rund 26,7 Mio. Handys verkauft, davon 10,4 Mio. Smartphones.

Für einige der Haushaltsgroßgeräte konnte über stichprobenhafte Recherchen überprüft und bestätigt werden, dass die Dimension der Absatzzahlen, geschätzt über die Produktionsstatistik plus der Nettoimporte, mit anderen Absatzzahlen oder Abschätzungen übereinstimmen.

Für Edelmetalle, die für Schmuck oder Besteck eingesetzt wurden, musste auf zusätzliche Quellen zurückgegriffen werden. Laut DERA (2012) wurden in 2011 in Deutschland 40t Gold eingesetzt, davon etwa 40% (oder 16t) in der Schmuckindustrie. Laut VM Group (2011, 2010) wurde 2010 in Deutschland 397,8 t Silber für Schmuck und Silberwaren, sowie 14,7 t Gold im Bereich der Schmuckindustrie eingesetzt. Allerdings ist unklar, wie hoch jeweils der Recyclinganteil ist.

Aus den geschätzten Absatzzahlen der ausgewählten Haushaltsgeräte und deren Rohstoffinventaren konnte so der damit verbunden Ressourcenbedarf der privaten Haushalte abgeschätzt werden (Tab. 11). Für PC-Monitore liegt nur eine Sachbilanz für einen Kathoden-Monitor vor, der im Jahr 2010 im Absatz und der Produktion aber keine Relevanz mehr hat. Die Sachbilanz eines 40" LCD-Fernsehgerätes wäre dagegen für die Strukturmaterialien des Bildschirms (Glas und PS, vermutlich HIPS) zu hoch. Daher wurde diese beiden Werte des 40" LCD-Fernsehgerätes über das Flächenverhältnis 5,5:1 auf PC-Monitore der Größe 17" herunter skaliert. Für die restlichen Materialien und Rohstoffe, für z.B. elektronischen Bauteile, ist die Annahme plausibel, dass der Unterschied gering ist zwischen einem 40" LCD Fernseher und einem 17" LCD Monitor.

Tab. 11: Bedarf an Rohstoffen über den sichtbaren Konsum ausgewählter langlebiger Haushaltsgüter sowie Schmuckwaren in Tonnen in 2010

Metalle		Kunststoffe		Sonstige Materialien	
Stahl, niedrig legiert	2.167.080,3	PP (Polypropylen)	384.529,1	Sonstiges	180.712,5
Aluminium	246.291,2	PE (Polyethylen)	118.593,8	Glas	146.844,1
Stahl, undefiniert	194.970,0	PUR (Polyurethan)	107.609,7	Benzin	66.436,8
Eisen	119.615,2	Prozesspolymere (z.B. Farben und Lacke)	104.065,1	Bitumen	21.564,5
Stahl, galvanisiert	97.795,7	Kunststoffe (nicht spezifiziert)	100.234,8	Kalk	15.958,6
Edelstahl	74.833,6	ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymerisat)	76.333,2	Naturkautschuk	11.805,0
Kupfer	65.533,7	PS (Polystyrol)	48.816,5	LCD-Glas	8.993,4
Blei	26.258,1	PA (Polyamide)	20.062,2	Zement	6.710,3
Andere Metalle	6.138,4	HIPS	14.707,4	Baumwolle	3.127,1
Magnesium	4.709,2	Gummi, synth.	12.106,9	Phenol	2.272,1

Metalle		Kunststoffe		Sonstige Materialien	
				Formaldehyd Harz	
Messing	741,4	PET	11.554,2	Keramik	935,1
Zink	573,7	PC (Polycarbonat)	9.807,0	Glimmer	250,6
Silber	409,0	PVC	8.070,8	Phosphor	2,5
Chrom	286,9	PMMA oder Kunstharz	4.716,2		
Zinn	204,3	Epoxid	4.448,4		
Nickel	99,3	Glasfaser verstärkter Kunststoff (GfK)	2.738,9		
Kobalt	49,4	UP (Polyesterharz)	616,7		
Gold	18,2	Silikone	598,5		
Lote	17,1	SAN	136,3		
Wolfram	9,5	POM (Polyoxy-methylen)	89,0		
Platin	2,9	TPE (Thermoplastische Elastomere)	17,4		
Palladium	1,0	Pulverbeschichtung	0,6		
Rhodium	0,6				
Neodym	0,5				
Praseodym	0,1			Komponenten	70.306,6

Quelle: eigene Zusammenstellung

Um die Relevanz dieser Mengen einschätzen zu können, werden diese mit den jährlichen globalen Produktionsmengen verglichen (Tab. 12). Alle Kunststoffe wurden auf Rohöl zurückgerechnet und addiert.¹⁶ Ebenso der Wert für Benzin, der als erstmaliger Betriebsstoff Teil der PKW-Sachbilanzen ist und mit einem Umrechnungsfaktor von 0,165 kg Benzin/1 kg Rohöl ebenfalls in Rohöl umgerechnet wurde. Bei dem Vergleich mit den jeweiligen globalen Produktionsdaten werden keine Unterscheidungen zwischen Sekundär- und Primärmaterialien getroffen. Mit anderen Worten: der Verbrauch an Rohstoffen durch den Konsum der privaten Haushalte in Deutschland wird zunächst nur mit der globalen Produktionsmenge an

¹⁶ Dabei bleibt unberücksichtigt, dass Erdgas und Kohle ebenfalls eine wichtige Rolle als Ausgangsrohstoff in der Kunststoffherstellung spielt.

Primärmaterialien verglichen, obwohl in den untersuchten Haushaltsgeräten auch Sekundärmaterial enthalten ist. Der konkrete Anteil an Sekundärmaterial ist jedoch abhängig vom jeweiligen Produkt und vom Produktionsstandort und wird daher bei der Analyse der Mengenrelevanz nicht berücksichtigt. Allerdings wird bei der Untersuchung der Umweltrelevanz verschiedener Metalle über die Auswahl der entsprechenden EcoInvent-Daten ein typischer Anteil an Sekundärrohstoffen eingerechnet (siehe nächstes Kapitel). Bei sonstigen Materialien wurde der Verbrauch von Glas mangels besserer Daten mit der weltweiten Produktionsmenge von Flachglas ins Verhältnis gesetzt. Größere Mengen an Materialien, für die keine vergleichbaren weltweiten Produktionsmengen zu finden waren, sind die Positionen Farben & Lacke, die vor allem in der Automobilindustrie zum Einsatz kommen. In der größten Position der sonstigen Materialien, sind u.a. Gefrierschutzmittel oder Getriebeöl, für die ebenfalls keine weltweiten Produktionsmengen bekannt sind. Alle anderen sonstigen Materialien wie Phenoplast, die nicht ohne weiteres mit einer weltweiten Produktionsmenge in Verbindung gebracht werden können, sind mengenmäßige von geringer Relevanz, die sich auch im Verhältnis zur Weltproduktion widerspiegeln dürfte.

Tabelle 12 zeigt den aggregierten Rohstoffbedarf für die in Deutschland abgesetzte Menge an ausgewählten Haushaltsgütern, sortiert nach dem Anteil dieser Menge an der weltweiten Produktionsmenge. Die 15 Rohstoffe und Materialien mit den höchsten Anteilen an der Weltproduktion sind farblich gekennzeichnet und reichen von 2,77% für Rhodium bis 0,03% für Erdöl. Allerdings ist zu beachten, dass der Gesamtbedarf Deutschlands an der weltweiten Produktion höher ist, da hier nur eine Auswahl an Haushaltsgütern untersucht wird oder an dieser Stelle auch kein Rohstoffbedarf für die Nutzung dieser Haushaltsgüter mit untersucht wurden. Verglichen mit dem Anteil Deutschlands an der Weltbevölkerung von 1,18%, liegt zumindest für Silber und Rhodium der deutsche Bedarf allein über die Auswahl an wenigen Haushaltsgütern und Schmuck über einem global gerechtem pro-Kopf Budget. Im weiteren Verlauf des Projektes sollen für die ausgewählten Rohstoffe die hier noch fehlenden Verbrauchsmengen in Nicht-Konsumgüterbereichen zusätzlich abgeschätzt werden.

Tab. 12: Mengenrelevanz des Rohstoffbedarfs der ausgewählten Haushaltsgüter in 2010

	Weltproduktion an primären Rohstoffen und Materialien (in Tonnen)	Rohstoffbedarf durch ausgewählten Haushaltsgüter in Deutschland (in Tonnen)	Anteil des Rohstoffbedarfs der ausgewählten Haushaltsgüter an der Weltproduktion (in %)
Rhodium*	21	0,58	2,7763
Silber	23.100	408,99	1,7705
Platin	260	2,91	1,1170
Gold	2.560	18,21	0,7114
Blei	4.140.000	26.258,07	0,6343
Magnesium	771.000	4.709,22	0,6108
Aluminium	40.800.000	246.291,25	0,6037
Palladium	203	0,98	0,4849
Kupfer	16.000.000	77.800,36	0,4863

Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus

	Weltproduktion an primären Rohstoffen und Materialien (in Tonnen)	Rohstoffbedarf durch ausgewählten Haushaltsgüter in Deutschland (in Tonnen)	Anteil des Rohstoffbedarfs der ausgewählten Haushaltsgüter an der Weltproduktion (in %)
Glas	56.000.000	73.147,11	0,1306
Rohstahl	1.420.000.000	2.654.294,85	0,1869
Naturkautschuk	10.428.000	11.804,97	0,1132
Zinn	265.000	221,40	0,0835
Kobalt	89.500	49,40	0,0552
Erdöl Kunststoffe+Benzin	4.363.701.327	1.386.823,36	0,0318
Glimmer	1.070.000	250,61	0,0234
Bitumen	102.000.000	21.564,46	0,0211
Wolfram	68.800	9,50	0,0138
Baumwolle	23.717.040	3.127,13	0,0132
Zink	12.000.000	848,06	0,0071
Nickel	1.470.000	99,32	0,0068
Kalk	311.000.000	15.958,60	0,0051
Neodym**	19.096	0,52	0,0027
Praseodym**	6.150	0,10	0,0017
Phosphor	181.000	2,53	0,0014
Chrom	23.700.000	286,91	0,0012
Zement	3.310.000.000	6.710,35	0,0002
Sonstiges	k.A.	180.712,47	k.A.
Phenoplast	k.A.	2.272,08	k.A.
Keramik	k.A.	935,09	k.A.

Quelle: eigene Zusammenstellung

* Johnson Matthey

** Techmetalresearch.com für 2009

Welt Produktion: soweit nicht anders angegeben USGS

Glass: Nikkon Sheet Glass 2011, Flat Glass

Naturkautschuk: Malaysia Rubber Board, National Rubber Statistic 2012

Bitumen: The Asphalt Institute /Eurobitume (2011): The Bitumen Industry - A Global Perspective

Rohöl: IEA

4.1.3 Umweltrelevanz der ausgewählten Rohstoffe

Zur Bestimmung der Umweltrelevanz werden in diesem Projekt ausschließlich inputorientierte Indikatoren herangezogen. Die Festlegung auf Input-Indikatoren orientiert sich zum einen an der Fragestellung des Projektes, die ganz klar den Ressourcenbedarf als Inputgröße adressiert, aber auch an den Argumenten wie sie auch im MaRes-Projekt AP2.1 „Umweltrelevante metallische Rohstoffe“ gemeinsam mit dem Auftraggeber UBA erarbeitet wurden. Und den Inputindikatoren eine ausreichend große Richtungssicherheit zusprach. In der UBA-Publikation „Indikatoren/Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion“ (UBA 2012a) kommen die Autoren zwar zu der Schlussfolgerung „Die gewählten Indikatoren für den Input Ressourcen besitzen kein hohes Maß an Übereinstimmung, wenn es darum geht, einen Indikator durch einen jeweils anderen auszudrücken. Allerdings werden Korrelationskoeffizienten von $R^2=0,59$ bis $0,64$ für den KRA und vor allem $0,77$ bis $0,89$ für den KEA mit Output-Indikatoren im Normalfall schon als starke Korrelationen gewertet, zumal auch die optische Kontrolle in Abb. 6-2 (S. 65) und Abb. 6-3 (S.67) in UBA (2012a) eindeutig positive Korrelationen ohne Ausreißer in der Datenwolke zeigen. Zudem liegen die Werte für die abiotische Materialintensität ($MI_{abiotisch}$ ¹⁷) und den kumulierten Energieaufwand (KEA¹⁸) für einen Großteil der relevanten Rohstoffe vor. Als Quelle dienen die Werte der EcoInvent-Datenbank, aus der für über 4000 Produkte, Rohstoffe oder Prozesse sowohl KEA-Werte als auch Werte für den $MI_{abiotisch}$ ermittelt wurden. Soweit vorhanden wurden bei metallischen Rohstoffen die Werte verwendet, die sich auf das Regionallager (at regional storage) beziehen, um so den für Deutschland typischen Mix aus Primär- und Sekundärrohstoffen besser abbilden zu können.

Mit Blick auf die zuvor erfolgte Zusammenfassung aller Kunststoffe zu einer Kategorie und der These, dass eine detaillierte Diskussion verschiedener Kunststoffarten im Rahmen der Internetapplikation für interessierte Nutzer nicht praktikabel ist, wurde entschieden, auch hier die Kunststoffe anteilig mit ihren KEA und $MI_{abiotisch}$ zusammenzufassen. Der Mengenanteil der Absolutgrößen der Verbrauchsdaten der ausgewählten Haushaltsgüter liefert dabei den Gewichtungsfaktor. Dies bietet zudem den Vorteil, dass mit dem daraus entstandenen durchschnittlichen KEA und $MI_{abiotisch}$ auch die Kunststoffanteile berücksichtigt werden können, für welche keine entsprechenden Indikatoren vorliegen. Die betrifft vor allem die Farben & Lacke und die nichtspezifizierten Kunststoffmengen.¹⁹

¹⁷ $MI_{abiotisch}$: Summe aller aufgewendeten natürlichen abiotischen Rohmaterialien von der Wiege bis zum dienstleistungsfähigen Produkt, einschließlich Eigengewicht des Werkstoffes oder Produktes

¹⁸ KEA (Kumulierte Energieaufwand): Summe aller Primärenergieinputs, die für ein Produkt oder eine Dienstleistung aufgewendet werden.

¹⁹ Aufgrund des deutlich niedrigeren Erdölanteils und seiner exponierte Position in der umweltpolitischen Diskussion könnte PVC gerade hinsichtlich seiner Umweltrelevanz separat von den restlichen Kunststoffen untersucht werden. Allerdings ist die mengenmäßige Relevanz von PVC für den Verbrauch der ausgewählten Rohstoffe mit 0,8% an Kunststoffen so gering, dass diese Unterscheidung zwischen Kunststoffen und PVC hier nicht durchgeführt wurde.

Während für Metalle, mit Ausnahme von Wolfram, für alle Rohstoffe entsprechende Daten in der EcoInvent-Datenbank vorhanden sind, selbst für Lotmaterial aus CuZn, sind die Lücken bei sonstigen Materialien offensichtlich.²⁰

Box 1: Unterschiede MI-Koeffizienten EcoInvent und KRA-Koeffizienten ProBas

In diesem Projekt wurden die $MI_{abiotisch}$ bzw. KEA-Koeffizienten verwendet, die das Wuppertal Institut aus EcoInvent-Daten abgeleitet hat. Zum einen soll eine einheitliche Datenbasis für alle untersuchten Rohstoffe verwenden werden. In ProBas sind dagegen die von ifeu berechneten Kumulierten Rohstoffaufwand (KRA)-Koeffizienten für metallische Rohstoffe auf Basis von EcoInvent-Daten erstellt, während die Datensätze des Öko-Institutes auf GEMIS basieren. Die am Wuppertal Institut ermittelten MI- und KEA-Koeffizienten (siehe dazu Saurat/Ritthoff 2013) basieren zudem auf Daten aus EcoInvent 2.2, während die ifeu-Koeffizienten in ProBas noch aus den Daten der Version EcoInvent 2.0. berechnet wurden. Als dritten Aspekt für die Entscheidung zur Nutzung von $MI_{abiotisch}$ -Koeffizienten statt KRA-Koeffizienten sei auf die konzeptionelle Herleitung der Budgetkonten anhand eines Zielwertes von 10 t/Kopf bis zum Jahr 2050 verwiesen (siehe AP1d). Die Entscheidung für $MI_{abiotisch}$ -Koeffizienten hat wegen der unterschiedlichen Handhabung der ungenutzten Extraktion (in den $MI_{abiotisch}$ enthalten, im KRA nicht enthalten) zwangsläufig vor allem für Rohstoffe mit einem sehr hohen ökologischen Rucksack Auswirkungen. Der ökologische Rucksack ist definiert als die „Gesamtheit des Materialinputs eines Produktes abzüglich seiner Eigenmasse. Gebräuchliche Einheit ist kg. Der ökologische Rucksack umfasst verwertete Materialien und je nach Methode auch nicht verwertete Stoffe und Stoffgemische.“ (UBA 2012b)

Grundsätzlich sind sowohl eine Zielformulierung für Budgetkonten auf Basis von RMC-Verbrauchszielen (siehe Kap. 4.4) sowie eine Auswahl an Rohstoffen anhand von KRA-

Tab. 13: Spezifische Umweltrelevanz pro kg für ausgewählte Rohstoffe/Materialien, sortiert nach $MI_{abiotisch}$

	KEA spez. (in MJ/kg)	$MI_{abiotisch}$ spez (in kg/kg)
Gold	218.249,24	1.163.345,90
Rhodium	562.165,13	84.350,59
Silber	1.480,22	71.632,88
Platin	287.784,84	43.585,90
Palladium	181.502,06	29.398,97
Lote	369,74	4.147,08
Zinn	320,68	1.455,87

²⁰ Für Wolfram war in der ProBas-Datenbank KEA und KRA-Daten verfügbar, die alternativ verwendet wurden.

Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus

	KEA spez. (in MJ/kg)	Mi _{abiotisch} spez (in kg/kg)
Phosphor	229,12	458,63
Wolfram	52.412,00	343,00 ²¹
Praseodym	817,69	294,76
Neodym	761,43	289,49
Kupfer	33,96	215,29
Nickel	187,22	196,12
Messing	42,69	156,95
Chrom	576,53	85,98
Kobalt	128,38	74,75
Baumwolle, verarbeitet	324,92	65,12
Edelstahl	68,27	39,66
Aluminium	136,26	23,14
Glas LCD Monitore	68,37	18,17
Stahl unlegiert/niedriglegiert	34,89	17,87
Zink	56,05	15,00
Blei	15,81	14,93
Magnesium	265,51	14,92
Eisen	24,97	12,39
Keramik	42,97	8,08
Phenole/Phenoplast	124,46	7,35
Naturkautschuk	91,27	5,58
Flachglas	14,84	2,80
Kunststoffe	66,68	2,69
Zement	3,58	2,26
Benzin	57,31	2,03
Bitumen	52,04	1,76

²¹ Für Wolfram ist der KRA und nicht der Mi_{abiotisch} angegeben.

	KEA spez. (in MJ/kg)	MI _{abiotisch} spez (in kg/kg)
Kalk	0,39	1,02

Quelle: eigene Zusammenstellung

Es wird zum einen die spezifische Umweltrelevanz (Tab. 13) ermittelt, die sich auf die Gewichtseinheit 1 kg bezieht, zum anderen die absolute Umweltrelevanz (Tab. 14), die den spezifischen KEA- und MI_{abiotisch}-Koeffizienten mit den Rohstoffverbrauchsmengen der ausgewählten Haushaltsgüter in Verbindung setzt.

Die spezifischen Umweltrelevanzen liefern Hinweise über die relative Relevanz pro Gewichtseinheit. Wie im vorherigen Abschnitt ersichtlich wurde, ist die genutzte Menge an Rohstoffen durch den Konsum der privaten Haushalte von langlebigen Konsumgütern sehr unterschiedlich. Daher ist für die Fragestellung des Projektes die absolute Umweltrelevanz entscheidend. Obwohl z.B. der spezifische KEA und MI_{abiotisch} für Kunststoffe jeweils sehr gering ist, übersteigt der absolute KEA und MI_{abiotisch} des Kunststoffkonsums andere Rohstoffe mit deutlich höherem spezifischen MI_{abiotisch} bzw. KEA.²²

Tab. 14: Absolute Umweltrelevanz für ausgewählte Rohstoffe/Materialien, sortiert nach MI_{abiotisch}

	KEA abs. (in GJ)	MI _{abiotisch} abs. (in Tonnen)
Stahl unlegiert/niedriglegiert	82.419.733	42.205.296
Silber	605.391	29.296.938
Gold	3.974.550	21.185.762
Kupfer	2.225.397	14.108.639
Aluminium	33.559.551	5.698.930
Kunststoffe	86.526.981	3.454.492
Edelstahl	5.108.857	2.967.813
Eisen	2.987.388	1.481.789
Flachglas	2.179.753	411.021
Blei	415.036	391.969
Zinn	65.525	297.481
Baumwolle, verarbeitet	1.016.075	203.623

²² Zu beachten ist, dass bei Kunststoffen der KEA aufgrund der gespeicherten Energie hoch ist, diese im Gegensatz zum KEA der mineralischen Rohstoffe aber nicht „verbraucht“ ist, sondern am Ende ihres Lebenszyklus wieder freigesetzt wird. Ggf. sollten in Nachfolgeprojekten der Kumulierte Energieverbrauch (KEV) mit betrachten, in dem die gespeicherte Energie abgezogen ist.

	KEA abs. (in GJ)	MI _{abiotisch} abs. (in Tonnen)
Glas LCD	614.837	163.421
Benzin	3.807.505	135.071
Platin	836.436	126.681
Messing	31.653	116.367
Lote	6.309	70.768
Magnesium	1.250.328	70.282
Naturkautschuk	1.077.484	65.851
Rhodium	324.769	48.730
Bitumen	1.122.261	37.952
Palladium	178.658	28.938
Chrom	165.413	24.669
Nickel	18.594	19.478
Phenole/Phenoplast	282.773	16.701
Kalk	6.146	16.285
Zement	24.005	15.156
Zink	32.159	8.608
Keramik	40.181	7.557
Kobalt	6.342	3.693
Wolfram	498	3.259
Phosphor	579	1.159
Neodym	396	151
Praseodym	85	31

Quelle: eigene Zusammenstellung

Daher schlagen wir vor, zur Bestimmung der Umweltrelevanz die absolute Umweltrelevanz zu verwenden und zwar jeweils die 16²³ Rohstoffe oder Materialien mit dem höchsten KEA oder den MI_{abiotisch} (jeweils in Tabelle 14 eingefärbt). Zwölf Rohstoffe sind jeweils in den Top 15 des

²³ Da sowohl Flachglas wie LCD-Glas in der Top 15 sind, die in anderen Kriterien nur zusammen untersucht werden können, wurde das Rohstoffranking auf die Top 16 erweitert.

absoluten KEA als auch des absoluten $MI_{\text{abiotisch}}$ vertreten, womit 18 Rohstoffe und Materialien als umweltrelevant eingestuft werden.

4.1.4 Versorgungssicherheit und globale Knappheit

In den letzten Jahren ist parallel zu Diskussionen über die Umweltwirkung des hohen Ressourcenverbrauchs in entwickelten Industriestaaten, der Aspekt der Versorgungssicherheit und mögliche zukünftige Knappheit bestimmter Rohstoffe in den Vordergrund gerückt. Es gibt seit Mitte der 2000er eine Vielzahl an Studien, die sich einer Abschätzung der Kritikalität, also mit Risiken der Rohstoffversorgung und der Vulnerabilität von Volkswirtschaften widmen (Angerer et al. 2009, Buchert et al. 2009, Erdmann/Graedel 2011, Erdmann et al. 2011, Wittmer et al. 2011, European Commission 2010, Achzet et al. 2011, NRC 2008, BMWA 2005, BMWi 2005, Matthes/Ziesing 2005, DERA 2012).

Der Terminus Versorgungssicherheit wird dabei in den Untersuchungen häufig mit einer nationalen Perspektive gekoppelt, kann aber sich aber auch auf Branchen und Unternehmen beziehen (siehe Graedel et al. 2012). Dementsprechend prominent sind in diesen Studien Indikatoren vertreten, die Unternehmenskonzentration oder Länderrisiken abbilden. Diese zweifellos wichtigen Aspekte stehen allerdings nicht im Mittelpunkt dieses Projektes. Hier geht es vielmehr darum, dass der heutige und zukünftige Konsum bestimmter Rohstoffe durch die privaten Haushalte in Deutschland anhand von derzeitigen und zukünftigen globalen geologischen Verfügbarkeiten eingeordnet werden soll. Daher sind Indikatoren wie die geographische Konzentrationen der Förderung bzw. der vorhandenen Reserven für die Fragestellung dieses Projektes weniger relevant, ebenso wie die häufig verwendeten Governance-Indikatoren, die bestimmte Länderrisiken darstellen sollen.

Der Fokus des Projektes liegt nicht auf einer Analyse zukünftiger Versorgungssicherheit der deutschen Volkswirtschaft bzw. der privaten Haushalte in Deutschland, sondern auf mittelbaren Ergebnissen für a) die Auswahl der prioritären Rohstoffe und b) den Referenzraum für die später noch zu entwickelten Budgetansätze. Eine Erhebung eigener Daten zu derzeitigen oder zukünftigen globalen Knappheit oder eine umfassende Aktualisierung bestehender Daten ist daher nicht Mittelpunkt dieses Arbeitspaketes. Vielmehr bietet es sich an, den breiten Fundus an Datenmaterial in den zuvor zitierten Studien zu nutzen.

Basierend auf der Studie Erdmann et al. (2011) „Kritische Rohstoffe für Deutschland“ wird daher vorgeschlagen, einen gleichgewichteten Index zu bilden aus den 4 Indikatoren:

- Verhältnis von globalen Reserven zu globaler Produktion (statische Reichweite)
- Globaler Nachfrageimpuls durch Zukunftstechnologien
- Anteil der globalen Haupt- und Nebenproduktion
- Recyclingfähigkeit

Alle vier Indikatoren betrachten mögliche zukünftige Knappheit nicht aus einer nationalen Perspektive der Versorgungssicherheit, sondern verdeutlichen jeweils unterschiedliche, global wirkende Aspekte, die a) einen allgemeinen Handlungsbedarf anzeigen (statische Reichweite), b) ob durch zukünftige Technologien mit einer verstärkten Nachfrage – und damit möglichen Problemverschärfung - für einzelne Rohstoff zu rechnen ist, c) inwieweit eine Gefahr besteht, dass eine steigende Nachfrage eines Rohstoffes möglicherweise nicht befriedigt werden kann, da es lediglich als Nebenprodukt eines anderen Rohstoffes gefördert wird und daher eine

Ausweitung der Produktion nicht ohne weiteres möglich ist und d) inwieweit eine Recyclingstrategien helfen können, zukünftige Knappheit zu mildern.

Dabei werden die Daten wie auch die Kriterien der Indexklassen für die Indikatoren aus Erdmann et al. übernommen²⁴ und lediglich die statischen Reichweiten aus den neuesten USGS Mineral Commodity Summaries (soweit vorhanden) eingearbeitet.

Für nicht metallische oder nicht-mineralische Rohstoffe wie Naturkautschuk oder Baumwolle, die nicht in Erdmann et al. untersucht wurden (gelb markiert) oder für die kein vorhandener Wert als Proxy verwendet werden konnte, wurden die 4 Kriterien selbst definiert.

Um einen Gesamtindex bilden zu können, verwenden Erdmann et al. für ihre Subindizes jeweils ein System mit Indexwerten zwischen 0 und 1. Dabei werden die Originaldaten, wie z.B. die statische Reichweite in Jahren, zumeist vier festen Index-Klassen zugeordnet, d.h. die verschiedene Rohstoffe deren Originalwerte innerhalb einer Bandbreite liegen, den gleichen Indexwert zugewiesen bekommen. Diese sind wie folgt definiert und wurde für dieses Projekt übernommen:

1) Verhältnis von globalen Reserven zu globaler Produktion

- 1,0: für ein Verhältnis von globalen Reserven zu globaler Produktion von ≤ 20 Jahren,
- 0,7: für ein Verhältnis von globalen Reserven zu globaler Produktion zwischen > 20 Jahren und ≤ 50 Jahren,
- 0,3: für ein Verhältnis von globalen Reserven zu globaler Produktion zwischen > 50 Jahren und ≤ 100 Jahren und
- 0,0: für ein Verhältnis von globalen Reserven zu globaler Produktion von >100 Jahren.

2) Globaler Nachfrageimpuls durch Zukunftstechnologien (2030)

- 1,0: für einen globalen Nachfrageimpuls durch Zukunftstechnologien (2030) von ≥ 200 % der globalen Rohstoffproduktion (2008) (sehr sensitiv),
- 0,7: für einen globalen Nachfrageimpuls durch Zukunftstechnologien (2030) zwischen < 200 % und ≥ 100 % der globalen Rohstoffproduktion (2008) (sensitiv),
- 0,3: für einen globalen Nachfrageimpuls durch Zukunftstechnologien (2030) zwischen < 100 % und ≥ 50 % der globalen Rohstoffproduktion (2008) (intensiv) und
- 0,0: für einen globalen Nachfrageimpuls durch Zukunftstechnologien (2030) von < 50 % der globalen Rohstoffproduktion (2008)(unkritisch).

3) Anteil der globalen Haupt- und Nebenproduktion

- 1,0: für ausschließliche Nebenproduktion,
- 0,7: für überwiegende Nebenproduktion,
- 0,3: für überwiegende Hauptproduktion und

²⁴ Bei alle drei Indikatoren sind vorerst keine Verbesserung der Daten durch neuere Studie/Statistiken zu erwarten.

- 0,0: für ausschließliche Hauptproduktion.

4) Recyclingfähigkeit²⁵

- 1,0: für physikalisch-chemisch nahezu unmögliches Recycling,
- 0,7: für Recycling möglich zu hohen Kosten und/oder bei Qualitätsverlust,
- 0,3: für Recycling möglich zu geringen Kosten und
- 0,0: für funktionierende Recyclingsysteme in Deutschland.

Für einzelne Rohstoffe ist unklar, ob sie eher als Haupt- oder Nebenprodukt gelten. Für nachwachsende Rohstoffe ist eine statische Reichweite methodisch kein sinnvolles Kriterium. In dem Fall wurde ein Gewichtungsfaktor von 0,0 verwendet.

Tab. 15: Gewichtungsindizes der Indikatoren und daraus resultierender Index der Versorgungssicherheit der untersuchten Rohstoffe/Materialien, gelb markiert: eigenen Einschätzung

	Verhältnis von globalen Reserven zu globaler Produktion (25%)	Globaler Nachfrageimpuls durch Zukunftstechnologien (25%)	Anteil der globalen Haupt- und Nebenproduktion (25%)	Recyclingfähigkeit (25%)	Index der Versorgungssicherheit (100%)
Neodym	0,0	1,0	0,7	0,75	0,61
Praseodym	0,0	1,0	0,7	0,75	0,61
Gold	1,0	0,7	0,3	0,30	0,58
Silber	0,7	0,3	0,7	0,41	0,53
Benzin	0,7	0,0	0,3	1,00	0,50
Zinn	1,0	0,3	0,0	0,63	0,48
Kobalt	0,3	0,3	0,7	0,58	0,47
Blei	1,0	0,0	0,7	0,13	0,46
Zink	1,0	0,0	0,3	0,53	0,46
Bitumen	0,7	0,0	0,7	0,30	0,43
Nickel	0,7	0,3	0,3	0,36	0,42
Kupfer	0,7	0,3	0,3	0,34	0,41
Lote (wie Kupfer)	0,7	0,3	0,3	0,34	0,41

²⁵ In Erdmann et al. wurden für einige Rohstoffe unterschiedliche Recyclingraten für unterschiedliche Einsatzbereiche berücksichtigt, die dann zu einer gewichteten gemeinsamen Recyclingrate zusammengefasst wurden. Daher ist der Recyclinganteil für metallische Rohstoffe häufig mit zwei Nachkommastellen versehen und in diesem Fall nicht den festen Klassen 1, 0,7, 0,3 und 0 zugeordnet.

	Verhältnis von globalen Reserven zu globaler Produktion (25%)	Globaler Nachfrageimpuls durch Zukunftstechnologien (25%)	Anteil der globalen Haupt- und Nebenproduktion (25%)	Recyclingfähigkeit (25%)	Index der Versorgungssicherheit (100%)
Messing (wie Kupfer)	0,7	0,3	0,3	0,34	0,41
Chrom	1,0	0,3	0,0	0,32	0,41
Palladium	0,0	0,3	0,7	0,53	0,38
Rhodium	0,0	0,3	0,7	0,53	0,38
Wolfram	0,7	0,3	0,0	0,45	0,36
Kunststoffe	0,7	0,0	0,0	0,70	0,35
Glimmer	0,0	0,0	0,7	0,63	0,33
Platin	0,0	0,7	0,0	0,53	0,31
Magnesium	0,0	0,3	0,3	0,41	0,25
Phosphor	0,0	0,0	0,0	0,95	0,24
Keramik	0,0	0,0	0,0	0,92	0,23
Kalk	0,0	0,0	0,0	0,91	0,23
Glas	0,0	0,7	0,0	0,00	0,18
Phenole/Phenoplast	0,0	0,0	0,0	0,70	0,18
Baumwolle	0,0	0,0	0,0	0,30	0,08
Zement	0,0	0,0	0,0	0,70	0,18
Edelstahl	0,3	0,0	0,0	0,30	0,15
Eisen	0,3	0,0	0,0	0,30	0,15
Stahl unlegiert/niedriglegiert/Eisen	0,3	0,0	0,0	0,30	0,15
Aluminium	0,0	0,0	0,0	0,34	0,09
Naturkautschuk	0,0	0,0	0,0	0,30	0,08

Quelle: eigene Zusammenstellung

Tab. 15 zeigt das Ranking der untersuchten Rohstoffe sortiert nach einem gleichgewichteten Index, der sich jeweils zu 25% aus den vier Subindizes der Spalten 2 bis 5 ergibt. Die Top 15 mit dem höchsten Risiko einer zukünftigen Versorgungssicherheit sind farblich markiert. Die farblich markierten Rohstoffe der ersten Spalten waren nicht Teil der Untersuchung von

Erdmann et al., so dass für diese Rohstoffe und Materialien die Subindizes selbst definiert wurden.

4.1.5 Zusammenführung der drei Auswahlkategorien

Für die Auswahl der prioritären Rohstoffe werden alle drei Kriterien verwendet.²⁶ In Tab. 16 sind die jeweilige Top 15²⁷ der einzelnen Kriterien über graue Felder markiert. Je nach Häufigkeit ihrer Platzierung in den jeweiligen TOP 15 der einzelnen Kriterien zur Erstellung einer prioritären Rohstoffauswahl sind die Rohstoffe und Materialien unterschiedlich farblich markiert. Alle Rohstoffe und Materialien, die in alle vier Kriterien zu den TOP15 gehören sind rot markiert. Rohstoffe, die in drei von vier Kriterien im Ranking der TOP15 vertreten sind, sind orange gekennzeichnet, zwei Markierungen mit Gelb und eine oder keine Markierung mit Grün. Daraus ergibt sich ein Gesamtranking aus vier Rohstoffe/Materialien, die in allen vier Kriterien als kritisch einzuschätzen sind, 9 Rohstoffe die orange markiert sind und fünf Rohstoffe bzw. Materialien die zumindest in zwei Kriterien zu den kritischen TOP15 gehören. Mit Eisen, Edelstahl und niedrig- bzw. unlegiertem Stahl sind alle drei Eisenprodukte in der orange markierten Gruppe vertreten, deren Mengenrelevanz sich aus ihrem gemeinsamen Anteil an der Rohstahlproduktion ergibt.²⁸ Dadurch ergäbe sich eine prioritäre Auswahlliste an 16 Rohstoffen, die im weiteren Projektverlauf untersucht werden sollen, bestehend aus den rot, orange und gelb markierten Rohstoffen.

Tab. 16: Gesamtranking der ausgewählten Rohstoffe, graue Felder = in der Top 15 des Auswahlkriteriums

	Mengenrelevanz	abs. Umweltrelevanz KEA	abs. Umweltrelevanz MI	Versorgungssicherheit
Erdöl für Kunststoffe				
Gold				
Kupfer				
Silber				
Aluminium				

²⁶ Wobei für die Umweltrelevanz sowohl die energetische wie stoffliche Umweltwirkung untersucht wurde und hier alle Rohstoffe gekennzeichnete wurden, die entweder in der TOP16 der Umweltwirkung gemessen am absoluten KEA oder gemessen am absoluten MI abiotisch platziert sind und daher am kritischsten eingeschätzt werden.

²⁷ Siehe auch Fußnote 11.

²⁸ Im späteren Projektverlauf wurden die unterschiedlichen Eisen- und Stahlqualitäten als ein Rohstoff gewertet und sind dementsprechend in ihrer Betrachtung der Mengenrelevanz nur mit der globalen Rohstahlproduktion in Relation gesetzt. Da die unterschiedlichen Eisenprodukte immer Teil von Endprodukten darstellen ist diese Zusammenfassung ohne Doppelzählung oder Überschneidung zu verstehen.

Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus

	Mengenrelevanz	abs. Umweltrelevanz KEA	abs. Umweltrelevanz MI	Versorgungssicherheit
Blei				
Edelstahl				
Eisen				
Glas				
Platin				
Stahl unlegiert/niedriglegiert				
Zinn				
Baumwolle				
Bitumen				
Magnesium				
Messing				
Naturkautschuk				
Chrom				
Glimmer				
Kalk				
Keramik				
Kobalt				
Lote				
Neodym				
Nickel				
Palladium				
Phenole/Phenoplast				
Phosphor				
Praseodym				
Rhodium				
Wolfram				
Zement				

	Mengenrelevanz	abs. Umweltrelevanz KEA	abs. Umweltrelevanz MI	Versorgungssicherheit
Zink				

Quelle: eigene Zusammenstellung

4.1.6 Fazit zu AP1

AP1.1 hat die Aufgabe eine prioritäre Rohstoffliste zu erarbeiten, die eine Auswahl an Rohstoffen ermöglicht, die im weiteren Projektverlauf weiterbearbeitet werden sollen. Bei der Auswahl sollen sowohl Aspekte wie Haushaltsrelevanz, aber auch ökologische Aspekte beachtet werden. Zudem werden Einschätzungen, ob diese Rohstoffe heute oder zukünftig von globaler Knappheit gekennzeichnet sind oder sein könnten berücksichtigt.

Im Ergebnisse des AP1.1 wurde eine Rohstoffliste mit 33 Rohstoffen erarbeitet, für die alle Kriterien sinnvoll erarbeitet werden konnten. Dabei wurden bestimmte Rohstoffe, z.B. alle Kunststoffe zu einer Rohstofffraktion zusammengefasst. PVC könnte ggf. separat von der restlichen Kunststoffgruppe analysiert werden, ist aber mengenmäßig von nur geringer Bedeutung. Für andere Rohstoffe/Materialien wie Kühlmittel oder Getriebeöl waren einzelne Teilbereiche des Gesamtindex nicht sinnvoll ableitbar, so dass sie im Verlauf der Untersuchung nicht weiter untersucht wurden und in der Übersichtstabelle (Tab. 16) mit dem Ergebnis von AP1 fehlen.

Dem Auftraggeber wurde vorgeschlagen, die weitere Untersuchung der Budgetansätze und die Darstellung innerhalb der Internetapplikation mit den rot, orange und gelb markierten Rohstoffen in Tab. 16 durchzuführen. Mit Baumwolle und Naturkautschuk sind zwei biotische Rohstoffe enthalten, die eine exemplarische Untersuchung der Anwendbarkeit von Budgetansätzen bei biotischen Rohstoffen zulassen.

Eine detaillierte kritische Überprüfung der vorhandenen und die Recherche weiterer und aktuellere Rohstoffinventare waren innerhalb des vorhandenen Zeitbudgets dieses Projektes leider nicht möglich. Die Verwendung zum Teil veralteter Sachbilanzdaten für Konsumgüter der neuesten Generation schränkt die Aussagekraft der Ergebnisse zumindest ein. Dieses Problem ist strukturell im gesamten Projekt angelegt und wird sich im weiteren Projektverlauf verschärfen, wenn die heutigen oder schon heute veraltetet Sachbilanzdaten für die Extrapolation der zukünftigen Rohstoffverbräuche verwendet werden. Während für Strukturmaterialien der technische Fortschritt eher wenige fundamentale Veränderungen erwarten lässt, wird sich der Mix an Funktionsmaterialien in den Haushaltsgeräten der nächsten 10-15 Jahre vermutlich deutlich verändern. Dieses methodische Problem ist aufgrund der hohen Komplexität innerhalb des Projektes nicht angemessen zu lösen und sollte aber in möglichen Nachfolgeprojekten unbedingt als zu untersuchende Problemstellung mit aufgenommen werden.

AP1b) Ermittlung der voraussichtlichen Rohstoffverfügbarkeiten

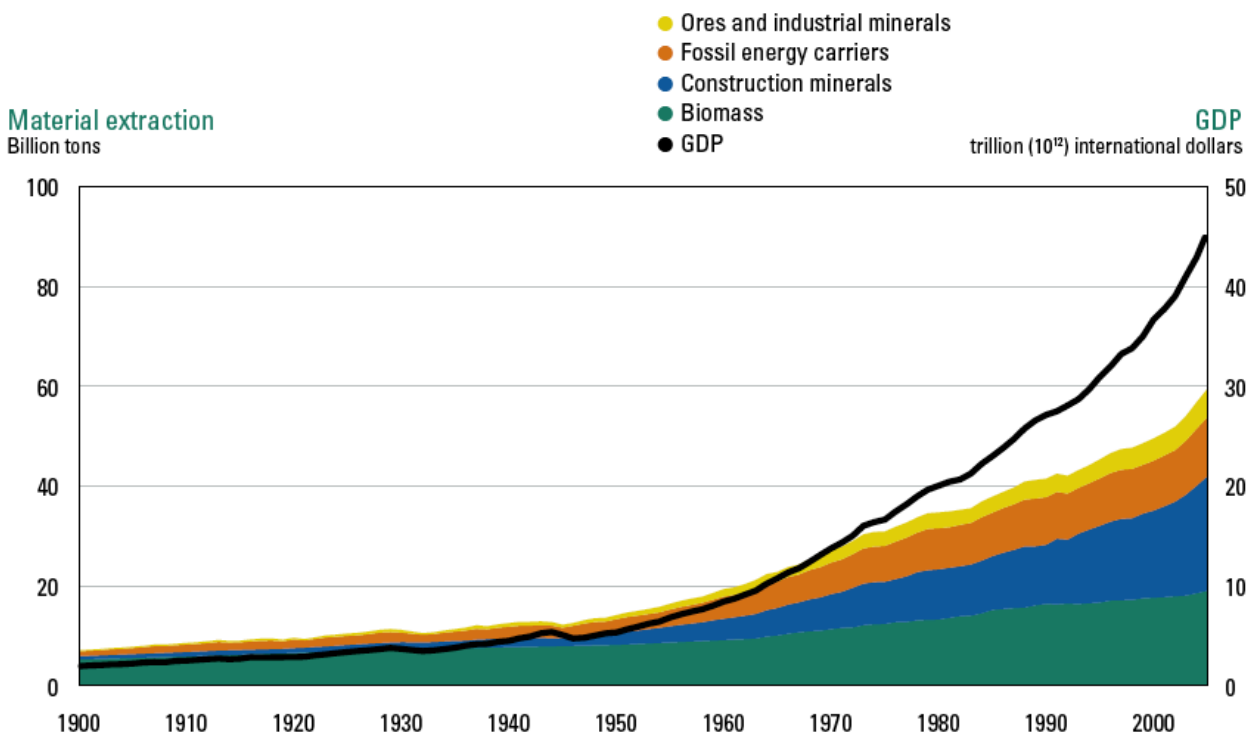
Im zweiten Unter-Arbeitspaket des AP1 sollen die Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridore bis 2030 ermittelt werden. Dabei wäre zunächst zu klären was unter Verfügungskorridoren bzw. Verfügbarkeitskorridoren zu verstehen ist und ob beide Begriffe synonym verwendet werden sollten. Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridore zeigen für jeden untersuchten Rohstoff an, welche Mengen dieses Rohstoffs bis 2030 voraussichtlich zur Verfügung stehen werden. Als

Unterscheidungskriterium beider Begriffe könnte dienen, ob der so ermittelte Korridor mit einer Zieldimension und/oder einer normativen Einschränkung der Verfügbarkeitskorridore verbunden sind oder nicht. Demnach wären Verfügbarkeitskorridore technologisch-ökonomisch determiniert, deren Grenze u.a. durch Knappheit oder Preise bestimmt werden, während Verfügungskorridore normative vorgegebene Verbrauchsniveaus enthalten könnten. Verfügbarkeitskorridore könnten dabei die derzeitigen Produktionsmengen in die Zukunft projizieren und somit dem Konzept der statischen Reichweite entsprechen, oder es werden steigende Nachfrage- bzw. Angebotstrends abgeschätzt, bei der es zu einer Ausweitung der Produktionsmenge kommt (sogenannte „dynamische Reichweiten“). In diesem Fall würden sich die statischen Reichweiten der Rohstoffe reduzieren. Verfügungskorridore könnten dagegen einen z.B. ökologisch begründeten Grenz- oder Zielwert darstellen und dadurch einen langfristig nachhaltigen Verfügungskorridor definieren. Im Projekt „Global nachhaltige Wohlstandsniveaus der Haushalte“ sollen sowohl die unter heutigen Bedingungen voraussichtlich eintreffenden Verfügbarkeitskorridore, als auch normativ bestimmte Verfügungskorridore für ausgewählten Rohstoffe bestimmt werden.

Ermittlung von Verfügbarkeitskorridoren

Für die Festlegung von Verfügbarkeitskorridoren sollen dabei zunächst realistische Größenordnung geschätzt werden, die unter der Annahme, dass keine strukturellen Maßnahmen zum Gegensteuern ergriffen werden, aller Voraussicht nach eintreten werden. Mit anderen Worten wird hier ein fortlaufender Wachstumstrend der Nachfrage nach Rohstoffen bis 2030 simuliert.

Abb. 18: Relative Entkopplung der globalen Ressourcenextraktion und Wirtschaftswachstum



Quelle: International Resource Panel 2011

Für einige Rohstoffe in der Auswahlliste des AP1a, vor allem Metalle, aber auch Erdöl und andere fossile Brennstoffe, existieren Abschätzungen für die zukünftige Nachfrage sowie über das Angebot dieser Rohstoffe. Zumeist sind dies Abschätzungen über die Entwicklung der zukünftigen Nachfrage nach bestimmten Rohstoffen. Wie z.B. bei Halada et al. (2000) sind diese Prognosen oft eine Funktion der Entwicklung des pro-Kopf-Einkommens oder anderer Proxy-Indikatoren. Es ist in der Literatur durchaus umstritten, ob und für welche Rohstoffe eine Korrelation des BIP-Wachstums mit dem Verbrauch von Rohstoffen existiert. Für den Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und Entwicklung des Bruttoinlandsprodukt (BIP) gibt es sowohl Studien, die keine wirkliche Entkopplung feststellen (siehe z.B. Cleveland et al. 2000, Stern 2012, Ayres/Warr 2010) als auch solche, die genau diese Entkopplung mit ihren Analysen nachweisen (z.B. Steinberger/Roberts 2010). Für die globale Ressourcenextraktion liefern die vorliegenden Daten (Abb. 18) zumindest Hinweise für eine relative Abkopplung der genutzten stofflichen Ressourcenextraktion von der Entwicklung des BIP, die an einer Verknüpfung der zukünftigen Nachfrage von der Entwicklung des Einkommens zweifeln lassen. Andere Prognosen des zukünftigen Ressourcenverbrauches nutzen spezifische Nachfrageimpulse (zum Bsp. neue Technologie und deren Marktdurchdringung oder politische Ziele wie 100% Erneuerbare Energie bei der Stromerzeugung) und schätzen diese auf ihre Folgen für die zukünftige Nachfrage ein.

Prognosen über das zukünftige Angebot an Rohstoffen bis zum Jahr 2030 zu finden, ist deutlich schwieriger als Abschätzungen über die Entwicklung der Nachfrage. Neben den Ausblicken über zukünftige Bergbauprojekte und Marktchancen in den Geschäftsberichten großer multinationaler Rohstoffkonzerne, wie z.B. Rio Tinto, liegen lediglich aktuelle Schätzungen der United States Geological Survey (USGS) für eine Auswahl vor allem metallischer Rohstoffe für den Zeitraum bis 2017 vor (USGS 2013). Diese Schätzungen beruhen auf schon genehmigten oder schon weit geplanten zukünftigen Bergbauprojekten. Schätzungen über das Jahr 2017 hinaus sind nur für die zu erwartende Entwicklung der Nachfrage nach Rohstoffen/Metallen vorhanden. Unter der Annahme, dass die Unternehmen es bis 2030 schaffen werden diese Nachfrage auch zu befriedigen, wäre das Angebot gleich der geschätzten Nachfrage und damit die jeweilige Förder- und Produktionsmenge bis zum Jahr 2030.

Für Rohstoffe, für die weder Nachfrage- noch Angebotsschätzungen vorliegen, können entweder die realen Produktion- bzw. Fördermengen der Vergangenheit in die Zukunft fortgeschrieben werden, oder an die durchschnittliche Wachstumsrate der mit Prognosen unterlegten Rohstoffe gekoppelt werden.

Für biotische Rohstoffe ist die Abschätzung der zukünftigen Produktionsmengen bestimmt durch Annahmen über mögliche Veränderungen der Anbaufläche und der Erträge bis zum Jahr 2030. Für die weltweite Produktion von Baumwolle erwartet die FAO (2012) eine Steigerung der Produktionsmenge von Baumwollsamens²⁹ von durchschnittlich 71 Mio. Tonnen in den Jahren 2005-2007 auf 100 Mio. Tonnen in 2050. Dies wäre eine Steigerung von 1,78% pro Jahr. Die in einem früheren Bericht prognostizierte Menge von 66 Mio. Tonnen bis zum Jahr 2030 (FAO 2003) war demnach schon wenige Jahre später überholt. Das Central Institute

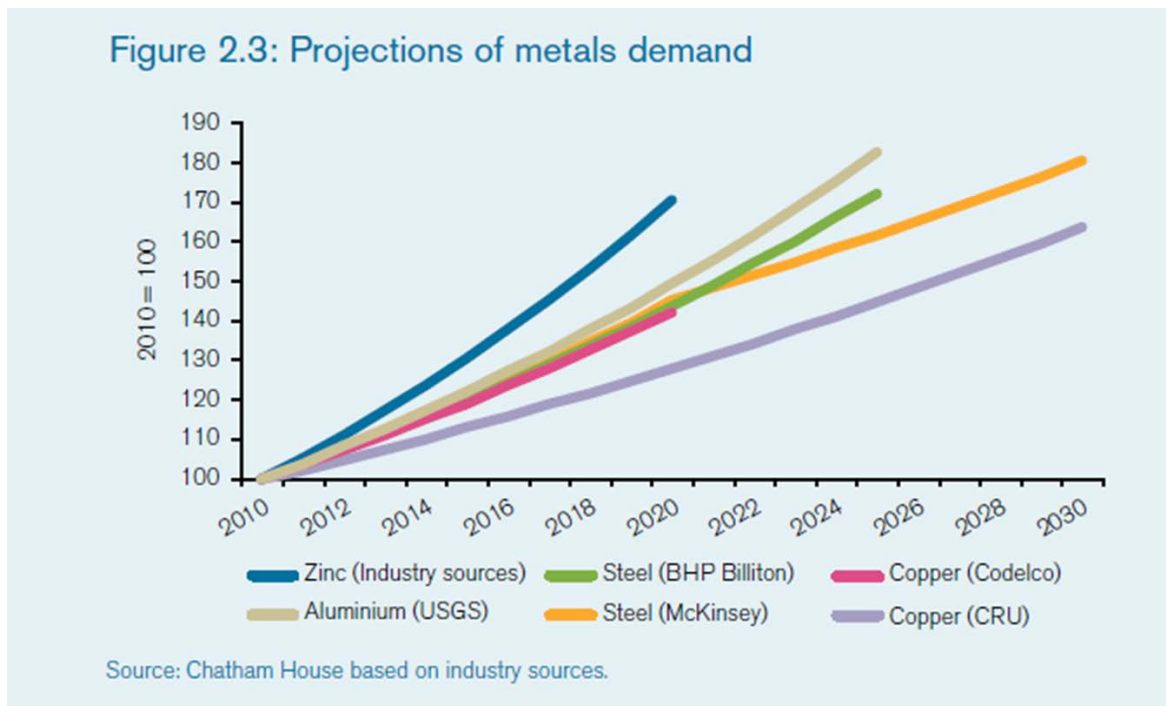
²⁹ Aus einer Tonne Baumwollsamens können rund 420 kg Baumwollfasern gewonnen werden, der überwiegende Rest sind Öl, Schalen und Saatkuchen aus der Pressung der Baumwollsamens.

for Cotton Research (CICR 2011) schätzt eine Nachfragesteigerung von Baumwolle von 25,1 Mio. Tonnen im Jahr 2010 auf ca. 48 Mio. Tonnen in 2030. Dies wäre nahezu eine Verdopplung der Produktionsmenge oder eine jährliche Steigerung von 4,6%. Für Baumwolle schätzt die FAO (2012), dass sowohl die Anbaufläche von 36 Mio. Hektar in 2005/2007 auf 39 Mio. Hektar in 2050 ansteigen wird, wie auch einen Anstieg der Hektarerträge von 2,0 Mio. Tonnen/Hektar in 2005/2007 auf 2,6 Mio. Tonnen/Hektar in 2050. Die Steigerung der Produktionsmenge an Baumwolle wird somit laut FAO-Schätzung sowohl durch eine Ausweitung der Produktionsfläche als auch durch eine Steigerung der Hektarerträge erreicht. Für Naturkautschuk schätzt die FAO (2003) mit einem jährlichen Wachstum der Produktionsmenge von 1,9% bis zum Jahr 2030. Allerdings liegen keine Daten vor, ob dies durch eine Ausweitung der Anbauflächen, vor allem in Südostasien, der Nutzung neuer Pflanzen (z.B. Löwenzahn) und/oder steigende Produktionsmenge pro ha Anbaufläche erfolgen wird.

Allerdings zeigen Untersuchungen, z.B. auch des Wuppertal Instituts, dass es im Bereich der biotischen Rohstoffe insbesondere bei den Anbauflächen (cropland) zu einer steigenden Flächennutzungs-konkurrenz kommen wird, da die Weltbevölkerung in den kommenden Jahrzehnten bei BAU-Szenarien trotz steigender Produktion nicht auf den bestehenden Flächen ernährt werden kann; siehe z.B. IRP Report „Assessing Global Land Use“ (IRP 2014). Es bleibt somit zumindest fraglich, ob die von der FAO geschätzte Ausweitung von Anbauflächen wirklich stattfinden wird.

Für die Abschätzung der globalen Produktionsmenge an Glas liegen lediglich globale Produktions-daten für Flachglas vor, welches jedoch ein wichtiges Teilsegment der Glasproduktion insgesamt darstellt. Flachglas wird sowohl für den Bau von Gebäude, als auch für Autoscheiben oder Solaranlagen sowie etlichen weiteren technischen Anwendungsbereichen verwendet. Laut NSG Group (2011) wurden im Jahr 2010 weltweit 56 Mio. Tonnen oder 5,5 Mrd. m² Glasfläche produziert. Verschiedenen, nur in Auszügen öffentlich verfügbare, Marktstudien zufolge wird in den nächsten Jahren die Nachfrage nach Flachglas zw. 6-7% jährlich ansteigen. Bis zum Jahr 2016 wird der Anstieg der Produktionsmenge auf 8,3 Mrd. bis 9,2 Mrd. m² prognostiziert. Aus den vorliegenden historischen Daten von 2001 bis 2012 ergibt sich ebenfalls eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von 6%, die zur Trendexploration bis 2030 verwendet wurde. Allerdings bedeutet eine stabile Wachstumsrate von 6% über einen Zeitraum von rund 20 Jahren ein exponentielles Wachstum, dass die prognostizierte weltweite Produktionsmenge an Flachglas von rund 60 Mio. Tonnen in 2011 bis 2030 verdreifacht.

Abb. 19: Projektion der Nachfrage ausgewählter Metallrohstoffe, 2010=100



Quelle: Lee et al. (2012): Resource Futures

Für metallische Rohstoffe, für die die USGS Angebotstrends bis 2017 schätzt, wird die Fortschreibung der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten von 2010 bis 2017 bis zum Jahr 2030 vorgeschlagen. Für die von der USGS untersuchten Rohstoffe bedeutet dies eine deutliche Steigerung der Fördermengen bis zum Jahr 2030. Diese Zahlen stimmen in ihrer Größenordnung sehr gut mit Schätzungen anderer Quellen für die Metallnachfrage überein (Abb. 19). Ein Anstieg von 60-90% zwischen 2010-2030 scheint für metallische Rohstoffe durchaus realistisch zu sein. Für die restlichen metallischen Rohstoffe der Auswahl an prioritären Rohstoffen (AP1a), für die keine Trendabschätzungen bis 2017 vorliegen, wird der Anstieg der Produktionsmenge entweder mit einer aus den USGS-Schätzungen abgeleiteten durchschnittlichen Wachstumsrate von 4,2% p.a. hochgerechnet (Silber, Blei, Zink), oder im Fall von Chrom und Magnesium an die Wachstumsraten der Rohstahlproduktion gekoppelt.

Die Abschätzungen der zukünftigen Produktionsmengen an fossilen Brennstoffen sind dem World Energy Outlook 2013 (IEA 2013) entnommen. Und zwar dem Hauptszenario „New Policies Scenario“, welches im Gegensatz zum „Current Policies Scenario“ nicht nur die schon implementierten politischen Maßnahmen z.B. zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen berücksichtigt, sondern auch simuliert, dass die von politischen Institutionen schon angekündigten Maßnahmen auch umgesetzt werden. Das „New Policies Scenario“ liegt damit zwischen dem eher pessimistischen „Current Policies“ Szenario, das einen Stillstand umweltpolitischer Anstrengungen abbildet, und dem „450“ Szenario, welches alle Energiemarkt betreffenden Maßnahmen berücksichtigt, die notwendig sind, um eine 50%-ige Chance zur Stabilisierung der Treibhausgasemissionen im Bereich von 450 parts per million bis Mitte diesen Jahrhunderts zu erreichen. Früherer Produktionsmengen basieren auf Zahlen von BP (BP 2013), die mittels energetischer Umrechnungsfaktoren an die Energieträgerkategorien der IEA Szenarien angepasst wurden.

Aus diesen Analysen ergeben sich für die untersuchten Rohstoffe der prioritären Auswahlliste die in Tab. 17 dargestellten jährliche globale Produktionsmengen, die sich nach heutigem Kenntnisstand aus den prognostizierten Nachfragemengen ergeben.

Bei steigenden jährlichen Produktionsmengen und zum Teil nur noch wenigen Jahrzehnten an statischer Reichweite für einzelne metallische Rohstoffe, stellt sich damit zunächst die Frage, ob die hier prognostizierten Mengen mit den kumulierten Produktionsmengen die sich aus den statischen Reichweiten ergeben, in Übereinklang zu bringen sind (vgl. Tab. 18). Die rot markierten Metalle zeigen an, dass für diese metallischen Rohstoffe die prognostizierte Produktionsmenge bis 2030 jenseits der Produktionsmengen liegt, die sich aus den statischen Reichweiten, bzw. den heute als „Reserve“ klassifizierten Rohstoffmengen ergeben.. Nun sind Reserven keine festen Größen, sondern verändern sich permanent, z.B. durch Preissteigerungen, oder neu entdeckte bzw. neu erschlossene Lagerstätten. Zudem lassen sich etliche Metalle grundsätzlich gut rezyklieren und sind in erheblichen Mengen Bestandteil des anthropogenen Lagers. Das Überschreiten der prognostizierten Produktionsmengen bis 2030 über das Fördervolumen, welches sich aus den Reserven ergibt, bedeuten daher nicht, dass diese Produktionsmengen nicht möglich sind. Aber sie zeigen, zusätzlich zu ökologischen Überlegungen und Gerechtigkeitsaspekten, dass die prognostizierten Steigerungen der Produktionsmengen mit einer teilweisen Verdopplung auch in ihrer Menge problematisch in Hinblick auf Umweltbelastung und Nutzungskonkurrenzen sein könnten, wenn diese Mengen aus Primärrohstoffen gedeckt werden müssten.

Tab. 17: Geschätzte jährliche Produktionsmengen der untersuchten Rohstoffe und Materialien

			2000	2010	2017	2020	2030	jähr. Wachstum in % zw. 2010 - 2030
Metalle	Aluminium	in 1000 t	31.000	40.000	66.000	74.674	112.698	5,32%
	Kupfer	in 1000 t	13.000	15.000	21.000	25.138	33.808	4,15%
	Gold	in t	2.540	2.460	3.250	3.640	5.311	3,92%
	Rohstahl	in 1000 t	848.000	1.140.000	1.720.000	1.873.863	2.493.270	3,99%
	Palladium	in kg	173.000	209.000	236.000	259.259	354.657	2,68%
	Platin	in kg	153.000	210.000	248.000	281.090	426.736	3,61%
	Zinn	in t	279.000	299.000	256.000	260.019	273.875	-0,44%
	Blei	in t	3.200.000	3.470.000	5.679.412	6.229.124	9.372.461	5,09%
	Zink	in t	8.770.000	10.000.000	17.010.798	18.657.280	28.072.104	5,30%
	Silber	in t	18.100	20.800	32.109	35.217	52.988	4,79%
	Chrom	in t	3.260.000	6.910.000	10.476.364	11.413.531	15.186.283	4,02%
	Magnesium	in t	428.000	622.000	1.032.191	1.127.837	1.500.644	4,50%
	(Flach-)Glas	in 1000 t	31.957	56000	85.159	101.455	181.862	6,07%
Fossile Brennstoffe	Erdöl	1000 Barrels/Tag	74.955	83.272	91.955	95.437	99.525	0,90%
	Erdgas	Mrd. m ³	2.411	3.192	3.735	3.957	4.646	1,89%
	Kohle	in Mio. Tonnen	4.701	7.252	8.352	8.644	9.007	1,09%
Biotisch	Baumwolle	in t	18.508.338	23.557.970	28.121.531	29.421.392	33.754.261	1,81%
	Naturkautschuk	in t	6.947.475	10.286.913	12.574.578	13.305.033	16.060.453	2,25%

Quelle: eigene Zusammenstellung

Tab. 18: Statische Reichweite im Vergleich zur Projektion der Produktionsmenge bis 2030

		geschätzte Produktionsmenge zw. 2010 - 2030	Statische Reichweite in Jahren	Statische Reichweite in Jahren	Produktionsmenge anhand statischer Reichweite (USGS)
			(Erdmann/Behrendt 2011)	USGS, Produktionsdaten 2011	nach USGS, basierend auf Produktionswerten für 2011
Aluminium	in 1000 t	1.631.716	132	108	7.000.000
Kupfer	in 1000 t	518.575	35	42	680.000
Gold	in t	78.816		19	52.000
Rohstahl	in 1000 t	40.225.538	72	160	150.000.000
Palladium	in kg	5.593.694	340	163	66.000.000
Platin	in kg	6.168.308	376	163	66.000.000
Zinn	in t	5.492.769	19	20	4.900.000
Blei	in 1000 t	135.472	21	19	89.000
Zink	in 1000 t	405.763	17	20	250.000
Silber	in t	765.910	19	23	540.000
Chrom	in 1000 t	236.300	17	20	460.000
Magnesium	in 1000 t	22.953	3181	405	2.400.000

Quelle: eigene Zusammenstellung, basierend auf Erdmann/Behrendt (2011), USGS (2013)

Ermittlung von Verfügungskorridoren

Sowohl im Kick-off Meeting als auch späteren Projekt-Besprechungen wurde zu Recht darauf hingewiesen, dass das Projekt den Titel „Global nachhaltige Wohlstandsniveaus“ trägt und schon die heutigen Verbrauchsmengen als nicht nachhaltig zu bewerten sind. Dies trifft erst recht für eine Verdopplung der Produktionsmengen bis 2030 zu. Auch mit Blick auf AP3 und der dort zu entwickelnden Storyline wurde daher schon im Auftaktgespräch das Verbrauchsniveau des Jahres 2000 als möglicher Referenzwert eines global nachhaltigen Niveaus diskutiert. Mit einer Zielperspektive „Verbrauchsniveau des Jahres 2000“ im Jahr 2030 kann gleichzeitig auf die derzeitige Diskussion z.B. im PolRess-Projekt³⁰ Bezug genommen werden, bei der ebenfalls die Zielperspektive „Niveau des Jahre 2000“ diskutiert wird. Weitere,

³⁰ Siehe <http://www.ressourcenpolitik.de/>

möglicherweise auch strengere, Zielwerte, wie z.B. die von einer Reihe von Umweltverbänden vorgeschlagenen Halbierung des Verbrauchsniveaus, könnten ebenfalls formuliert und grundsätzlich in der Bestimmung der Verfügungskorridore berücksichtigt werden. Dabei kann auch diskutiert werden, ob eine rohstoffspezifische Zielwertbestimmung sinnvoll erscheint, oder ob nicht ein Gesamtziel auf Basis des TMC³¹ oder RMC³² angestrebt werden sollte, in dem die individuellen rohstoffliche Zusammensetzungen je nach Konsummuster unterschiedlich sein können (siehe Kapitel 4.4: Budgetansätze).

Die Verfügungskorridore könnten direkt aus einer linearen Abnahme der jährlichen Produktionsmengen ab dem Basisjahr 2010 auf den Zielwert des Jahres 2030 ermittelt werden. Allerdings zeigen die aktuellen Produktionsmengen seit 2010 – mit wenigen Ausnahmen – immer noch steigende Wachstumsraten an. Ein Abschied von solch einem Wachstumstrend würde nur mit einer mehrjährigen Übergangszeit zu bewerkstelligen sein. Es ist somit realistischer die Produktionsmengen erst ab einem Peak-Jahr in einen degressiven Trendverlauf zu verändern, der ab diesem Zeitpunkt eine sinkende Förder- bzw. Produktionsmenge simuliert, die bis zum Jahr 2030 auf das Niveau des Jahres 2000 fällt. Als Umkehrpunkt würde sich das Jahr 2017 anbieten, da bis zu diesem Zeitpunkt für einige Metalle konkrete Prognosen über die Ausweitung der Produktionskapazitäten vorliegen. Damit würde sich ein geringerer, an Nachhaltigkeitsaspekten orientierender Verfügungskorridor ergeben als wenn versucht würde, eine voraussichtliche Fördermenge bis 2030 als Verfügbarkeitskorridore abzuschätzen.

Zudem kann mit der Bezugnahme auf ein global nachhaltiges Wohlstandsniveau auch eine Perspektive der globalen Gerechtigkeit eingenommen werden. Diskussionen zu nachhaltigen Verbrauchszielen sind häufig als globale pro-Kopf-Werte definiert und beinhalten damit die Perspektive, dass grundsätzlich jeder Menschen auf der Erde das Anrecht auf den gleichen Umfang an Rohstoffen hat. Dies bedeutet nach heutigem Verbrauchsniveau in den entwickelten Industriestaaten zusätzlich Anstrengungen zur Reduzierung ihres pro-Kopf-Verbrauchs an Rohstoffen als dies sich allein aus einer Nachhaltigkeitsperspektive ergeben würde.

In dem Projekt wurden daher drei Szenarien errechnet: Ein Baseline-Szenario mit einem Verfügbarkeitskorridor und zwei Szenarien mit Verfügungskorridoren, die einmal die Zielformulierung „Reduzierung des Produktionsniveaus bis 2030 auf die Werte des Jahres 2000“ aufgreifen, aber die ungleichen Verbrauchsniveaus pro Kopf beibehalten (Szenario „Nachhaltigkeit“), und einmal zusätzlich noch einen global gleichgroßen Korridor für alle

³¹ Definition TMC (UBA 2012a): Der TMC erfasst alle Materialflüsse aus verwerteter und nicht verwerteter Entnahme im Inland sowie aller im Ausland anfallender Materialflüsse aus verwerteter und nicht verwerteter Entnahme, die durch Importe verursacht werden, abzüglich der Masse der Exporte einschließlich der durch sie verursachten indirekten und versteckten Stoffströme.

³² Definition RMC (UBA 2012a): „In der wirtschaftsraumbezogenen Stoffstromrechnung berechnet sich der RMC aus der Gesamtmasse der im Inland gewonnenen Primärrohstoffe sowie der - in Rohstoffäquivalente umgerechneten – importierten Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren abzüglich der – in Rohstoffäquivalente umgerechneten – exportierten Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren.“

Menschen unterstellen (Szenario „Nachhaltig und global gerecht“). In beiden Fällen (Verfügbarkeits- wie Verfügungskorridore) ergibt sich eine absolute globale Förder- bzw. Produktionsmenge bis zum Jahr 2030 (Tab. 19). Die beiden Verfügungskorridore unterscheiden sich lediglich in ihrer pro-Kopf-Verteilung. Ein Vergleich der jeweils letzten Spalte der Tab. 18 und Tab. 19 zeigt, dass selbst in einem Szenario „Nachhaltig und global gerecht“ mit seinen zwei Zielwertdimensionen für das Jahr 2030 die rot markierten Metalle in Tab. 19 mit ihrer geschätzten statischen Reichweite unterhalb der bis zum Jahr 2030 prognostizierten Produktionsmenge liegen, oder im Fall von Silber ziemlich genau die nach statischer Reichweite noch mögliche Fördermenge darstellen. Die globale Fördermenge an Zinn war im Jahr 2000 sogar höher als im Jahr 2010, so dass hier eine Zielperspektive „Verbrauchsniveau des Jahres 2000“ sogar zu höheren Produktionsmengen führt.

Anhand der prognostizierten weltweiten Bevölkerungsentwicklung bis zum Jahr 2030 können die absoluten Verbrauchsmengen als globale pro-Kopf-Werte ausgedrückt werden, sowohl für jährliche Verbrauchswerte pro Kopf, wie auch als Summe dieser Werte zw. 2010- 2030. In diesem pro-Kopf-Wert, der jedem Menschen der Erde rein rechnerisch zur Verfügung steht, sind jedoch der Rohstoffbedarf für alle produzierten Güter enthalten; von Haushaltsgütern, über Investitionsgüter oder Infrastrukturen bis hin zum Staatsverbrauch.

Verfügbarkeits- bzw. Verfügungskorridore³³ auf Basis der absoluten Produktionsmenge sind somit als Benchmark für eine mögliche Internet-Applikation nicht geeignet, da der Gesamtverbrauch als Vergleichsmaß viel zu hoch ist. Es ist also ein weiterer Eingrenzungsschritt notwendig, um die globalen Korridore zu beschränken; und zwar auf die Mengen an Rohstoffen, die für langlebige Konsumgüter zur Verfügung stehen³⁴. Für das Verhältnis des Rohstoffbedarfs für langlebige Konsumgüter als Teil des gesamten Rohstoffbedarfs liegen jedoch keine materialspezifischen Daten über den globalen Durchschnitt vor. Aus den Ergebnissen des AP1a können - unter bestimmten Annahmen - für metallische Rohstoffe diese Relationen allerdings für Deutschland näherungsweise abgeschätzt werden und als globaler Durchschnitt verwendet werden.

Zunächst muss dafür die Höhe des Gesamtverbrauchs der ausgewählten Rohstoffe (in Form des sichtbaren Verbrauchs, also Produktion + Importe – Exporte) in Deutschland ermittelt werden. Diese Daten werden über Statistiken der Bundesanstalt für Geowissenschaft (DERA, 2012) und der British Geological Survey (BGS, 2012) gut erfasst. Diese enthalten jedoch nicht die Rohstoffgehalte der im- und exportierten Fertiggüter. Die in AP1a ermittelte Rohstoffmenge des sichtbaren Verbrauchs für ausgewählte Haushaltsgüter dient dagegen als Proxy-Indikator für den gesamten Materialverbrauch für langlebige Konsumgüter. Aus diesen beiden Werten

³³ Die Berechnung der Korridore pro Kopf wird in allen Fällen von den absoluten globalen Produktionsmengen bis zum Jahr 2030 abgeleitet. Lediglich in der Ausgangsgröße der Produktionsmengen unterscheiden sich die Verfügungs- von den Verfügbarkeitskorridoren. Daher werden in der Darstellung der weiteren Berechnungsschritte der Korridore pro Kopf beide Begriffe synonym verwendet.

³⁴ Für die Verständlichkeit der Internetapplikation ist es vermutlich hilfreich, sich zunächst nur auf die direkt in den Haushaltsgeräten enthaltenen Rohstoffmengen zu beschränken und die indirekt notwendigen Rohstoffverbräuche in der Vorleistungskette auszusparen.

kann näherungsweise ein Anteil der langlebigen Konsumgüter am Gesamtverbrauch in Deutschland abgeschätzt werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass bei einigen der untersuchten Haushaltsgüter der Anteil an direkt importierten Fertigprodukten hoch ist und dieser Materialgehalt daher nicht in den Statistiken der BGR und BGS für den Gesamtverbrauch metallischer Rohstoffe in Deutschland enthalten sind.

Tab. 19: Absolute globale Produktionsmenge zw. 2010-2030:

			Absolute globale Produktionsmenge zw. 2010-2030	Absolute globale Produktionsmenge zw. 2010-2030
			BAU (Baseline)	Zielwert: Produktionsniveau Jahr 2000
Metalle	Aluminium	in 1000 t	1.631.716	1.086.611
	Kupfer	in 1000 t	518.575	365.389
	Gold	in t	78.816	60.504
	Rohstahl	in 1000 t	40.225.538	29.017.111
	Palladium	in kg	5.593.694	4.374.000
	Platin	in kg	6.168.308	4.356.111
	Zinn	in t	5.492.769	5.529.944
	Blei	in t	135.472.406	95.476.481
	Zink	in t	405.762.761	280.266.417
	Silber	in t	765.910	539.847
	Chrom	in t	245.010.098	154.694.949
	Magnesium	in t	23.707.896	15.611.816
	(Flach-)Glas	in 1000 t	2.265.510	1.294.436
Fossile Brennstoffe	Erdöl	1000 Barrels/Tag	1.963.053	1.778.222
	Erdgas	Mrd. m3	82.890	67.067
	Kohle	in Mio. Tonnen	177.897	146.613
Biotisch	Baumwolle	in t	616.744.121	510.022.660

Quelle: eigene Zusammenstellung

Die Abschätzung des Anteils der privaten Haushalte am Gesamtverbrauch der Rohstoffe ist ein hoch sensibler Einflussfaktor für die Höhe der verwendeten Verfügbarkeits- bzw. Verfügungskorridore. Eine Verdopplung der Anteile am Gesamtverbrauch würde die Verfügbarkeitskorridore ebenfalls verdoppeln. Aufgrund der beschriebenen methodischen Schwierigkeiten, die im Rahmen dieses Pilotprojektes jedoch nicht aufzulösen sind, könnte in

einem Nachfolgeprojekt untersucht werden, ob eine rohstoffspezifische Abschätzung des Anteils der privaten Haushalte am Gesamtverbrauch über die Zurechnung der letzten Verwendung erfolgen kann (siehe dazu auch nachfolgendes Kapitel). Diese Zurechnung des Verbrauchs einzelner Rohstoffe auf die verschiedenen Kategorien der letzten Verwendung wird derzeit vom Statistischen Bundesamt innerhalb eines laufenden UBA-Projektes durchgeführt. Allerdings ist dabei zu beachten, dass eine Zurechnung auf die letzte Verwendung über ein übliches Input-Output-Modell immer auch die Vorleistungsketten, sowie auch den Anteil des Konsums der privaten Haushalte, der innerhalb eines Jahres verbraucht wird, enthält. Zudem sind diese Verhältnisse wiederum auf Deutschland bezogen und müsste für die Berechnung globaler Verfügungskorridore als globaler Durchschnitt interpretiert werden.

Die in diesem Projekt ermittelten Anteile der einzelnen Rohstoffe für den langlebigen Konsum der privaten Haushalte am Gesamtverbrauch in Deutschland liegen größtenteils im einstelligen Prozentbereich. Lediglich für Platin, Palladium und Magnesium werden nach den vorliegenden Daten höhere Anteile geschätzt. Der hohe Anteil der privaten Haushalte am jährlichen Verbrauch von Platinmetallen wird z.B. durch die hohe Relevanz der Autokatalysatoren für den jährlichen Verbrauch an Platinmetallen in Deutschland ersichtlich.

Während die Berücksichtigung des Anteils der privaten Haushalte am gesamten Rohstoffverbrauch den Benchmark des Verfügungs- und Verfügbarkeitskorridors per Kopf zum Teil deutlich reduziert, erhöht gleichzeitig die Beachtung von Sekundärmaterial die Gesamtmenge an Rohstoffen, die für die Produktion von Gütern zur Verfügung steht. Der Sekundäranteil in Gütern ergibt sich aus der sogenannte Sekundär-Inputquote, oder auch Recycling Content, deren Höhe den Berichten des International Resource Panel (2011) entnommen wurde. In der für die Internetapplikation zu entwickelnden Datenbank können grundsätzlich auch dynamische Sekundär-Inputquote bis zum Jahr 2030 unterstellt und in den Kalkulationen entsprechend berücksichtigt werden. Entsprechende Spannbreiten, die z.B. aus technologischen und monetären Gründen für eine Steigerung der Sekundär-Inputquote bis 2030 realistisch erscheinen, sind jedoch noch nicht erarbeitet worden. Derzeit ist eine statische Sekundär-Inputquote bis 2030 in den Berechnungen hinterlegt.

Für die untersuchten nicht-metallischen Rohstoffe wurden folgenden Annahmen über den Anteil der langlebigen Konsumgüter am Gesamtverbrauch sowie dem Sekundäranteil getroffen:

Flachglas: Der überwiegende Anteil der Flachglasproduktion wird im Bausektor eingesetzt. Lediglich 7,15% der globalen Produktionsmenge in 2010 wurde im Sektor Fahrzeugbau und damit verbundenen Dienstleistungen (Austausch von Windschutzscheiben etc.) verwendet (NSG 2011). Da der langlebige Konsum an Glas durch die privaten Haushalte in der hier verwendeten Auswahl an Haushaltsgütern maßgeblich durch den Glasanteil der PKWs bestimmt wird, wird zur Abschätzung der zukünftigen Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridore nur der Anteil von 7,15% der globalen Produktionsmenge als Referenzgröße verwendet.³⁵ Aus produktionstechnischen Gründen kommt in der Herstellung von Flachglas, im Gegensatz zu Verpackungsmaterial aus Glas, kein rezykliertes Glas zum

³⁵ Dabei ist zu beachten, dass in diesen 7,15% der Produktionsmengen auch Nutzfahrzeuge enthalten sind.

Einsatz, so dass sich hier, im Gegensatz zu Metallen, keine Erhöhung der Korridore durch den Einsatz von Recyclingmaterial ergibt.

Baumwolle: Aus der Herleitung des akkumulierten Bedarfs von Baumwolle der privaten Haushalte in Deutschland (Kapitel 5) ist die Höhe des Baumwollverbrauchs für Textilien und Bekleidung in Deutschland bekannt. Der Einsatz von Baumwolle außerhalb der Bekleidungs- und Textilindustrie dürfte in ihrer Größenordnung zu vernachlässigen sein. Ungeklärt ist, wie hoch der Anteil der privaten Haushalte am Inlandsverbrauch von Bekleidung und Haus- und Heimtextilien ist, und damit welchen Anteil die rund 800.000 Tonnen Baumwollfasern für den Konsum der privaten Haushalte Verwendung finden. Bei der Berechnung des Baumwollverbrauchs für Bekleidung und Haushalts- und Heimtextilien in Kapitel 5 dieses Berichtes wird dieser vollständig den privaten Haushalten zugerechnet und damit der Bedarf für z.B. Krankenhäuser, Hotels und Schaufenstermarkisen etc. vernachlässigt. Für die Bestimmung des Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridors von Baumwolle wird vorgeschlagen einen Anteil von 80% des Baumwollverbrauchs den privaten Haushalten zuzurechnen und als globalem Benchmark zu verwenden und 20% für gewerbliche Zwecke.

Allerdings konnte in diesem Projekt keine wirklich praktikable Methode entwickelt werden, wie dieser Verfügbarkeits- bzw. Verfügungskorridor für Baumwolle sinnvoll mit dem Verbrauch bzw. Bestand an Textilien und Bekleidung der privaten Haushalte verknüpft werden kann. Zwar können die Angaben über den Verbrauch von Baumwollfasern in pro-Kopf-Werte umgerechnet werden: 17 kg pro Kopf und Jahr für Textilien und Bekleidung, davon rund 10 kg für Bekleidung, mit einem Baumwollfaseranteil von rund 40%, so dass jeder Bundesbürger für Textilien und Bekleidung knapp 7 kg Baumwolle verbraucht.³⁶ Für eine mögliche Berechnungsfunktion müssten die vielfältigen Haushaltsprodukte, die Baumwolle enthalten, jedoch einzeln mit einem Baumwollgewicht verknüpft und entsprechend abgefragt werden (z.B. 80 g Baumwolle pro T-Shirt, unter der Annahme ein T-Shirt wiegt durchschnittlich 200g und einem durchschnittlichen Baumwollanteil von 40%). Ein Nachfolgeprojekt, das den Konsum der privaten Haushalte detaillierter bestimmt als dies in diesem Projekt möglich war und ggf. auf primären Haushaltsdaten, über z.B. eigenen Surveys, zurückgreifen kann, könnte diese Datenlücken schließen. Entsprechend bietet es sich an, in diesem Projekt den Baumwollverbrauch für Textilien und Bekleidung eher als Infobox, denn als Teil des Rechners innerhalb der Internetapplikation zu verwenden.

Über den Einsatz von Recyclingmaterial liegen für den Verbrauch von Baumwollfasern keine Daten vor. Altkleider, die nicht mehr verwendet werden können, werden zunehmend in anderen Nutzungsbereichen z.B. als Dämmmatten und Fußbodenbelägen verwendet. Der Umfang und die Einsatzgebiete von Sekundärmaterial aus dem Konsum der privaten Haushalte könnten ebenfalls in einem Folgeprojekt näher betrachtet werden. In diesem Projekt wird jedoch kein Recycling-Anteil in die Berechnung der Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridore mit einbezogen.

³⁶ Unter der Annahme, dass die in Deutschland für Textilien und Bekleidung verwendeten Baumwolle komplett durch die privaten Haushalte verbraucht wird.

Naturkautschuk: Anhand von Marktdaten des Wirtschaftsverbandes der deutschen Kautschukindustrie e.V. liegen Daten über den inländischen Verbrauch an Naturkautschuk für die Jahre 2006 bis 2012 vor (wdk, verschiedene Jahrgänge). Danach wurden im Jahr 2012 655.000 Tonnen Kautschuk in Deutschland verarbeitet, davon 240.000 Tonnen Naturkautschuk. Während für die Herstellung von Reifen jeweils ähnlich hohe Anteile an Naturkautschuk (170.000 Tonnen) wie synthetischem Kautschuk (185.000 Tonnen) verwendet wurden, wird für die Herstellung von Technischen Elastomer-Erzeugnissen (Dichtungen, Schläuche etc.) vor allem synthetischer Kautschuk verwendet (230.000 Tonnen). Die Menge an Naturkautschuk bleibt mit rund 70.000 Tonnen deutlich hinter dem Anteil der Reifenproduktion zurück. Nur unzureichend kann aus den vorliegenden Daten der Anteil der Ex- und Importe, die Unterteilung zwischen PKW- und LKW-Reifen oder die Bedeutung von runderneuten PKW-Reifen auf den Verbrauch an Naturkautschuk abgeschätzt werden. Nicht für alle Bauteile aus Gummi in den untersuchten Haushaltsgütern ist zudem festzustellen, ob diese aus synthetischem Gummi (und damit auf Rohölbasis) oder Naturkautschuk bestehen, bzw. ob die Angaben der Sachbilanzen korrekt sind. So wird in der Sachbilanz für PKWs ein Materialbedarf von 4 kg Gummi pro Reifen angegeben, der in AP1 zunächst als Naturkautschuk interpretiert wurde. Laut Angaben des wdk wird Naturkautschuk jedoch vor allem für LKW- und Winterreifen verwendet, die eine höhere Abriebfestigkeit aufweisen sollen, während PKWs ab Werk im Normalfall mit Sommerreifen aus überwiegend synthetischem Gummi ausgestattet werden. Den Marktdaten des wdk kann weiterhin entnommen werden, dass 50% des Umsatzes im Bereich der Technischen Elastomere Erzeugnisse ebenfalls mit Produkten für den Fahrzeugbau (Antriebsriemen, Karosseriedichtungen) generiert wird. Für die Berechnung der Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridore wird vorgeschlagen, dass jeweils 50% des Verbrauchs an Naturkautschuk in Deutschland (120.000 Tonnen im Jahr 2012) dem Konsum der privaten Haushalte zugerechnet wird und dieses Verhältnis auf die globale Produktionsmenge an Naturkautschuk (11,22 Mio. Tonnen in 2012) übertragen wird.

Die deutschen Reifenhersteller produzieren neben rund 20 Mio. Reifen für die Erstausrüstung der rund 5 Mio. in Deutschland produzierten PKWs zusätzlich noch rund 50 Mio. Reifen für die Ersatzbeschaffung; jeweils zu gleichen Teilen Sommer- wie Winterreifen. Während in früheren Jahren nahezu jeder Fahrzeughalter für seinen PKW einen Satz Winter- wie Sommerreifen besaß, setzten sich heute immer mehr Allwetterreifen durch. Für den Bestand kann durchschnittlich 1,5 Reifensätze pro PKW gerechnet werden. Inwiefern für die jährlichen Materialverbräuche mittels des Neukaufs von PKWs auch ein Verkauf von Winterreifen erfolgt ist unklar.

Über den Einsatz von Recyclingmaterial liegen für den Verbrauch von Naturkautschuk keine Daten vor. Es wird kein Recycling-Anteil in die Berechnung der Verfügungskorridore mit einbezogen.

Fossile Brennstoffe für die Herstellung von Kunststoffen: Es liegen keine direkten Informationen vor, welchen Anteil der weltweiten oder deutschen Erdöl- bzw. Erdgas-Verbräuche für die Herstellung von Kunststoffen verwendet werden und wie hoch wiederum der Verbrauch an Kunststoffen in langlebigen Konsumgütern der privaten Haushalte am Gesamtvolumen der Kunststoffprodukte darstellt. Über Daten der Consultic-Marktstudie (2012) zur Lage der deutschen Kunststoffindustrie im Jahr 2011 kann der Anteil der privaten Haushalte am Gesamtverbrauch von Kunststoffen in Deutschland etwas eingegrenzt werden. Im Jahr 2011 wurden demnach 11,86 Mio. Tonnen Kunststoffprodukte in Deutschland

verarbeitet/verbraucht. Davon 34,7% (4,11 Mio. Tonnen) für Verpackung, die allerdings als nicht langlebig eingeschätzt werden können. Abzüglich des Kunststoffbedarfs für Verpackung wurden im Jahr 2011 in Deutschland demnach 7,75 Mio. Tonnen Kunststoffe in überwiegend langlebigen Gütern verarbeitet. Die Hochrechnung des Kunststoffbedarfs des Jahres 2010 über den Konsum der ausgewählten Konsumgüter summiert sich auf 1,03 Mio. Tonnen. Dies entspricht einem Anteil von 13,3% der Kunststoffproduktion für langlebige Güter in Deutschland.³⁷ Über den kunststoffspezifischen Erdölgehalt der einzelnen Kunststoffe (Quelle: Europlastic) kann diese Kunststoffmenge wiederum in eine Erdölmenge zurückgerechnet werden. Nach unserer Abschätzung sind für die Herstellung von 1,03 Mio. Tonnen Kunststoff 0,98 Mio. Tonnen Rohöl notwendig gewesen.³⁸ Der Gesamtverbrauch an Rohöl belief sich in Deutschland im Jahr 2011 auf 118 Mio. Tonnen (BP 2013). Demnach wird weniger als 1% des deutschen Erdölverbrauchs (0,83%) für die Herstellung von Kunststoffen für langlebige Konsumgüter verwendet. Für die Berechnung der Verfügungs- und Verfügbarkeitskorridore wird somit ein Anteil von 0,83% der globalen Fördermenge an Erdöl als Benchmark für den Verbrauch von Kunststoffen verwendet.

Der Anteil an rezykliertem Kunststoff in langlebigen Haushaltsgütern ist unbekannt. Im Moment sind die Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridore ohne Recycling-Anteil berechnet. Eine Quote ist im Rahmen der Berechnung innerhalb der Internet-Datenbank jederzeit integrierbar.

Die zunächst globalen absoluten Verfügungs- und Verfügbarkeitskorridore (Tab. 19) werden für alle Rohstoffe entsprechend der abgeleiteten Anteile des Verbrauchs der privaten Haushalte beschränkt. Bei metallischen Rohstoffen erhöht sich der Anteil jedoch um eine durchschnittliche globale Recycled-Content-Rate je Metall. Diese Daten werden in drei unterschiedlichen Szenarien (BAU, Nachhaltig sowie Global gerecht und Nachhaltig) bis 2030 fortgeschrieben und die absoluten Mengen pro-Kopf-Werte umgewandelt. Durch diese Methode enthält man jährliche Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridore für jeden ausgewählten Rohstoff für den Zeitraum 2010-2030, die einerseits Metallrecycling beachtet und gleichzeitig nur die Anteile der global verfügbaren Rohstoffmengen berücksichtigen, die näherungsweise heute durch den Konsum der privaten Haushalte verbraucht werden. Die so bestimmten Produktionsmengen pro Kopf können summiert werden, so dass neben einer jährlichen Betrachtung der Auswirkung von Konsumententscheidungen auch eine Analyse der Auswirkung von Konsumententscheidungen über einen längeren Zeitraum erfolgen kann. Zudem ist eine Dynamisierung der Sekundär-Inputrate (Recycled-Content) jederzeit implementierbar.

Wie aus Tab. 20 ersichtlich, stehen nach dieser Abschätzung jeder Person weltweit im Zeitraum 2010-2030 rechnerisch ein Materialkonto an ausgewählten Rohstoffen von 3194,2 kg in einem

³⁷ Eine korrekte Einbeziehung der gehandelten Kunststoffmengen sowie des Kunststoffgehaltes importierter Fertiggüter ist wie bei den anderen Rohstoffkategorien mit den vorhandenen Daten nicht möglich. So das auch im Bereich der Kunststoffe die einheimische Produktionsmenge als Proxy-Indikator für die einheimische Verbrauchsmenge verwendet wird.

³⁸ In der Kunststoffindustrie wird nicht nur Erdöl, sondern auch Erdgas verwendet. Vereinfacht wird in diesem Projekt allerdings angenommen, dass Kunststoffe aus Erdöl hergestellt werden

BAU-Szenario bzw. 866,4 kg in einem Szenario mit einem Zielwert „Verbrauchsniveau des Jahres 2000“ und einer global gerechten pro-Kopf Verteilung zu. Der größte Anteil des BAU-Rohstoffkontos ist mit rund 78% der Rohstoff Stahl, gefolgt von Erdöl für Kunststoffe (ca. 10%) und Baumwolle (ca. 6%).

Tab. 20: Verfügbarkeits- und Verfügungskorridore pro Kopf summiert für den Zeitraum 2010-2030

	Verfügbarkeitskorridor pro Kopf in kg 2010-2030	Verfügungskorridor pro Kopf in kg 2010-2030	Verfügungskorridor pro Kopf in kg 2010-2030
	BAU (Baseline)	Nachhaltig	Global gerecht & Nachhaltig
Aluminium	88,3	57,6	13,5
Kupfer	27,5	19,0	3,2
Gold	0,0011	0,0008	0,0005
Rohstahl	2482,0	1757,3	641,3
Palladium	0,0005	0,0004	0,0002
Platin	0,0017	0,0012	0,0006
Zinn	0,0469	0,0473	0,0112
Blei	7,2	5,0	1,5
Zink	0,32	0,22	0,06
Silber	0,0057	0,0039	0,0009
Chrom	0,39	0,25	0,02
Magnesium	1,86	1,26	0,43
(Flach-)Glas	55,2	31,3	20,7
Erdöl für Kunststoffe	304,7	296,0	100,7
Baumwolle	186,6	153,9	66,8
Naturkautschuk	40,1	31,0	18,1

Quelle: eigene Zusammenstellung

4.2 AP1c) Aufteilung des gesamten Rohstoffverbrauchs auf einzelne Einsatzbereiche in Deutschland

Im Arbeitspaket 1b) wird deutlich, dass die ausgewählten Rohstoffe sowohl für die Herstellung langlebiger Konsumgüter, als auch für die Produktion von Kapitalgütern oder für staatliche Investitionen verwendet werden können. Dabei ist die Größenordnung des Verbrauchs an Rohstoffen durch die privaten Haushalte eine der wichtigsten Stellgrößen zur Bestimmung der Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridore und damit auch der Budgetkonten. Wie in Kapitel 4.2 beschrieben, führt die dort beschriebene Methode diesen Anteil anhand eines Vergleichs des sichtbaren Konsum in Deutschland und des Rohstoffverbrauchs für die verwendete Auswahl an Haushaltsgütern a) zu sehr unterschiedlichen Anteilen je nach Rohstoff und b) zu tendenziell unterschätzten Anteilen, da der Konsum der privaten Haushalte lediglich über die Summe der 26 Haushaltsgüter erfasst wird und damit zwar relevanten Anteile abdeckt, aber nicht vollständig den Konsum der privaten Haushalte mit langlebigen Produkten darstellt.

Eine weitere Möglichkeit die Anteile der verschiedenen Einsatzbereiche des Rohstoffverbrauchs abzuschätzen, ist die Verwendung einer um Umweltaspekte erweiterten Input-Output-Analyse (EE-IOA, Environmentally Extended Input-Output-Analysis). Diese erlaubt eine Analyse der direkten und indirekten Umweltbelastungen des Produktionssystems, sowohl aus einer Produktionsperspektive als auch einer Verbrauchersperspektive. Mit Hilfe der Verbrauchersperspektive können die Fragen beantwortet werden, welche Produktgruppen z.B. besonders starke Umweltbelastungen aufweisen und welche Akteure der letzten Verwendung diese Produkte konsumieren.

Mit der EE-IOA-Methode werden die direkten Umweltbelastungen (z.B. der Materialverbrauch) der ökonomischen Aktivitäten der einzelnen Produktionssektoren über die monetären Verflechtung der Sektoren untereinander verteilt und letztlich bis zur Zusammenfassung über die Kategorien der letzten Verwendung akkumuliert. Mit anderen Worten: Die Umweltbelastungen des Landwirtschaftssektors werden über die monetären Vorleistungsbeziehungen den nachgelagerten Sektoren (z.B. dem Nahrungsmittelsektor) als indirekte Umweltbelastung zugerechnet und akkumulieren sich dort mit den direkten Umweltbelastungen des Nahrungsmittelsektors und weiter in einem iterativen Prozess zu nachgelagerten Produktionssektoren, dem Export oder anderen Kategorien der letzten Verwendung. Während der einheimische Ressourcenverbrauch sich aus der inländischen Extraktion ergibt, importieren die einzelnen Sektoren Rohstoffe, Vorprodukte aber Fertigprodukte wie Maschinen. Für diese Importe werden die Umweltbelastungen wie z.B. die notwendigen direkten und indirekten Materialmengen oder enthaltenen Emissionen über zumeist vereinfachte Zurechnungen durchgeführt, die sich an einheimischen Koeffizienten orientieren. Die zunehmende Bedeutung der Rohstoffinput-Indikatoren zeigt das Bestreben zunehmend rohstoff- und länderspezifische Koeffizienten zu generieren, die genauerer Abschätzungen der mit Im- und Exporten verbundenen Rohstoffmengen ermöglichen.

In dieser Zurechnung sind jedoch nur die im Produktionsprozess notwendigen Materialmengen der verschiedenen Konsumaktivitäten enthalten. Zusätzlich werden in EE-IO-Analysen auch die direkten jährlichen Materialflüsse der Nutzungsphase (vor allem der Verbrauch von fossilen Brennstoffen) dieser wirtschaftlichen Aktivitäten abgeschätzt. Weiterhin findet in einer Analyse mittels EE-IOA normalerweise keine Unterscheidung statt zwischen dem Konsum langlebiger Güter und dem Anteil an Produkten, die innerhalb eines Jahres verbraucht werden. Für die

Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridore der privaten Haushalte werden aber nur die indirekten Materialverbräuche des Produktionsprozesses, also die für die Herstellung der Konsumgüter notwendigen Rohstoffmengen verwendet.

Laut einem EEA-Report (Watson et al. 2013), der die hier skizzierte Methodik der EE-IOA detailliert beschreibt, liegt der Anteil der privaten Haushalte in den neun untersuchten EU-Ländern durchschnittlich bei 55% des gesamten (monetären) inländischen Konsums. Der Staatsverbrauch umfasst 25% und die Höhe der Investitionen 20% des inländischen Verbrauchs. Der inländische Konsum der privaten Haushalte besteht wiederum zu 60-70% aus Dienstleistungen und zu 30-40% aus materiellen Gütern, wie den hier untersuchten langlebigen Haushaltsgütern, aber auch Gütern, die innerhalb eines Jahres verbraucht werden. Mit Hilfe der EE-IOA kann festgestellt werden, welche Produktgruppen mit welchem Materialverbrauch die letzte Verwendung bestimmen. Nach Watson et al. (2013) sind es vor allem vier Produktgruppen, die insgesamt zu 55% den TMC in den untersuchten Ländern bestimmen: der Bausektor (Gebäude und Infrastrukturen), der Sektor Nahrungsmittel und Getränke, die Land- und Forstwirtschaft plus Fischerei über direkte Lieferung von Produkten an Endverbraucher, sowie die Energiewirtschaft, und da vor allem die Stromerzeugung.

Alle vier Produktionssektoren erzeugen entweder langlebige Güter, die teilweise von privaten Haushalten genutzt werden und von ihnen gekauft werden (Wohngebäude), in diesem Pilotprojekt aber nicht untersucht werden, oder produzieren vorrangig kurzlebige Verbrauchsgüter, die innerhalb eines Jahres oder direkt verbraucht werden (Nahrungsmittel, Strom oder Wärme) und ebenfalls außerhalb des Fokus dieses Projektes liegen.

Der Bericht von Watson et al. (2013) dokumentiert nicht explizit, welche Bereiche der letzten Verwendung diese Güter letztlich verbrauchen, sondern weist die Ergebnisse nur als Summe aus. Allerdings sind die EE-IOT grundsätzlich so aufgebaut, dass unterschieden werden kann, welcher Anteil des Materialverbrauchs z.B. des Sektors Nahrungsmittel und Getränke in der letzten Verwendung von den privaten Haushalten, dem Staat oder in Form von Investitionsgütern konsumiert werden. Die Investitionsgüter können wiederum unterschieden werden zwischen Investitionen in Bauten und Ausrüstungen. Die derzeit vorliegenden Studien sind noch nicht in der Lage beliebig viele Einzelrohstoffe über EE-IOA den einzelnen Kategorien der letzten Verwendung zuzurechnen. In der Regel wurde solche Zurechnungen bis jetzt nur für ausgewählte Rohstoffe durchgeführt. Von daher werden normalerweise mit Hilfe von EE-IOA vor allem aggregierte Rohstoffgruppen wie Metalle oder biotische Rohstoffe als Ganzes oder der gesamte Materialverbrauch gemessen als DMI oder mit ungenutzter Extraktion als TMR untersucht. Da EE-IOA in der Regel auf der Basis monetärer Tabellen erfolgt, können zwar monetär induzierte Ressourcenflüsse zwischen den Sektoren bestimmt werden. Diese monetären Flüsse spiegeln jedoch nur begrenzt die physischen Stoffflüsse zwischen den Sektoren ab. Dazu wären physische IOT, ggfs. differenziert nach Stoffen, notwendig.

Das Wuppertal Institut hat für das European Topic Centre on Resource and Waste Management (ETC/RWM) mittels EE-IOA den TMR des Jahres 2007 für die EU27 den Kategorien der letzten Verwendung zugerechnet (EEA 2013). Danach induzieren die privaten Haushalte der EU27 über ihren Konsum, sowohl direkt wie auch als Summe aus direkt und indirekt verursachten Rohstoffverbrauchs, knapp 50% des TMR. Jeweils rund 20% des TMR wird durch die Produktion von Kapitalgütern und Exportgütern induziert, die restlichen Kategorien (Non-Profit-Organisationen, Staat, Lagerveränderungen) sind von deutlich untergeordneter Bedeutung. Werden die Exporte aus dieser TMR-Berechnung ausgeklammert und betrachtet man nur den

inländischen Konsum, steigt der Anteil der privaten Haushalte auf 68% für die direkt induzierten Rohstoffe der verschiedenen Kategorien der letzten Verwendung und 59% für direkt und indirekt induzierten physischen Stoffflüsse. Aus älteren Berechnungen des Wuppertal Institutes für Deutschland ist bekannt, dass der Anteil der privaten Haushalte am TMR in Deutschland geringer ist, da der TMR in Deutschland stärker von Exporten bestimmt wird.

Über die Klassifikation der Ausgaben des individuellen Konsums nach Verwendungszweck (COICOP – Classification of individual consumption by purpose) kann der Konsum der privaten Haushalte weiter ausdifferenziert werden. Über Zurechnungsmatrizen werden die Güterkategorien nach der Systematik der CPA (Classification of Products by Activity), wie sie in den EE-IOT verwendet werden, den funktionalen Kategorien der COICOP zugeordnet. So bildet die CPA-Kategorie 64 (Post- und Telekommunikation) beispielsweise die COICOP-Kategorie 08 (Kommunikation). Über diesen Umrechnungsschritt erfolgt eine Zurechnung des Materialverbrauchs der privaten Haushalte zu funktionalen Konsumkategorien. Im Ergebnis wird deutlich, dass die beiden ressourcenintensivsten Ausgabebereiche der privaten Haushalte (mit 34% Nahrungsmittel und Getränke und 27% Wohnen, Wasser- und Energieverbrauch) aus überwiegend kurzlebigen Gütern bestehen, die in diesem Projekt explizit nicht untersucht werden.

Im derzeit laufenden UBA-Projekt „Kartierung des anthropogenen Lagers in Deutschland“ wurde erstmalig der Versuch unternommen, mittels EE-IOA den Anteil lagerrelevanter Rohstoffe abzuschätzen, der in Ausrüstungsinvestitionen fließt. Dabei wird nicht der gesamte Rohstoffbedarf mittels EE-IOA den Kategorien der letzten Verwendung zugerechnet, sondern nur die Rohstoffe, die überwiegend in langlebige Güter einfließen (also ohne fossile Brennstoffe und Biomasse, soweit kein Holz). In einem möglichen Nachfolgeprojekt für „Global nachhaltige Wohlstandsniveaus der privaten Haushalte“ könnte dieser Ansatz auch auf die Kategorie der letzten Verwendung der privaten Haushalte angewandt werden und so eine Unterscheidung des jährlichen Verbrauchs der privaten Haushalte zwischen langlebigen und kurzlebigen Gütern ermöglichen.

4.3 AP1d: Ableitung von „Budgetansätzen“ für die jährliche Inanspruchnahme von prioritären Rohstoffen pro Kopf

In AP1b sind die Rohstoffverfügbarkeiten bis 2030 für ausgewählte Rohstoffe erarbeitet worden. Die Rohstoffverfügbarkeiten können als Gesamtmenge der jeweils ausgewählten Rohstoffe, die bis zum Jahr 2030 für Konsumgüter zur Verfügung stehen, interpretiert werden. Diese Menge an Rohstoffen kann schneller oder langsamer verbraucht werden, je nach Konsumstruktur der Haushalte und bieten damit dem Nutzer Informationen, ob und wie weit er von einem global nachhaltigeren und gerechtem Verbrauchsniveau bestimmter Rohstoffe (Benchmark Förder- und Produktionsmenge des Jahres 2000 und global gerechter Verteilung pro Kopf) bzw. zumindest einem nachhaltigen Niveau des Rohstoffverbrauchs (Benchmark Förder- und Produktionsmenge des Jahres 2000) entfernt ist.

Unabhängig von der tatsächlichen Ausgestaltung des Internet-Tools soll anhand fiktiver Beispiele die Funktionsweise der Budgetkonten dargestellt werden. Dafür wird angenommen, dass die jährliche Verbrauchsmenge der ausgewählten Rohstoffe der einzelnen Haushalte ermittelt werden kann. Diese Rohstoffmengen können wiederum auch als Zeiteinheiten ausgedrückt werden. Ein Beispiel soll dies verdeutlichen: Erstens: Ein Haushalt induziert über

seine Konsumententscheidungen einen jährlichen Bedarf von 4 kg Aluminium; Zweitens: es wird weiter angenommen, dass dieser Haushalt aus drei Personen besteht und drittens: Aus den Verfügungskorridoren liegt im Szenario 3 die Information vor, dass jedem Menschen weltweit für den Zeitraum 2010 bis 2030 13,5 kg Aluminium zur Verfügung stehen (durchschnittlich 0,68 kg/Jahr). In diesem Fall ergibt sich aus diesen Informationen, dass der jährliche Bedarf von 4 kg Aluminium doppelt so hoch ist wie der globale Verfügungskorridor von 2,04 kg pro 3-Personen-Haushalt (3 x 0,68 kg). Daraus ergibt sich weiterhin, dass dieser Haushalt bei Beibehaltung dieses Konsumlevels seinen rechnerischen Verfügungskorridor bis 2030 (40,5 kg; 3 x 13,5 kg) in gut der Hälfte der Zeit (also bis 2020/2021) aufgebraucht haben wird.

Box 2: Beispielrechnung zeitlicher Budgetkonten

Die Berechnungsmethode mittels Zeitbudgets auf Grundlage der Verfügungskorridore in Szenario 3 („Global gerecht und nachhaltig“) soll an zwei fiktiven Beispielrechnungen exemplarisch dargestellt werden:

		Verfügungskorridor 2010-2014	Rohstoffbedarf	Rohstoffbedarf
		3 Personen	Fall 1	Fall 2
Aluminium	in kg	11,23	69,2	8,5
Kupfer	in kg	2,49	13,18	6,35
Gold	in g	0,39	0,09	0,09
Rohstahl	in kg	546,15	762,97	95,99
Palladium	in g	0,17	0,33	0,05
Platin	in g	0,47	1	0,05
Zinn	in g	8,37	0	0
Blei	in kg	1,19	9	0,45
Zink	in g	48,44	400	70
Silber	in g	0,72	0,92	0,92
Chrom	in g	14,7	0	80
Magnesium	in g	350,69	820	345
(Flach-)Glas	in kg	9,65	40,78	4,47
Erdöl für Kunststoffe	in kg	78,83	260,78	42,05
Baumwolle	in kg	54,5	0	0
Naturkautschuk	in kg	11,92	16	0,85

Quelle: Eigene Berechnungen

Fall 1: Ein **3-Personen Haushalt** gab im Jahr 2010 an, dass er bis 2014 plant einen PKW zu kaufen, zusätzlich wird angenommen, dass die drei Personen dieses Haushaltes in diesem Zeitraum jeweils ein neues Mobiltelefon und die Familie als Ganzes sich einen neuen Kühlschrank kaufen werden. Weiterhin kauft sich diese Familie bis zum Jahr 2014 voraussichtlich ein neues Notebook, welches gemeinschaftlich genutzt wird.

In diesem Beispiel würde dieser Familie die individuellen Budgets für drei Personen und für die Jahre 2010 bis 2014 zur Verfügung stehen (Spalte 3) und für die Herstellung der sechs Haushaltsgüter folgende Rohstoffe nötig sein (Spalte 4). Für einen Großteil der Rohstoffe würde die Konsumententscheidung, diese sechs Haushaltsgüter zu kaufen, die Budgetkonten der drei Familienmitglieder **für fünf Jahre** deutlich übersteigen. Hauptverantwortlich für die Überschreitung der Verfügungskorridore wäre der Kauf eines PKW.

In **Fall 2** (Spalte 5) wird daher angenommen, dass diese Familie im selben Zeitraum zwar ebenfalls ein neues Auto nutzen möchte - in diesem Fall jedoch in Form von Carsharing. Bei Carsharing nutzen zwischen 40-70 Personen einen PKW gemeinsam. Geht man für diese Bsp-Rechnung von 60 Personen aus, wird nur noch 1/20 der Rohstoffmengen eines PKW der Beispiel-Familie in Rechnung gestellt. Es wird weiterhin unterstellt, dass wie im Fall 1 diese Familie in fünf Jahren (2010-2014) drei Mobiltelefone, ein Notebook und einen Kühlschrank kaufen wird. Zusätzlich zu Fall 1 aber auch noch einen Flachbildschirm-TV und eine neue Waschmaschine. In diesem Fall würde die Beispielfamilie für deutlich weniger Rohstoffe ihre Budgetkonten überziehen.

An Hand der Beispielrechnungen kann gezeigt werden, wie eine Internetapplikation die individuellen Zeitbudgets analysieren könnte. So zeigt Fall 2, dass die Beispiel-Familie mit ihren Konsumententscheidungen ihr Aluminiumkonto im Nachhaltigkeitsszenario nicht überzieht, für Kupfer jedoch stark überzieht und für Gold nur im geringen Umfang belastet. Diese Budgetkonten in Spalte 3 können in Tageswerte umgerechnet werden, womit dann die eigentlichen Rohstoffbedarfe in den beiden letzten Spalten auf einem Zeitstrahl abgetragen werden können. Im Beispiel Aluminium bedeutet ein Budgetkonto von 5 Jahren (2010 – 2014) gleichzeitig ein Budgetkonto von 1.825 Tagen³⁹. Für einen drei Personen-Haushalt ergibt dies, dass ihnen in einem Nachhaltigkeits-Szenario in diesem Zeitraum rein rechnerisch 6,15 g Aluminium pro Tag für den Konsum langlebiger Güter zur Verfügung stehen (11,23 kg/1825 Tage). Der Aluminiumbedarf in Fall 1 (69,2 kg) belastet somit das Budgetkonto der Familie für diesen Rohstoff mit 11.248 Tagen oder 30 Jahren und 298 Tagen. Im Fall 2 (8,5 kg) wird dagegen das Aluminiumkonto von 5 Jahren (1.825 Tage) nur mit 3 Jahren und 287 Tagen belastet und damit über 1 Jahr im Budgetrahmen.⁴⁰

³⁹ Schaltjahre können grundsätzlich beachtet werden, sollen hier in den Beispielrechnungen aber unberücksichtigt bleiben.

⁴⁰ Die Tagesbudgets dienen vor allem einer möglichen Umsetzung als Zeitstrahl und sollen keine scheinbare Genauigkeit implizieren, da bei der Vielzahl an Annahmen weiterer Forschungsbedarf gegeben ist und eine kritische Überprüfung dieser Annahmen notwendig erscheint. Eine öffentliche Kommunikation der

Auf dieser Grundlage kann grundsätzlich eine aggregierte Zeitbudget-Rechnung durchgeführt werden, bei der die einzelnen Zeitbudgets der verschiedenen Rohstoffe zu einem einzigen Zeitbudget für alle ausgewählten Rohstoffe zusammengefasst werden könnten. Dies wird in diesem Pilotprojekt jedoch nicht umgesetzt. Zudem stellt sich die Frage, ob eine solche Aggregation sinnvoll wäre. Eine Verrechnung der verschiedenen Rohstoffe untereinander liefert den falschen Eindruck einer problemlosen Substituierbarkeit dieser Rohstoffe. Es muss in der möglichen Weiterentwicklung der Internetapplikation genau überlegt werden, ob mit Blick auf die gewünschten didaktischen Aussagen des Tools diese zeitlichen Verrechnungsmöglichkeiten untereinander und die damit augenscheinlichen Substituierbarkeiten falsche Signale transportieren. Allerdings könnte das Zeitbudget für die Summe der ausgewählten Rohstoffe auch entsprechend modifiziert werden, so dass sicher gestellt wird, dass dieses Zeitbudget nur dann positive Ergebnisse anzeigt, wenn alle individuellen Rohstoffe dieses Gesamtbudgets noch innerhalb ihres individuellen Budgets liegen. In diesem Fall würde der stofflichen Komplexität der Haushaltsgüter Rechnung getragen und anzeigen, dass selbst der übermäßige Bedarf einzelner Rohstoffe Konsequenzen für die Herstellung etlicher Güter hat.⁴¹

Zudem ist aus ökologischen Gesichtspunkten eine Orientierung an Reduktionsziele für den gesamten Rohstoffverbrauch, der der Natur entnommen wird, bzw. eine Reduktion des Umweltbelastungspotentials gegenüber Analysen und Zielwerten von Einzelrohstoffen zu bevorzugen.

Grundsätzlich kann neben einer Analyse des Konsumverhaltens über Zeitbudgets auch nach physischen äquivalenten Einheiten gesucht werden, die sich als Verrechnungseinheit eignen, indem sie vorrangig als solche auch inhaltliche Relevanz aufweisen. Das Eigengewicht der Rohstoffe ist dabei nur von untergeordneter inhaltlicher Relevanz. Entscheidend sind vielmehr Kriterien der funktionalen Äquivalenz wie sie z.B. bei THG-Potenzial oder beim Primärenergieverbrauch gegeben sind. Analog können Rohstoffe in ihren Primärmaterialäquivalenten (d.h. z.B. als MI) ausgedrückt werden oder als Rohstoffäquivalent, d.h. als KRA. Eine reine Addition von Stahl und Gold ist inhaltlich wenig sinnvoll, während eine Addition der MI- bzw. KRA-Äquivalente in Verbindung mit der inhaltlichen Interpretation durchaus sinnvoll ist.

Um die jeweiligen Äquivalenzwerte als Budgetkonten bis 2030 verwenden zu können, muss eine absolute Zielgröße für ein Zieljahr (in diesem Fall 2030) definiert werden. Solche Zielwerte befinden sich derzeit in der politischen Diskussion. Daher soll die Funktionsweise eines Budgetkontos auf Basis von Primärmaterialäquivalenten an dieser Stelle lediglich konzeptionell am Beispiel eines möglichen Reduktionsziele, welches derzeit im PolRes-Projekt diskutiert wird (10t/Kopf für TMC_{abiotisch}, entsprechend 5,2 t/Kopf für RMC bis 2050), aufgezeigt werden. Es ist bislang nicht geplant, diesen Budgetansatz schon öffentlich in einer Internetapplikation zu verwenden. Der Zielwert 10t/Kopf für TMC_{abiotisch} ergibt sich analog zu den

Ergebnisse in Form der konkreten Benennung des Overshoot-Days, analog zu Footprint-Berechnungen, wäre nach unserer Einschätzung auf Grundlage der Projektergebnisse zu früh.

⁴¹ Auch wenn die Unternehmen in der Vergangenheit rechtzeitig in der Lage waren, entsprechende Substitute für knapp werdende Rohstoffe zu entwickeln.

Verfügungskorridoren aus einem globalen Extraktionsniveau von Primärrohstoffen des Jahres 2000 und einer globalen gleich verteilten Verbrauchshöhe (Bringezu/Schütz 2013).

Den Zielwert für das Jahr 2030 kann über die Verwendung eines linearen Kurvenverlaufes zwischen dem in Bringezu/Schütz (2013) genannten Wert der TMC_{abiotisch}/Kopf des Jahres 2008 (43 t/Kopf) und dem Zielwert des Jahres 2050 (10 t/Kopf) definiert werden. Danach würde sich aus dem linearen Trendverlauf dieser zwei Endpunkte ein rechnerischer Zielwert für das Jahr 2030 in Höhe von 25,7 t/Kopf TMC_{abiotisch} ableiten lassen. Auch hier würden wiederum die jährlichen Verbrauchslevels des Zeitraums 2010-2030 entweder individuelle jährliche Verfügungskorridore oder einen summierten Verfügungskorridor über den gesamten Zeitraum darstellen, der aufgrund des abnehmenden Trendverlaufs gleichzeitig einem Nachhaltigkeitsszenario entspricht.

Da in diesem Pilotprojekt jedoch nur eine Auswahl an Rohstoffen untersucht wird, kann als Bezugsgröße nicht der komplette TMC_{abiotisch} verwendet werden, sondern lediglich der Anteil der ausgewählten Rohstoffe am TMC_{abiotisch}. Für individuelle Länder lassen sich die Anteile einzelner Rohstoffe am TMC_{abiotisch} (z.B. Chrom) nicht ohne weiteres ermitteln, da diese bei den Im- und Exporten z.B. in Massemetallen subsumiert sind. Mittels der globalen Extraktionsdaten und den damit verbundenen ungenutzten Extraktionen, die in Kooperation von Seri, der Universität Wien und dem Wuppertal Institut erarbeitet und auf der Webseite www.materialflows.net zur Verfügung gestellt werden, kann jedoch der Anteil der ausgewählten Rohstoffe am weltweiten TMC ermittelt werden. Dieser betrug im Jahr 2010 15,9% und ist seit 1980 erstaunlich konstant (Schwankungsbreite zwischen 14,4% und 16,9%). Für Deutschland kann der Anteil der ausgewählten Rohstoffe näherungsweise abgeschätzt werden, wenn der Anteil der Metalle insgesamt sowie Erdöl am TMC verwendet wird. Der Anteil der Metalle am TMC insgesamt beträgt nach WI internen Daten 8,72% und stimmt mit den Angaben in Fig.13 des UBA-Berichtes „Update of national and international resource use indicators“ (Dittrich et al. 2013) in etwa überein, wobei die Daten von Dittrich et al. keinen vollständigen TMC darstellen, sondern ohne Erosion und Aushub berechnet sind. Der Anteil von Rohöl, Kondensat und Flüssiggas am TMC beträgt nach WI-Daten 3,41%. Wobei hier näherungsweise die Unterscheidung zwischen Rohöl, Kondensaten und Flüssiggas aufgrund der hohen Bedeutung von Rohöl vernachlässigt werden kann. Die Anteile von Metallen und Erdöl beziehen sich auf den vollständigen TMC, während die in PolRes diskutierten Zielwerte den TMC_{abiotisch} adressieren. Da der TMC_{abiotisch} 91% des Gesamt-TMC darstellt, ist es hinreichend genau die hier dargestellten Anteile der ausgewählten Rohstoffe am TMC auch für die Zielwerte des TMC_{abiotisch} zu verwenden. Aufgrund der Übereinstimmung des geschätzten Anteils für Deutschland (Anteil von 12,13% am TMC für Metalle und Rohöl) mit den Daten der globalen Extraktion (15,9% am TMC) wird vorgeschlagen, für den Anteil der ausgewählten Rohstoffe am TMC_{abiotisch} die individuell vorhandenen Anteile an der globalen Extraktion zu verwenden, die in der Summe aller ausgewählten Rohstoffe 15,9% betragen.

Im Rahmen des derzeit stattfindenden UBA-Projektes „Kartierung des anthropogenen Lagers 1“ wurde der Materialbedarf der Stromerzeugungs- und Stromverteilungsinfrastruktur aktualisiert und ergänzt. Aus diesen Daten wird deutlich, dass auch die notwendige Infrastruktur für Erneuerbare Energien in ihrer Erstellung mit hohen Rohstoffbedarfen verbunden ist: Der Materialbestand der Energieerzeugungsinfrastruktur in Deutschland betrug im Jahr 2010 etwas mehr als 99 Mio. Tonnen. Davon war mit knapp 45 Mio. Tonnen fast die Hälfte des Materialbestandes in Infrastrukturen für Erneuerbaren Energie (Wasser, Wind, Biogas, PV)

verbunden. Zusätzlich sind im Bestand der Leitungsinfrastruktur des gesamten Stromnetzes in Deutschland (Hochspannung-, Mittelspannung- und Niederspannungsnetz, sowohl Freileitung wie Kabelnetze) über 320 Mio. Tonnen Rohstoffe, davon 290 Mio. Tonnen Sand für Kabelbettung, gebunden. Dieser Materialbestand kann über die jährlich erzeugte Menge an Strom in Deutschland und dem Wissen um die Anteile der einzelnen Energieerzeugungstechnologien, kombiniert mit der Lebensdauer der Infrastruktur, in einen Materialverbrauch pro erzeugter kWh je Energieerzeugungstechnologie umgerechnet werden. Zusammen mit dem kumulierten Jahresbedarf an überwiegend fossilen Rohstoffen für konventionelle Kraftwerke könnte so für jeden Haushalt anhand der Angabe über den Jahresverbrauch an Strom in kWh/a und dem verwendeten Strommix der Rohstoffbedarf ihres Stromverbrauchs ermittelt werden.

Box 3: Materialverbrauch der Nutzungsphase am Bsp. des Stromverbrauchs

Der Fokus dieses Pilotprojektes liegt auf dem Materialverbrauch, der mit dem Konsum langlebiger Güter verbunden ist. Allerdings ist aus vielen Untersuchungen bekannt, u.a. dem in Kap. 4.3 zitierten EEA Technical Report (EEA 2013), dass gerade der Konsum kurzlebiger Güter wie auch die direkten Rohstoffverbräuche wie der Strom- oder Benzinverbrauch besonders hohe Anteile am Ressourcenverbrauch der privaten Haushalte verursachen. Anhand des jährlichen Stromverbrauches und Informationen über den verwendeten Strommix könnte in einer Weiterentwicklung dieses Tools die Dimension des Ressourcenverbrauches, der durch ihren Stromverbrauch induziert wird, aufgezeigt werden. Sowohl, was den Materialbedarf der dafür notwendigen Infrastruktur betrifft, als auch die Menge an fossilen Brennstoffen, die bei einem konventionellen Strommix für den jährlichen Stromverbrauch verbraucht werden.

Wie auch bei den Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridoren nach Zeitbudgets, umfasst der Gesamtverbrauch dieser ausgewählten Rohstoffe alle Nutzungsarten (Kapitalgüter, Konsumgüter, Staatsverbrauch), so dass hier ebenfalls eine weitere Reduzierung auf den Anteil des TMC_{abiotisch}, der für Konsumgüter verwendet wird, vorgenommen werden muss. Für diesen Zweck wird wie mit den Zeitbudgets verfahren (siehe oben). Im Ergebnis reduziert sich so der Ausgangswert des TMC_{abiotisch} pro Kopf von 43 t/Kopf auf einen Anteil der ausgewählten Rohstoffe unter Berücksichtigung der Bedeutung der privaten Haushalte beim Konsum dieser Rohstoffe auf 0,626 t/Kopf.⁴² Werden diese Annahme auf das 10 t/Kopf-Ziel des TMC_{abiotisch} angewendet, erhält man den Anteil der ausgewählten Rohstoffe und ihres Anteils am Verbrauch langlebiger Konsumgüter von 0,146 t/Kopf im Jahr 2050 bzw. 0,374 t/Kopf im Jahr 2030. Das heißt mit anderen Worten, jeder Mensch darf im Jahr 2030 mit seinem Konsum an langlebigen Konsumgütern 374 kg an ausgewählten Primärressourcen gebrauchen, inklusive der ungenutzten Extraktion, aber ohne Erosion und Aushub. Da zwischen dem Ausgangswert 2008 und dem Zielwert des Jahres 2050 ein linearer negativer Trendverlauf unterstellt wird,

⁴² Unter der Annahme eines eher geringen Anteils der privaten Haushalte am direkten Materialverbrauch von 12% (abgeleitet am Anteil des wichtigsten Rohstoff der Untersuchung :Eisen/Stahl)

sind die jährlichen Benchmark-Größen am Beginn der untersuchten Zeitperiode 2010-2030 höher als am Ende (0,603 t/Kopf in 2010 abnehmend auf 0,374 t/Kopf im Jahr 2030).

Um die direkten Materialbedarfe im Primärmaterialäquivalente umzurechnen, werden diese mit MI-Koeffizienten multipliziert. Die MI-Koeffizienten für die einzelnen Rohstoffe sind wie in AP1a den EcoInvent Daten entnommen (siehe Tab. 13). Angewandt auf die beiden Beispielrechnungen der Zeitbudgetkonten würde im Fall 1 der Konsum für vier Produktkategorien (ein PKW, drei Mobiltelefone, ein Notebook und ein Kühlschrank) einen direkten Materialbedarf von insgesamt rund 1.173 kg bedeuten. Multipliziert mit den jeweiligen MI-Koeffizienten ergibt dies einen Primärmaterialbedarf von 36.151 kg, d.h. einem pro Kopf-Wert von 12.050 kg. Im Fall 2, bei dem der PKW nicht gekauft, sondern über Carsharing genutzt wird, dafür aber zusätzlich zu den Mobiltelefonen, dem Notebook und dem Kühlschrank auch noch ein TV-Gerät plus Waschmaschine gekauft wird, summiert sich dieser Konsum auf ein Gesamtgewicht von 159 kg, der ein Primärmaterialbedarf von 5.722 kg entspricht. Pro Kopf sind dies somit 1.907 kg Primärmaterialbedarf, die sich aus dem Konsum der fünf verschiedenen Haushaltsgeräte plus der anteiligen Nutzung eines PKWs über Carsharing-Angebote ergibt.

Die Familie in Fall 1 verursacht mit ihren Konsumentenscheidungen einen sechsfach höheren Primärmaterialbedarf als die Familie in Fall 2. Da angenommen wird, dass dieser Konsum innerhalb einer Zeitperiode von 5 Jahren erfolgt (2010-2014), steht alle drei Personen dieser Familien zunächst ein individuelles Budgetkonto in Höhe von 2.901 kg Primärmaterial zur Verfügung. Im Fall 1 führen die Konsumentenscheidungen dieser Familie zu einem höherem Primärmaterialverbrauch als es ihr Budgetkonto für diesen Zeitraum erlaubt (12.050 kg > 2.901 kg), während die Familie in Fall 2 (1.907 kg < 2.901 kg) ihr Budgetkonto nicht überzieht. Während also die Familie in Fall 2 mit ihren Konsumentenscheidungen innerhalb ihres Budgetkontos an Primärmaterial bleiben, ist es für die Familie in Fall 1 durch den Kauf eines PKWs nicht möglich auch nur ansatzweise innerhalb dieses Budgetkontos zu bleiben: In dem Szenario eines nachhaltigen Verbrauchs, mit einem Zielwert des TMC_{abiotisch} von 10 t/Kopf bis zum Jahr 2050 und der getroffenen Annahmen über den Anteil der ausgewählten Rohstoffe am TMC/Kopf sowie der privaten Haushalte am Konsum dieser ausgewählten Rohstoffe, würde jedem Menschen in Deutschland bis zum Jahr 2030 ein Budgetkonto an Primärmaterial von 10,26 t/Kopf für den Verbrauch langlebiger Haushaltsgüter zur Verfügung stehen. Die Familie in Fall 1 wäre somit nicht in der Lage, mit ihren Konsumentenscheidungen innerhalb ihres rechnerischen Kontos bis 2030 zu verbleiben.

In den Beispielrechnungen wurden die Konsumentenscheidungen über einen Zeitraum von 5 Jahren verteilt und damit gleichzeitig ein Teil der Nutzungsdauer automatisch mit abgedeckt. Für die Berechnung der Budgetkonten wäre es inhaltlich korrekter, wenn die mit dem Kauf der Haushaltsgüter verbundenen Rohstoffbedarfe über die Nutzungsdauer dieser Haushaltsgeräte verteilt werden. Das hätte zur Folge, dass in der Beispielrechnung Fall 1 bei einer unterstellten Nutzungsdauer eines PKWs von 10 Jahren jedes Jahr nur 1/10 des Primärmaterialbedarfs eines PKWs den Budgetkonten in Rechnung gestellt wird, während Mobiltelefonen bei 3 Jahren Nutzungsdauer jedes Jahr mit einem Drittel berechnet werden.

Unter Berücksichtigung der großen Unsicherheit bei der Bestimmung des Anteils der privaten Haushalte am Gebrauch einzelner Rohstoffe und den Ergebnissen der EE-IOT (siehe Kap. 4.3), die nahezu 2/3 des Rohstoffverbrauchs einer Volkswirtschaft mit den privaten Haushalten in Verbindung bringen, deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die hier präsentierten

Budgetkonten tendenziell zu niedrige geschätzt sind. Als Sensitivitätsanalyse soll in einer zweiten Berechnung mit einem 30 bzw. 40% Anteil der privaten Haushalte am Verbrauch der ausgewählten Rohstoffe gerechnet werden.⁴³ In diesem Fall würden sich der Ausgangswert im Jahr 2008 von 43 t/Kopf auf 1,81 t/Kopf (30%) bzw. 2,41 t/Kopf (40%) und der Zielwert im Jahr 2050 auf 0,42 t/Kopf (30%) bzw. 0,56 t/Kopf (40%) reduzieren. Im Jahr 2030 ergäbe dies einen Wert in Höhe von 1,08 t/Kopf bzw. 1,44 t/Kopf. In den Beispielrechnungen würde Familie 1 bei einem Anteil von 30% immer noch ihr Budgetkonto deutlich überziehen (12.050 kg > 8.370 kg), und bei einem Anteil der privaten Haushalte am TMC von 40% der durch ihre Konsumententscheidungen ausgelöste Ressourcenbedarf zumindest annähernd innerhalb ihre Budgetkonten verbleiben (12.050 kg > 11.160 kg).⁴⁴

Insgesamt erscheint der Weg über eine Materialauswahl und der anteiligen Zurechnung aggregierter Ressourcenindikatoren zu Produktgruppen komplex und fehleranfällig. Stattdessen würde es sich empfehlen, die vorhandenen Daten zu TMR bzw. RMI von Produktgruppen zu verwenden, die mittels IOA, ew-MFA-Koeffizienten- oder Hybridmethoden bereits vorliegen (und die künftig weiter entwickelt, genutzt und bereitgestellt werden dürften).

Dies könnte damit in gleicher Weise eingesetzt werden wie die THG-Zurechnung. Auch inhaltlich wäre es sinnvoller, da z.B. die Automobilhersteller ihre Produktion nicht von einzelnen Substanzen abhängig machen werden und damit das Gesamtpaket Automobil und sein Ressourcenaufwand entscheidend ist. Hierbei sollte die Darstellung von Größenordnungen und relevanten Größenunterschieden wesentlich sein, die mit dem verfügbaren Indikatorenset und Methodeninstrumentarium genutzt und auch bei einem Internet-Tool zukünftig eingesetzt werden kann. Das European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production (ETC-SCP) der EEA war dabei, ein solches Tool - zunächst noch auf aggregierter Ebene - zur Verfügung zu stellen.⁴⁵

⁴³ Der 60 bis 65%-Anteil der privaten Haushalte am TMC der EU27 umfasst sowohl jährliche direkte Verbräuche der privaten Haushalte wie Strom oder Fernwärme sowie Güter, die innerhalb eines kurzen Zeitraums konsumiert werden, wie z.B. Lebensmittel. Aus den EE-IOA ist zudem bekannt, dass diese beide funktionalen Konsumbereich (Energieverbrauch sowie Nahrungsmittel und Getränke) die dominierenden Größen des Ressourcenverbrauchs der privaten Haushalte sind.

⁴⁴ Es wurden keine individuellen Nutzungsdauern in die Berechnung mit einbezogen.

⁴⁵ Allerdings ist mittlerweile ein neues Topic Centre (ETC/WMDE - Waste and Materials in a Green Economy) eingerichtet und es ist unklar, ob damit dieses Tool noch zu Ende entwickelt wird.

5 Arbeitspaket 2: Haushalte

5.1 Arbeitspaket 2a: Definition und Festlegung der Systemgrenzen für Haushalte

5.1.1 Zielsetzung

Zielsetzung des Projektes ist es, für die in langlebigen Konsumgütern repräsentierten Rohstoffverbräuche ein Konzept zur Bestimmung global bezüglich der Rohstoffniveaus tragfähiger Haushaltsausstattungen zu entwickeln, welches den realen bzw. durchschnittlichen Haushaltsinventaren entgegengestellt werden kann.

Das Untersuchungssystem „Haushalt“ ist bei umfassenden Stoffstrombetrachtungen und Modellierungen ebenso hochkomplex wie Input/Output-Analysen von Unternehmen und deren Produktlinien, da im Haushalt alle Aktivitätsbereiche und Produktkategorien zu finden sind und eine hohe Dienstleistungsfülle (Erziehung, Bildung, Freizeit, Ernährung, Mobilität etc.) den Alltag bestimmen. Daher und aus Gründen einer nachvollziehbaren Systematik der Erfassung und der Transparenz vorhandener Daten bzw. Datenlücken müssen im Allgemeinen auf die spezifische Fragestellung und Zielsetzung bezogene Systemgrenzen festgelegt werden, die möglichst belastbare Aussagen bzw. Sensitivitätsabschätzungen ermöglichen. Auch im vorliegenden Projekt müssen zur Betrachtung der Rohstoffverbräuche von Haushalten Systemgrenzen transparent und nachvollziehbar definiert werden. Die Systemgrenzen müssen eine Kompatibilität an den Schnittstellen der Rohstoffinventare einerseits sowie der Konsumforschung mit den Bedarfen der Haushalte und der Darstellung verschiedener Haushaltstypen andererseits aufweisen. Weiterhin muss durch Systemgrenzen im Sinne einer Lebenszyklusbetrachtung festgelegt werden, welche Stufen der Wertschöpfungskette in der Betrachtung enthalten sind. Folgende projektspezifische Anforderungen müssen darüber hinaus erfüllt werden:

- Ermittlung der materiellen Ausstattungsgrade in Haushalten mit Fokus auf langlebige Güter und
- effektive Datenerhebung auf Literaturbasis.

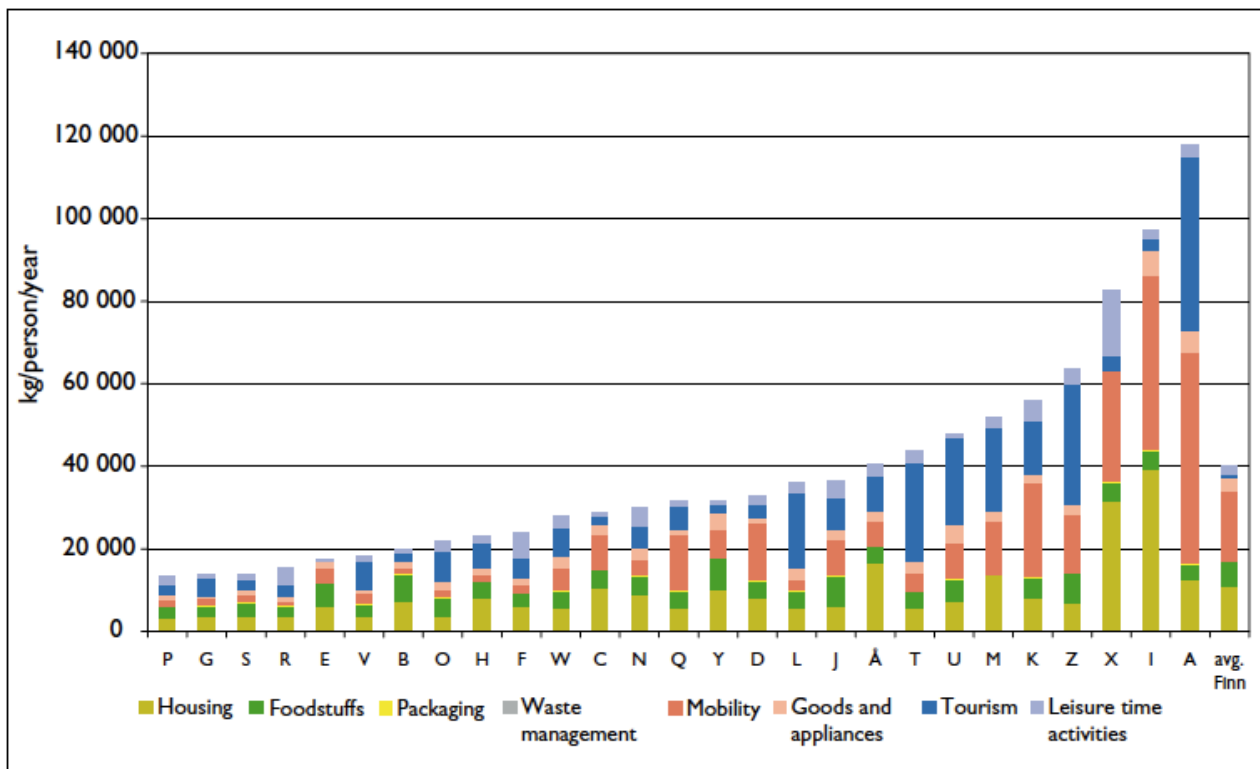
Allgemein ist festzustellen, dass eine solche Bottom up Betrachtung bisher in statistischen wie ökobilanziellen Datensätzen eine untergeordnete Rolle spielt. Die meisten Studien konzentrieren sich auf ein Bedarfsfeld. Konsumstatistiken wie auch Zeitverwendungsstatistiken sind wiederum sehr hilfreich, aber unverbunden und daher oft nur teilweise nutzbar. Es ist festzustellen, dass der Bedeutung der Haushalte an Ressourcenkonsum gemäß gegenwärtig kaum eine Möglichkeit besteht, deren Aktivitäten und Entscheidungssituationen angemessen zu berücksichtigen.

5.1.2 Ressourcenbedarf von Haushalten

Zum Verbrauch einzelner Rohstoffe durch Haushalte liegt keine umfassende Untersuchung vor. Daher wird der Ressourcenbedarf von Haushalten in diesem Abschnitt zunächst an Untersuchungen zum globalen Materialaufwand (Total Material Requirement, TMR) durch Haushalte dargestellt. Der TMR umfasst die Gesamtheit der abiotischen und biotischen Ressourcen sowie die verursachte Bodenerosion für ein Produkt oder System (Lettenmeier et al. 2009).

In einer Untersuchung von 27 finnischen Haushalten zeigten Kotakorpi et al. (2008), dass die Bereiche Mobilität, Tourismus, Wohnen und Ernährung den höchsten Ressourcenbedarf aufweisen (siehe Abb. 20). Vor allem die Bereiche Mobilität und Tourismus weisen starke Unterschiede zwischen den einzelnen Haushalten auf. Lettenmeier et al. (2012) stellten bei 18 sozial schwachen Haushalten in Finnland fest, dass die Bereiche Wohnen und Ernährung einen größeren Anteil am Gesamtressourcenbedarf haben und der Ressourcenbedarf für Mobilität und Tourismus in den meisten Fällen demgegenüber deutlich zurückfällt. Insgesamt zeigen beide Studien einen großen Einfluss individuellen Verhaltens. Beide Studien zeigen deutlich Unterschiede und deutliche Abweichungen vom Durchschnitt in der Höhe und Zusammensetzung des Ressourcenbedarfs von verschiedenen Haushalten.

Abb. 20 Zusammenfassung des TMR von 27 untersuchten finnischen Haushalten. Für den finnischen Durchschnittshaushalt (letzter Balken) waren zum Untersuchungszeitpunkt keine ausreichenden Daten der Tourismus-Aktivitäten verfügbar.



Quelle: Kotakorpi et al. 2008

Input-Output-Analysen auf Makroebene (siehe Tab. 21) zeigen weiterhin, dass von den direkt oder indirekt durch den Konsum der privaten Haushalte induzierten Stoffströmen (ca. 29 t/Kopf) für Deutschland über 90 % auf die Bereiche Wohnen, Ernährung, Verkehr und Haushaltsgüter (Möbel, Apparate, Geräte und Ausrüstung) fallen (Wuppertal Institut 2011). Zum Vergleich: Der TMR eines Bürgers der EU-15 liegt nach Bringezu et al. (2009) bei 50 t/Kopf. Haushalte und ihr Konsum können somit als ein wichtiger Verursacher von Ressourcenkonsum identifiziert werden, welcher sich in relevantem Maße auch auf z.B. die Erderwärmung auswirkt.

Tab. 21: Stoffströme (TMR) in unterschiedlichen Konsumfeldern

TMR induziert direkt und indirekt durch den Konsum der privaten Haushalte (Deutschland 2005)		
Produktgruppe	%	Tonnen per capita
Wohnung, Wasser, Strom, Gas u. Brennstoffe	40	11,49
Nahrungsmittel und Getränke	29	8,38
Verkehr	11	3,17
Möbel, Apparate, Geräte und Ausrüstungen etc.	10	2,97
Beherbergungs- und Gaststättendienstleistungen	4	1,14
Freizeit, Unterhaltung und Kultur	2	0,57
Gesundheitspflege	1	0,39
Andere Waren und Dienstleistungen	1	0,36
Nachrichtenübermittlung	1	0,16
Bekleidung und Schuhe	1	0,15
Tabakwaren	0	0,11
Bildungswesen	0	0,06
Total	100	28,95

Quelle: Wuppertal Institut 2011.

5.1.3 Herleitung der Systemgrenzen

Die Systemgrenzen leiten sich aus dem Systemraum „Haushalt“ und den Anforderungen an das Projekt ab, die den Projektfokus und zeitlichen Bezug definieren. Ausgehend vom Gesamtsystem erfolgt dabei eine schrittweise Einengung auf eine Gruppe von Produkten, die in öffentlich zugänglicher Literatur oder in Arbeiten des Wuppertal Institutes untersucht wurden. Zusätzliche Anforderungen wie Nutzungstypologien oder die Massenrelevanz möglicher Güter (bezogen auf die gesamte Haushaltsausstattung) können nur qualitativ bewertet werden, weil die verfügbare Literatur begrenzt ist und weder breite noch stark diversifizierte Güterinventare ermöglicht. So lassen sich etwa keine Produktvarianten ableiten (z.B. energiesparender Fernseher gegenüber einem konventionellen Fernseher), wohl aber gängige Produktgruppen über Beispiel-Güter abbilden (z.B. Fernseher und Spielkonsole aus dem Bereich Unterhaltung). Der Zeithorizont stellt eine Momentaufnahme des Besitzes der inventarisierten Güter dar (Ausstattungsbestand).

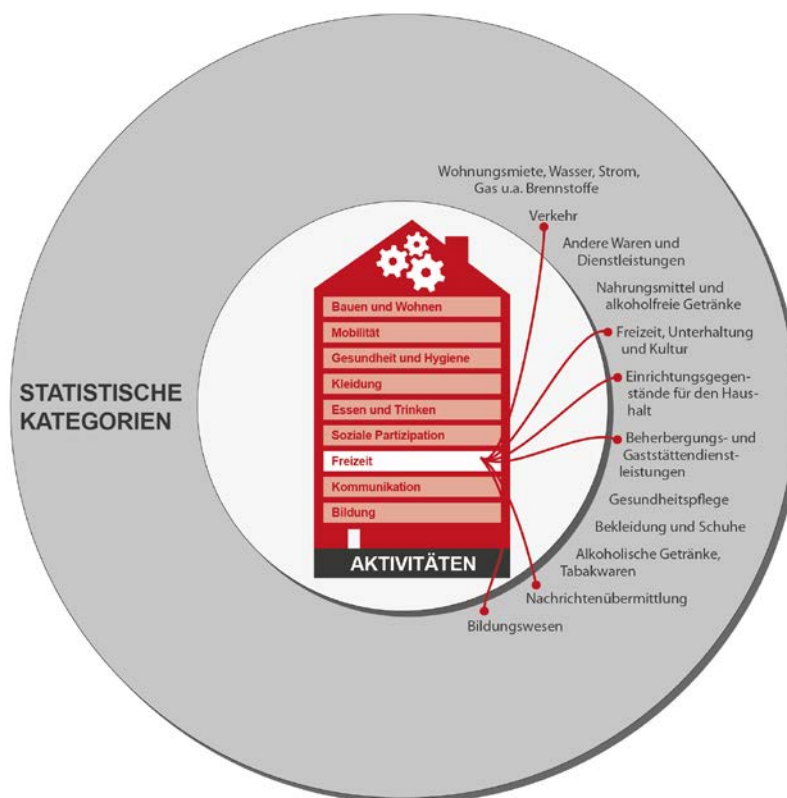
Im Folgenden wird zunächst der Systemraum „Haushalt“ als maximaler Systemraum definiert („Definition des Systemraums“) und COICOP („Classification of Individual Consumption by Purpose“) als Klassifikationshilfe von Gütern vorgestellt („Der Statistische Warenkorb“). Dabei werden bereits Produktgruppen privaten Konsums vorselektiert, in welchen eine hohe Korrelation zwischen Ressourcenaufwand und Konsum (Herstellung und Konsum induzieren hohe Ressourcenaufwendungen) wahrscheinlich ist („Auswahl der zu untersuchenden Gütergruppen“).

Im Anschluss werden die innerhalb des Projektes machbaren und abgestimmten Systemgrenzen beschrieben und dargestellt.

Definition des Systemraums

Das Konzept „Haushalt“ wird definiert als private Gemeinschaft bestehend aus einer oder mehreren Personen (OECD 2001, Piekenbrock 2012). Auf der Grundlage von Vereinbarungen zwischen den Personen wird die Versorgung mit Lebensmitteln und anderen lebensnotwendigen Bedarfen und den dazu notwendigen Produkten und Dienstleistungen geregelt. Grundsätzlich wird zwischen einem Einpersonenhaushalt und einem Mehrpersonenhaushalt unterschieden (OECD 2001). Das System „Haushalt“ enthält daher im Idealfall sämtliche Güter und Dienstleistungen, welche Haushalte nutzen. Unterteilungen des Systems können entlang der Bedarfe, des Konsums oder der Aktivitäten der Haushalte erfolgen. Diese unterscheiden sich teilweise stark. So stimmen etwa die Güternutzung für das Aktivitätsfeld Freizeit und das Güterinventar der statistischen Kategorie „Freizeit, Unterhaltung und Kultur“ nicht vollständig überein, weisen jedoch Überlappungen auf (vgl. Abb. 21).

Abb. 21: Beispiel für die bestenfalls teilweise Übereinstimmung von Aktivitätsfeldern und statistischen Kategorien



Quelle: Eigene Darstellung.

Im Folgenden wird auf das Konzept der **Aktivitätsfelder** zurückgegriffen (siehe Abb. 22). Der Aktivitätsfeldansatz bemüht sich einer bedarfsorientierten Kategorisierung gesamtgesellschaftlicher Konsummuster unter Berücksichtigung ökonomisch-technischer Bedingungen. Damit erfassen Aktivitätsfelder sogenannte Bedarfssfelder (wie Ernährung, Bildung, Freizeit und gesellschaftliche Partizipation) (siehe BUND/MISEREOR 1997 oder Gebhardt et al. 2003) unter Einbeziehung volkswirtschaftlicher Bestands- und Flussgrößen der Infrastruktur oder im Export. Damit entsteht ein möglichst reales Abbild eines integrierten Produktions- und Konsumsystems der Haushalte, deren Aktivitäten Ressourcenkonsum verursachen und quer durch die statistischen Güterkategorien laufen. Die Orientierung an

Aktivitätsfeldern ist aus Sicht der handelnden Akteure selbst das, was sie z.T. beeinflussen können, wenn sie entsprechende Feedback-Information bekämen (vgl. AP4). Eine Aktivität ist eine Handlung und damit nicht statisch sondern prozessorientiert. Veränderungen können nur über Aktivitäten oder Handlungen transportiert bzw. materialisiert werden. Gleichsam sei darauf hingewiesen, dass Bedürfnis-, Bedarfs-, Aktivitäts-, Handlungs- oder Problemfeld oftmals synonym oder nur unzureichend abgegrenzt verwendet werden. Auch der Begriff des Aktivitätsfeldes impliziert neben Bedarfsfeldern zu adressierende Handlungsfelder (siehe Grundwald et al. 2001). Eine allgemein akzeptierte Systematik existiert bisher nicht.

Abb. 22: Aktivitätsfelder des Haushalts



Quelle: Eigene Darstellung.

Die Orientierung an Aktivitäten ist hilfreich, da die statistischen Kategorien des Konsums oder von Verbräuchen nicht im Vakuum entstehen, sondern in Beziehung zur Emergenz und Entwicklung von Bedarfen zu betrachten sind, die sich in Aktivitäten umweltrelevant manifestieren. Bedarfe können sich über Lebens- und Werteinstellungen konstituieren und konstruieren. Um Aktivitäten verstehen zu können, ist es hilfreich, Konsum und Bedarfe zu erklären. Der Sammelband „Wesen und Wege nachhaltigen Konsums“ von Defila et al. (2011) zeigt auf, welche soziale Komplexität hinter der statistischen Erfassung von Verbräuchen zu erkennen ist. Gleichzeitig wird dadurch impliziert, dass Bedarfsfelder zu Handlungsfeldern bzw. Aktivitätsfeldern werden, wenn Veränderungs- bzw. Transformationsprozesse über das System Haushalt zur Disposition stehen.

Innerhalb des Systems bewegen wir uns in einem sozio-technischen System. Die Betrachtung der Haushalte im Umgang mit Produkten bzw. Technologien steht im Vordergrund. Die Synthese des physischen Systems (Ressourcennutzung) im sozialen System (im Haushalt) ist dabei die Herausforderung. Problemverlagerungen durch Rebound-Effekte erhöhen die Komplexität des sozio-technischen Systems. Theoretisch ist nur mit der Betrachtung des Gesamtsystems Haushalt und aller Aktivitätsfelder im System die Abbildung potentieller Problemverlagerungen möglich (Sorrell 2010, Peters 2012). Ressourcenverbräuche können erst dann umfassend beschrieben werden, wenn der indirekte Rebound-Effekt von Ressourceneinsparungen in einem Aktivitätsfeld auf die Ressourcennutzung in allen weiteren Bedarfsweldern erkannt wird. Wenn beispielsweise (Ressourcen-) Einsparungen im Aktivitätsfeld Wohnen durch sinkende Energiekosten Mehrverbräuche in der Freizeit (etwa Flugreisen) induzieren, kann nur die Betrachtung des Gesamtsystems den Verbrauch im Saldo richtungssicher beschreiben (vgl. Buhl 2014). Diese Komplexität würde die Ressourcen und Zielvorgaben im Projektkontext allerdings überstrapazieren. Daher muss im Projektkontext die Betrachtung der Haushalte wie in den folgenden Unterabschnitten beschrieben angepasst werden.

Der Statistische Warenkorb

Für das weitere Vorgehen wurde mit den Waren- und Dienstleistungskategorien im „Warenkorb“ des statistischen Bundesamtes gearbeitet. Dieses Inventar differenziert nach der „Classification of Individual Consumption by Purpose“ (COICOP), das insgesamt 130 Waren- und Dienstleistungsgruppen in zwölf Oberkategorien umfasst, jedoch nicht mit den oben genannten Aktivitätsfeldern (Abb. 22) kompatibel ist. Ein Vorteil besteht in der internationalen Vergleichbarkeit. So weist neben den Urhebern von UNstat, auch Eurostat die COICOP als standardisierte Konvention aus.

Im „statistischen Warenkorb“ wird zwischen dem Ausstattungsbestand, der durchschnittlichen Menge der Güter pro Einkommensklasse, und dem Ausstattungsgrad, welcher die durchschnittliche Verbreitung der Güter in den Haushalten wiedergibt, unterschieden. Während der Ausstattungsgrad der Haushalte relevanter Produkte wie Fernseher oder IKT über 90 % liegt und somit geringe Heterogenität zwischen den Haushalten im Schnitt vorzufinden ist, sind über den Ausstattungsbestand Unterschiede erkennbar. So erreicht die Standardabweichung, also die durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert bei Mobiltelefonen nach der sozialen Stellung des Haupteinkommensbeziehers im Haushalt etwa 0,43. Beispielsweise haben Haushalte, in denen Arbeitnehmer, Angestellte oder Arbeiter das Haupteinkommen beziehen, mit durchschnittlich 2,2 Handys etwa doppelt so viele Geräte pro Kopf im Haushalt wie Rentner mit 1,1 Handys (Statistisches Bundesamt 2012, eigene Berechnung). Dies ist nicht unbedingt verwunderlich und lässt sich über einen Kohorten- oder Generationeneffekt erklären.

Die statistische Betrachtung von Haushalten im Bestand lässt allerdings nur unzureichend Aussagen über die soziale Heterogenität hinsichtlich der Lebensstile der Menschen zu. Damit wird die Anschlussfähigkeit der Internetanwendung an die Lebenswelten ihrer Nutzer nicht unbedingt gewährleistet. In diesem Zusammenhang liefert die Betrachtung des Bestandes außerdem keine Aussagen über die Nutzung der Geräte.

Somit gibt der Warenkorb zwar ein umfassendes Bild des durchschnittlichen Haushaltsinventars in der Bundesrepublik Deutschland wieder, berücksichtigt aber nicht, dass

zwischen verschiedenen Haushaltstypen und ihren Lebensstilen Unterschiede auftreten können. Die Unterteilung des Warenkorbs dient deshalb als Klassifikationshilfe und erste Entscheidungsgrundlage für die Priorisierung, erlaubt aber noch keine abschließende Selektion von Haushaltsgütern.

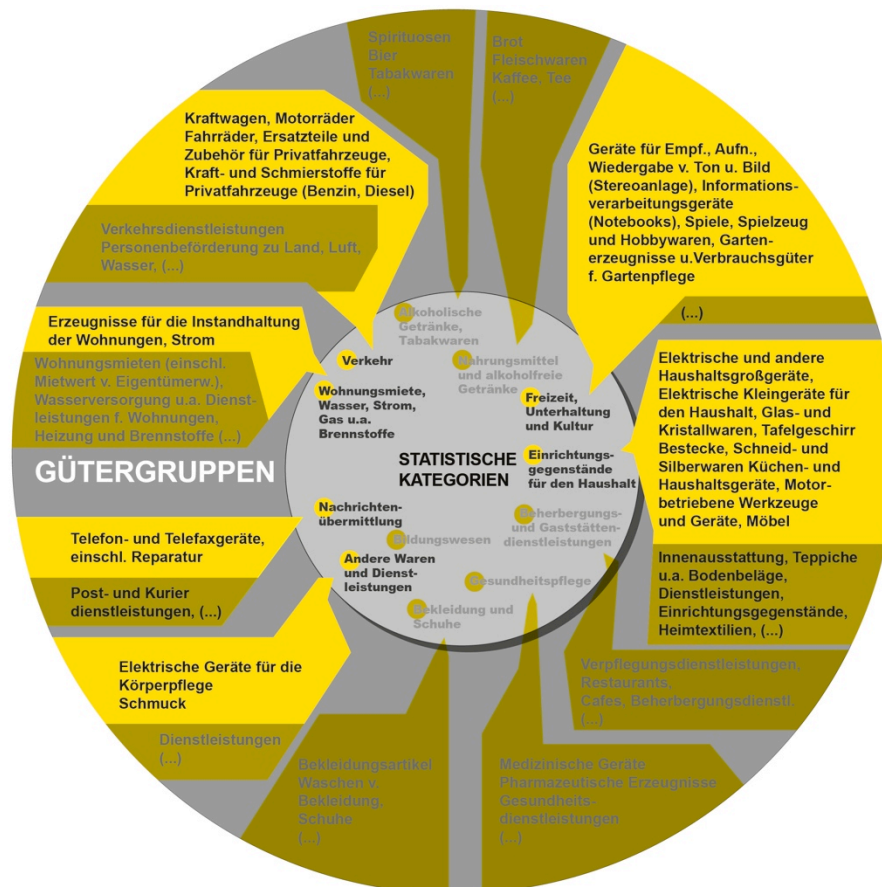
Auswahl der zu untersuchenden Gütergruppen

In Hinblick auf die Vorgaben des Projektes (Pilotcharakter und Entwicklung einer Methodik) und die verfügbare Datenbasis war eine Beschränkung auf ausgewählte Gütergruppen notwendig. Dabei sollten vor allem Gütergruppen im Vordergrund stehen, die

- a) voraussichtlich eine hohe Ressourcennutzung aufweisen (TMR),
- b) einen hohen Anteil des Konsums deutscher Haushalte ausmachen
- c) und mit dem Projektfokus auf langlebige abiotische Güter übereinstimmen.

Abb. 23 zeigt das Resultat dieser Selektion. Dargestellt werden die statistischen Ober-Kategorien im Innern des Kreises (grau hinterlegt) und die Berücksichtigung ihrer zugehörigen Unterkategorien für die Selektion (nicht berücksichtigt werden die dunklen Bereiche mit grauer Schrift). Diese Auswahl ist weder abschließend noch trennscharf, was durch die unterschiedlichen Perspektiven des statistischen Konsums und individueller Nutzung begründet ist. Beispielsweise kann die Nutzung von Gütern (Lebens- und Nutzungsdauer) nach COICOP als Konsum von Betriebsstoffen verstanden und unter Oberkategorien subsummiert werden oder als individuelle Nutzungsintensität abgefragt werden und als zusätzlicher Parameter für den Rohstoffbedarf einfließen.

Abb. 23: Selektion der Gütergruppen des statistischen Warenkorbs. Statistische Kategorien und Gütergruppen, die gelb hervorgehoben sind, sind Bestandteil der Betrachtung.

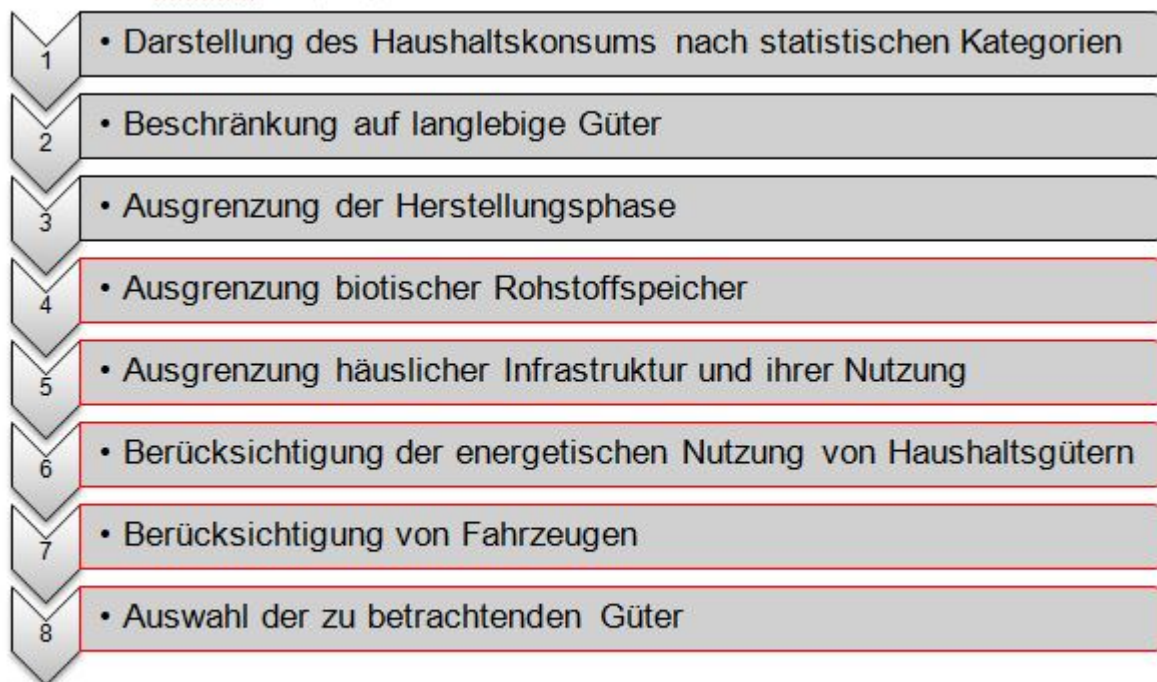


Quelle: Eigene Darstellung.

Festlegung der Systemgrenzen

Das weitere Vorgehen zur Herleitung der Systemgrenzen wurde in 8 Schritten durchgeführt (Abb. 24). Die rot umrandeten Schritte vier bis acht wurden in enger Abstimmung mit den Projektpartnern und dem Auftraggeber diskutiert. Wie erwartet befinden sich die Praktikabilität der Durchführung und der Projektanspruch an eine möglichst breitgefächerte Erfassung materieller Haushaltsausstattungen in einem Spannungsfeld von Machbarkeit und Aussagekraft. Prinzipiell führt jede Verengung der Systemgrenzen zu einer Verkleinerung des Untersuchungsraumes und somit zu einer potenziell schlechteren Erfassung der Unterschiede in den Lebenswelten von Haushalten.

Abb. 24: Herleitung der Systemgrenzen in acht Schritten



Quelle: Eigene Darstellung.

Im Folgenden werden die einzelnen Schritte und ihre Konsequenzen kurz erläutert. Die Darstellung des Haushaltskonsums nach statistischen Kategorien (Schritt 1) bildet die Grundlage der Systemgrenzen. So können veröffentlichte makroökonomische Daten genutzt werden (statistischer Warenkorb), die einheitliche Betrachtungen auf der Basis verschiedener Datenquellen ermöglichen. Diese Einengung grenzt jedoch explizit die Aktivitäten der Haushalte aus, was einer Differenzierung von Haushaltsmilieus im Wege steht und die Möglichkeit der Individualisierung des erstellten Internet-Tools in AP 4 erschwert.

Weiterhin werden, in Übereinstimmung mit den Vorgaben des Projektes, nur langlebige Güter, deren Verbrauchs- oder Nutzungsdauer ein Jahr übersteigt, berücksichtigt (Schritt 2). Viele Güter des alltäglichen Bedarfs, etwa Nahrungsmittel, befinden sich deshalb außerhalb der Systemgrenzen.

Die Herstellung und Verwertung von Gütern bleibt unberücksichtigt (Schritt 3), weil Materialausstattungsgrade im Vordergrund stehen. Die Güter gehen demnach mit ihrer Materialkomposition ein und sind "Rohstoffspeicher". Gleichzeitig kann nur so der Aufwand

der Datenerhebung auf ein handhabares Maß heruntergeschraubt werden. Da Herstellung und Verwertung bei Lebensende (eng. End of Life) ohne Zweifel erheblich zur Ressourcennutzung beitragen (etwa über die Extraktion und Weiterverarbeitung von Metallerzen), sind entsprechende Informationen (Relevanz einzelner Phasen des Lebenszyklus) und Verweise auf Quellen in der textlichen Begleitung des Tools beinhaltet. Eine Allokation von Umweltwirkungen und Ressourcenaufwendungen zu verschiedenen Akteuren (Hersteller, Haushalte, Gesellschaft) wird nicht durchgeführt.

Biotische Rohstoffspeicher bzw. Güter mit überwiegend biotischem Rohstoffinhalt (Schritt 4) sind nicht Teil der Systemgrenzen und werden lediglich exemplarisch betrachtet. Dadurch verringert sich die Komplexität von Datenerhebung und -verarbeitung deutlich, weil die systemische Integration von biotischen Stoffen unter dem Blickwinkel der Verfügbarkeit und der Problematik der Flächenkonkurrenz einen sehr hohen Aufwand erfordert. Somit werden einerseits potenziell aus Ressourcensicht relevante Gütergruppen wie Kleidung oder Möbel nicht berücksichtigt, andererseits aber unbewusste Problemverlagerungen vermieden, etwa indem durch implizite Vorgaben (z.B. Erneuerbarkeit) stets bestimmte Produktvarianten bevorzugt würden.

Die aus Rohstoff- und Ressourcensicht hochrelevanten Bereiche der häuslichen Infrastruktur und ihrer Nutzung (Gebäude, Heizung und Wasserverbrauch) bleiben außen vor (Schritt 5). Diese zählen, ebenso wie Nahrung, zu den Grundbedürfnissen (warmer Wohnraum) von Haushalten. Dies stimmt mit den Vorgaben im Projekt überein, weil es vornehmlich den Schwerpunkt auf Güter legt, die kurzfristig beeinflusst werden können. Die Entscheidung für eine bestimmte Wohnform ist jedoch häufig durch ökonomische Faktoren (Einkommen) determiniert bzw. eingeschränkt und zudem sind hier Änderungen zumeist langfristig ausgelegt, denn Entscheidungen werden (z.B. Kauf eines Hauses oder Umzug in eine größere Wohnung) nur selten getroffen.

Auch der Energieverbrauch langlebiger Haushaltsgüter wird nicht berücksichtigt (Schritt 6). Neben der damit einhergehenden Vereinfachung des Modells ist dies vor allem auf die vorangegangenen Schritte der Systemgrenzenziehung zurückzuführen: Nur bei Betrachtung des gesamten Lebenszyklus lassen sich Energie für Herstellung und Nutzung in Bezug zu einander setzen und auf notwendige Rohstoffe für die Energiebereitstellung zurückführen. Unter anderem setzt dies voraus, dass Strom und Wärme bzw. ihre Rohstoffäquivalente für die Bereitstellung "gerecht" alloziert werden müssen, was zu einer Problemverlagerung führen kann z.B. weil Konsumenten i.d.R. wenig Informationen über und Einfluss auf die genauen Aufwendungen in Produktionsprozessen haben. Es werden deshalb in AP 2b exemplarisch die direkten Rohstoffaufwendungen im deutschen Strommix bestimmt, welche in Form zusätzlicher Informationen auch innerhalb des Tools an die Nutzer weitergegeben werden können.

Schritt 7 legt fest, dass Fahrzeuge ohne die zugehörige Infrastruktur erfasst werden. Diese wird durch Haushalte nur mittelbar beeinflusst und mit anderen Verursachern von Ressourcenverbrauch gemeinsam genutzt (z.B. Industrie und Warenverkehr). Eine "global gerechte" Zurechnung der Straßenteilnehmer zur Infrastruktur ist sowohl temporal (wer trägt die Verantwortung für bestehende und zu bauende Infrastruktur) als auch räumlich (z.B. welche Schienen wurden vorrangig für den Güter- und welche für den Personenverkehr errichtet) nicht trivial. Die Nutzung von Fahrzeugen verschiedener Klassen wird jedoch

exemplarisch in AP 2b berechnet und kann den Nutzern als Information an die Hand gegeben werden.

Der letzte Schritt 8 betrifft die genaue Auswahl der zu betrachtenden Güter. Weil Literatur zur Masse und Materialkomposition von Haushaltsgütern begrenzt ist, können hier nicht alle Felder abgedeckt werden. Unter den ausgewählten Gütern sind jedoch viele für die Zwecke des Projektes (vornehmlich Einfluss des Nutzers auf global tragfähige Wohlstandsniveaus) hochrelevante Güter wie PKW, weiße Ware und Unterhaltungselektronik. Eine Erweiterung der untersuchten Güter in möglichen Folgeprojekten ist jederzeit möglich, zumal theoretisch dann nur noch die prioritären Rohstoffe berücksichtigt werden müssten.

Ergebnis: Systemgrenzen im Projekt Wohlstandsniveaus

Abb. 25 zeigt das Ergebnis der Systemgrenzenziehung sowie die Auswahl quantifizierter Güter angelehnt an die Selektion der statistischen Kategorien weiter oben. Die ausgewählten Güter befinden sich am Rand des Kreises und sind den statistischen Kategorien zugeordnet. Der Treibstoffverbrauch wird aus Konsumstatistiken (siehe AP 2c) gewonnen, während Gold- und Silberschmuck den statistischen Mittelwert in Deutschland darstellen. Alle anderen Güter wurden auf Basis einer oder mehrerer Literatureinträge erfasst. In der Regel stellen sie demnach ein bestimmtes nicht-generisches Produkt aus dieser Produktkategorie dar. Abweichungen gegenüber einem theoretischen Durchschnittsprodukt (z.B. durchschnittlicher Fernseher in Deutschland in 2014) entstehen so aufgrund der Aktualität und Genauigkeit der literaturbasierten Daten sowie der gegebenen Produktvariabilität (z.B. Kleinwagen gegenüber gehobenen Mittelklassewagen).

Abb. 25: Systemgrenzen im Projekt „Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus“



Quelle: Eigene Darstellung.

5.1.4 Diskussion der festgelegten Systemgrenzen

Eine Betrachtung des gesamten Haushalts einschließlich seiner Güterbestände und Aktivitäten wäre optimal, ist aber mit den Ressourcen im vorliegenden Projekt nicht machbar. Dies muss im weiteren Projektverlauf berücksichtigt werden. Beispielsweise sollte in der Internetapplikation (AP4) deutlich werden, dass es sich um eine exemplarische Betrachtung handelt, die nicht alles einschließt, und daher die Handlungsoptionen und Aussagen sich nur auf einen Teil des Haushaltskonsums beziehen. Auch die Erweiterbarkeit der Applikation in möglichen zukünftigen Projekten sollte berücksichtigt werden.

Die statistische Klassifizierung der Gütergruppen und Güter entspricht nicht ausreichend den Bedarfs- oder Aktivitätsfeldern der Haushalte (vgl. Abb. 22). Das schränkt die Möglichkeiten ein, in der Applikation (AP4) unmittelbar an den Handlungen der Haushalte anzusetzen. Mittel- und längerfristig sollten Möglichkeiten entwickelt werden, die Kluft zwischen Statistik und Lebenswelt der Haushalte zu verkleinern.

Der weitgehende Ausschluss biotischer oder teilweise biotischer Gütergruppen verringert die Komplexität der Betrachtung, aber auch das zu betrachtende System Haushalt. Durch den Fokus auf langlebigen Gütern fällt ein großer Teil der biotischen Güter (u.a. Lebensmittel) allerdings von vornherein aus der Betrachtung heraus. Aus hier sollte eine Erweiterungsmöglichkeit zum späteren Zeitpunkt bedacht werden.

Durch die Betrachtung einzelner Rohstoffe und nicht beispielsweise des Ressourcenverbrauchs in seiner Gesamtheit (z.B. als TMR) wurde die Verfügbarkeit möglichst vollständiger Rohstoffinventare (vgl. Kap. 5.2 zu Arbeitspaket 2b) zu einem kritischen Faktor.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die bestehenden Systemgrenzen keine umfassende Betrachtung des Gesamtsystems Haushalt ermöglichen. Dennoch erscheinen sie ausreichend, um eine interessante und didaktisch sinnvolle Internetapplikation zu ermöglichen, die dem Nutzer die Rohstoff- und Ressourcenproblematik vor Augen führt. Die Beschränkung auf die fokussierten Aspekte sollte dem Nutzer bei Anwendung der Applikation klar werden. Beispielsweise können erweiternde Aspekte (z.B. biotische Rohstoffe, Infrastruktur, längerfristige versus kurzfristige Entscheidungsmöglichkeiten) in einem Informationsteil berücksichtigt werden, ohne vollständig in die Applikation integriert werden zu müssen.

5.2 Arbeitspaket 2b: Rohstoffinventare

5.2.1 Zielsetzung und Vorgehen

In Arbeitspaket 2b sollen in einer Auswahl von Haushaltsgütern gebundene Rohstoffe (Rohstoffspeicher) und der Rohstoffbedarf für ihre Nutzung quantifiziert werden. Dabei wird auf bestehende Literatur zurückgegriffen, ohne neue Datensätze zu erheben. Trotz hohem Rechercheaufwand sind Daten zur detaillierten Rohstoffzusammensetzung von Haushaltsgütern relativ schwach verfügbar und häufig hoch aggregiert. Daher wird keine Auswertung der Repräsentativität und Aktualität der Daten durchgeführt, die jedoch im Rahmen eines späteren und breiter angelegten Nachfolgeprojekts in Erwägung zu ziehen wäre. Bei der Erfassung der Stoffspeicher wurde zunächst nicht selektiert, d.h. es wurde nicht zwischen Rohstoffen (z.B. Rohöl), Materialien (z.B. Benzin) und Materialverbänden (z.B. Computerplatine) unterschieden. Diese Vorgehensweise war notwendig, um die Konsistenz der Datensätze gewährleisten zu können und Doppelzählungen zu vermeiden. So können etwa Metalle in Reinform vorliegen (z.B. Eisen) oder als Legierungselemente in Metallverbänden (z.B. Nickel in Stahl) gebunden sein.

Im weiteren Projektverlauf war es jedoch notwendig, einige der Materialverbände auf ausgewählte Bestandteile zurückzurechnen oder aufzuschlüsseln. So ist etwa zu vermuten, dass insbesondere Akkumulatoren auf Lithiumbasis relevante Anteile an Lithium und Kobalt aufweisen und die Gesamtmenge quantifizierter Edel- und Platinmetalle im Haushalt durch den Einsatz von Computerchips und -platinen größer ist, als bisher erfasst.

Die ersten Ergebnisse dieses Analyseschrittes wurden iterativ mit Arbeitspaket 1 abgeglichen und bei Bedarf ergänzt, um eine Auswahl der 15 prioritären Rohstoffe zu ermöglichen. Da die endgültige Güterauswahl eine Differenzierung von ausgewählten Haushaltsmilieus prinzipiell ermöglichen soll, erfolgte außerdem eine enge Abstimmung mit Arbeitspaket 2c.

5.2.2 Quantifizierung von Rohstoffen in Haushaltsgüter

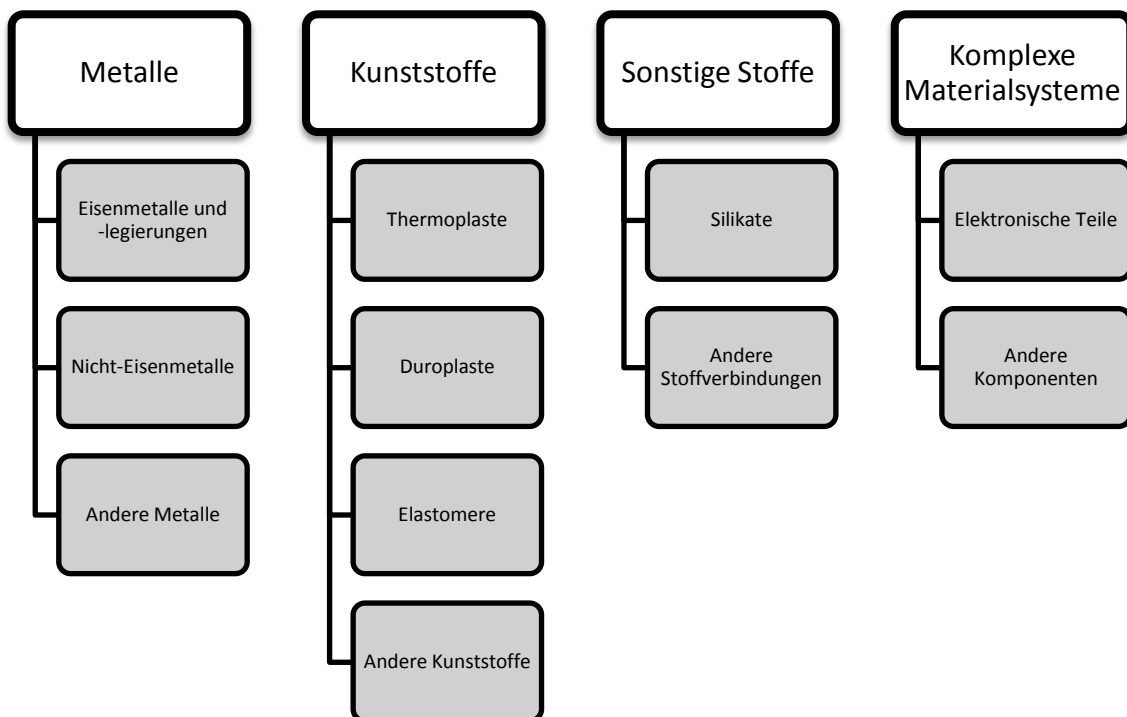
Aus den vorselektierten Produktkategorien sollte eine möglichst breite Palette verfügbarer Produkte quantifiziert werden und in Einzelfällen um Produktvarianten ergänzt werden. Da ausreichend umfassende Datensätze nur beschränkt zur Verfügung standen, konnten nicht alle Gütergruppen durch mindestens ein Produkt repräsentiert werden.

Unterteilung von Stoffklassen

Die Unterteilung der Stoffklassen erfolgte nach chemischer Zusammensetzung und Verwendungszweck. So unterteilen sich Metalle zunächst in Nichteisen- und Eisenmetalle, während bei Kunststoffen Thermo- und Duroplaste sowie Elastomere differenziert werden. Weil die Zuordnung zu diesen Kategorien nicht immer eindeutig erfolgen kann, wurden entweder Stoffgruppen gebildet (z.B. Epoxide) oder Sammelgruppierungen erfasst (z.B. andere Metalle).

Abb. 26 zeigt die erste (schwarz umrandet und weiß hinterlegt) und zweite Ebene (schwarz umrandet und grau hinterlegt) der Klassifikation. Die Rückführung von Stoffen auf Primärrohstoffe (z.B. Rohölbedarf von Kunststoffen) erfolgte in Einzelfällen nach Auswahl der prioritären Rohstoffe in AP 1.

Abb. 26: Klassifikation der Stoffgruppen



Quellen für die Quantifizierung

Tab. 22 zeigt die bei der Quantifizierung verwendeten Quellen. Dabei wird zwischen Quellen unterschieden, die vollständige, aber zumeist aggregierte, Materialkompositionen aufweisen, und solchen, die ergänzende Informationen zu etwa einzelnen Stoffen beinhalten.

Beispielsweise ist die Angabe des Anteils aller Metalle in einem Produkt eine aggregierte Darstellungsweise. Die durchschnittliche Menge an Gold in Mobiltelefonen (Buchert et al., 2012) ist hingegen eine ergänzende Information.

Tab. 22: Quellen für die Quantifizierung des Rohstoffinventars in AP 2b

Haushaltsgut	Quelle beinhaltet	Quelle
Beamer	Materialkomposition	EU Kommission (2010)
Drucker	Materialkomposition	Fraunhofer IZM (2007)
Elektroherd	Materialkomposition	Sorensen (2007)
Fahrrad	Materialkomposition	Hakkarainen et al. (2005)
Fernseher	Materialkomposition	Salo & Lettenmeier (2006)
Föhn	Materialkomposition	Leinonen et al. (2007)
Gefrierschrank	Materialkomposition	Sorensen (2007)
Kaffeemaschine	Materialkomposition	Korhonen & Majaniemi (2007)
Kühl- und Gefrierkombination	Materialkomposition	Sorensen (2007)
Kühlschrank	Materialkomposition	Salo & Lettenmeier (2006)
Laptop	Materialkomposition	von Geibler et al. (2003)
Mikrowelle	Materialkomposition	Motschall & Quack (2011)
Mobiltelefon	Materialkomposition	Frederico et al. (2001)
Mobiltelefon	Ergänzende Informationen	Singhal, Pranshu (2005)
Personalcomputer	Materialkomposition	Kuehr & Williams (2002)
Personalcomputer	Ergänzende Informationen	Zhu (ohne Jahresangabe)
PKW	Materialkomposition	Nemry et al. (2008)
PKW	Materialkomposition	Mercedes Benz (2009)
Roller (motorisiert)	Materialkomposition	Leuenberger & Frischknecht (2010)
Service 6-teilig	Ergänzende Informationen	IKEA (2012)
Smartphone	Materialkomposition	Tuztas (ohne Jahresangabe)
Smartphone	Ergänzende Informationen	Buchert et al. (2012)
Spielekonsole	Materialkomposition	EU Kommission (2010)
Spülmaschine	Materialkomposition	Avid Boustan et al. (2010)
Staubsauger	Materialkomposition	Ritthoff et al. (2002)
Toaster	Materialkomposition	Hujanen & Salokannel (2007)
Videospieler	Materialkomposition	EU Kommission (2010)
Waschmaschine	Materialkomposition	Ovaskainen (2002)
Einzelkomponenten (z.B. elektronische Bauteile)	Ergänzende Informationen und Materialkomposition	Hischier et al. (2007)

Quelle: Eigene Darstellung

Ergebnisse zu Rohstoffen in Haushaltsgütern

Tab. 23 gibt einen ersten Überblick über Menge und Art der eingesetzten Stoffe in Haushaltsgütern. Mit über 65 % der Gesamtmasse der untersuchten Güter dominiert der PKW insbesondere bei Metallen das gesamte Inventar der Rohstoffe. In Bezug auf die Stoffgruppen (siehe Tab. 24) bestehen die Produkte zu großen Teilen aus Metallen (ca. 62 %) und Kunststoffen (ca. 23 %). Beide Tabellen quantifizieren lediglich die Masse von Stoffen im fertigen Produkt und erlauben, für sich genommen, keine Einschätzung der Umweltverträglichkeit oder Nachhaltigkeit von Haushaltsgütern.

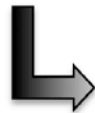
Tab. 23: Gesamtmenge und Verteilung der Masse der untersuchten Haushaltsgüter

Haushaltsgut	Masse	Anteil an Gesamtmasse aller Güter
PKW	1.217,50 kg	65,461%
TV, CRT	91,00 kg	4,893%
Roller	90,00 kg	4,839%
Waschmaschine	83,27 kg	4,477%
Gefrierschrank	77,00 kg	4,140%
Kühl- und Gefrierschrankskombination	68,00 kg	3,656%
Elektroherd	43,00 kg	2,312%
Spülmaschine	40,40 kg	2,172%
Kühlschrank	37,01 kg	1,990%
Mikrowelle	17,50 kg	0,941%
Fahrrad	16,57 kg	0,891%
Monitor - CRT	15,45 kg	0,831%
Service (6-teilig)	13,80 kg	0,742%
TV, LCD	11,60 kg	0,624%
PC, Desktop	9,04 kg	0,486%
Drucker	8,29 kg	0,446%
Staubsauger	4,42 kg	0,238%
Beamer	3,93 kg	0,211%
PC, Laptop	3,42 kg	0,184%
Spiele-Konsole	3,08 kg	0,166%
Kaffeemaschine	1,98 kg	0,106%
Toaster	1,61 kg	0,087%
DVD Player	1,27 kg	0,068%
Goldschmuck	0,32 kg	0,017%
Silberbesteck	0,14 kg	0,008%
Mobiltelefon, Smartphone	0,13 kg	0,007%
Mobiltelefon, konventionell	0,09 kg	0,005%
Silberschmuck	0,05 kg	0,003%
SUMME (Erhebung)	1.860 kg	100%

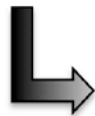
Quelle: Eigene Darstellung

Tab. 24: Gesamtmenge und Verteilung der Stoffgruppen in allen untersuchten Haushaltsgütern

Stoffgruppen	Masse	Anteil an Gesamtmasse
Metalle und Metallverbindungen	1.159,2 kg	62,3%
Kunststoffe und Polymere	419,7 kg	22,6%
Silikate	127,0 kg	6,8%
Sonstige Stoffe (inkl. Wolle und Holz)	108,4 kg	5,8%
Materialsysteme (unspezifiziert)	45,7 kg	2,5%
SUMME (Erhebung)	1.860 kg	100%



Metalle	Masse	Verteilung
Eisenmetalle	1.010,8 kg	87,2%
Nicht-Eisenmetalle	146,3 kg	12,6%
Nicht zuzuordnende Metalle	1,9 kg	0,2%



SUMME (Metalle)	1.159 kg	100%
------------------------	-----------------	-------------

Kunststoffe	Masse	Verteilung
Thermoplaste	287,2 kg	68,4%
Nicht zuzuordnende Kunststoffe	94,6 kg	22,5%
Elastomere	36,4 kg	8,7%
Duromere	1,5 kg	0,4%

SUMME (Kunststoffe und Polymere)	420 kg	100%
---	---------------	-------------

Quelle: Eigene Darstellung

5.2.3 Rohstoffe für Kraftstoffe, Textilien und Strom

Neben den erfassten Rohstoffspeichern in Haushaltsprodukten sollen dem Anwender auch Informationen über seinen Verbrauch an Kraftstoffen durch Verkehrsaufwendungen, Energierohstoffen durch seinen Stromverbrauch sowie an Baumwollverbrauch durch den Textilkonsum an die Hand gegeben werden. Die folgenden Kapitel beschreiben Methodik und Datengrundlagen für die Quantifizierung dieser Stoffe. Die errechneten Jahresverbräuche der einzelnen Stoffe dienen dabei als Referenz für die Einordnung ihrer mengenmäßigen Kritikalität.

Akkumulierter Kraftstoffbedarf durch die Nutzung von Verkehrsmitteln im Haushalt

Die Allokation von Kraftstoffen zur spezifischen Fahrleistung kann über eine Abfrage der jährlich zurückgelegten km in den verschiedenen Fahrzeugklassen erfolgen. An dieser Stelle wird jedoch die Bestimmung von jährlichen Durchschnittsverbräuchen für Kraftstoffe beschrieben. Generell wird zwischen sieben verschiedenen PKW-Fahrzeugklassen, dem Roller und einem Motorrad unterschieden. Aus der durchschnittlichen Fahrleistung und dem durchschnittlichen Verbrauch ergibt sich so eine akkumulierte Menge an Kraftstoff (Diesel und Benzin) pro Jahr und Durchschnittshaushalt.

Der ADAC ermittelt im Rahmen des EcoTest regelmäßig die Durchschnittsverbräuche für insgesamt sieben verschiedene Fahrzeugklassen. Tab. 25 listet diese auf, ergänzt um ein jeweils

typisches Modell dieser Klasse. Dargestellt sind der Durchschnittsverbrauch für jeweils einen Benzin- und einen Diesel-Motor.

Der Kraftstoffverbrauch von Krafträdern lag 2010 nach Angaben des DIW Berlin (Kunert und Radke, 2011) bei durchschnittlich 4,7 l/100 km. Der Durchschnittsverbrauch von Mofas, Mokicks und Mopeds, zu denen an dieser Stelle auch der Roller gezählt wird, hingegen bei 2,0 l/100 km. Zum Vergleich: Für Personenkraftwagen wird dort ein durchschnittlicher Verbrauch von 6,8 l/100 km (Diesel, 2010) bzw. 7,9 l/100 km (Benzin, 2010) angenommen.

Tab. 25: Durchschnittsverbräuche von PKW

Fahrzeugklasse	Kraftstoffart	Verbrauch (l/100 km)	Typisches Modell (Produktbeispiel)
1 + 2 - Micro-/Kleinstwagen	Benzin	5,64	Fiat Panda
1 + 2 - Micro-/Kleinstwagen	Diesel	4,20	
3 - Kleinwagen	Benzin	6,33	Ford Fiesta
3 - Kleinwagen	Diesel	4,81	
4 - untere Mittelklasse	Benzin	7,13	Audi A3
4 - untere Mittelklasse	Diesel	5,39	
5 - Mittelklasse	Benzin	7,90	BMW 320d
5 - Mittelklasse	Diesel	6,22	
6 - obere Mittelklasse	Benzin	9,32	Audi A6
6 - obere Mittelklasse	Diesel	7,20	
7 - Oberklasse	Benzin	10,50	Mercedes GL 350
7 - Oberklasse	Diesel	7,93	

Quelle: ADAC, 2013

Durchschnittliche Fahrleistung deutscher Haushalte

Das DIW Berlin (Kunert und Radtke, 2011) und das Statistische Bundesamt (Statistisches Bundesamt, 2011) erheben in regelmäßigen Abständen die Fahrleistung gewerblicher, privater und sonstig genutzter Fahrzeuge. So belief sich die durchschnittliche Jahresfahrleistung privater deutscher Haushalte in 2008 auf 18.800 km in Dieselfahrzeugen und 11.600 km in Benzinfahrzeugen (Statistisches Bundesamt, 2011). Für die Betrachtung der Haushalte müssen die deutschlandweiten Fahrleistungen in die gewerbliche Nutzung und die private Nutzung in Haushalten unterteilt werden. Nach den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen 2012 (UGR, 2012) des statistischen Bundesamtes (Tabellen 11.4.1 - 11.4.3) ergeben sich die in Tab. 26 aufgelisteten Fahrleistungen. Dargestellt sind die in 2010 gefahrenen Millionen km (rechte Spalte), unterteilt in Gesamt oder alle Produktionsbereiche sowie Haushalte (mittlere Spalte) und die Fahrzeugart (linke Spalte).

Tab. 26: Fahrleistungen deutscher Haushalte im Bereich PKW

Fahrzeugart	Bezugsraum	Fahrleistung (2010) in Millionen km
Otto-Motor (alle zugelassenen Kfz)	Alle Produktionsbereiche inkl. Haushalte	367.185
	Nur private Haushalte	348.414 (94,9 % der Fahrleistung)
Diesel-Motor (alle zugelassenen Kfz)	Alle Produktionsbereiche inkl. Haushalte	336.563
	Nur private Haushalte	195.295 (58,0 % der Fahrleistung)

Quelle: UGR, 2012

Da die UGR keine weitere Unterteilung in Kfz-Arten erlauben, werden die individuellen Fahrleistungen der Fahrzeugklassen aus DIW auf den Anteil der privaten Haushalte an der Gesamtfahrleistung in der Benzin- und Dieselskategorie umgerechnet. Weil davon auszugehen ist, dass bei Fahrzeugklassenscharfe die Anteile variieren würden, entsteht somit eine Unsicherheit. Wenn die Annahme getroffen wird, dass der Anteil der privaten Haushalte an der PKW-Fahrleistung bei Fahrzeugklassenscharfe nicht geringer ausfallen kann (weil zu vermuten ist, dass gewerbliche Transporte zum großen Teil mit LKWs durchgeführt werden), handelt es sich damit zunächst um eine Minimalabschätzung. Für eine Abschätzung des theoretischen Maximums der Fahrzeugnutzung von Personenkraftwagen wird ein 100 % Anteil privater Haushalte an der Gesamtfahrleistung aller PKWs unterstellt. Aus dem arithmetischen Mittel ergibt sich so ein Referenzwert mit einer prozentualen Unsicherheit. Die zugrunde gelegten Werte und Berechnungen sind in Tab. 27, Tab. 28 und Tab. 29 aufgelistet:

Tab. 27: Berechnung der Fahrleistung deutscher Haushalte für PKWs auf Basis des DIW Berlin und des statistischen Bundesamtes

Quelle	Benzin / Diesel	in Mill. km
nach DIW	Benzin, PKW	349.416
Haushalte anteilig nach UGR	Benzin, PKW	331.596
nach DIW	Diesel, PKW	237.700
Haushalte anteilig nach UGR	Diesel, PKW	137.866

Quelle: Kunert und Radtke (2011) und UGR (2012)

Tab. 28: Abschätzung der Minimal- und Maximalfahrleistungen eines deutschen Haushaltes (jeweils Durchschnitt) pro Jahr

Art der Abschätzung		
Minimalabschätzung	Benzin, PKW	8.228 km/a
Maximalabschätzung	Benzin, PKW	8.670 km/a
Minimalabschätzung	Diesel, PKW	3.420 km/a
Maximalabschätzung	Diesel, PKW	5.898 km/a

Quelle: Eigene Berechnungen

Tab. 29: Durchschnittsfahrleistung eines deutschen Haushaltes auf Basis des DIW Berlins und des statistischen Bundesamtes

Fahrzeugart	Durchschnitt	Abweichung
PKW, Benzin	8.449 km/a	+/- 2,6 %
PKW, Diesel	4.659 km/a	+/- 26,6 %

Quelle: Kunert und Radtke (2011) und UGR (2012)

Weiterhin Dargestellt sind die unterschiedlichen Angaben zur Fahrleistung nach Kunert und Radtke (2011) und UGR (2012) in Tab. 21, die Umrechnung in die Fahrleistung pro Haushalt und Jahr in Tab. 28 sowie das arithmetische Mittel aus beiden Quellen und die sich daraus ergebenden Abweichung in Prozent in Tab. 29.

Weiterhin wird angenommen, dass die gewerbliche Nutzung von Motorrädern und Kleinkrafträdern (darunter Roller) vernachlässigbar klein ist. Die Fahrleistungen aus DIW werden also voll den privaten Haushalten zugerechnet. Somit werden für Motorrad 11.587 Millionen km und für Roller 4.699 Millionen km angerechnet. Bei 40,3 Millionen Haushalten in Deutschland fallen im Durchschnitt demnach 288 km/a für ein Motorrad und 117 km/a für einen Roller an.

Durchschnittlicher akkumulierter Kraftstoffverbrauch in deutschen Haushalten

Für die Ermittlung des akkumulierten Kraftstoffverbrauchs wird die durchschnittliche Fahrleistung privater Haushalte (siehe oben) dem durchschnittlichen Verbrauch von Diesel- und Benzin-PKW's gegenübergestellt. Der durchschnittliche deutsche Haushalt benötigt demnach pro Jahr 984 l Kraftstoff für den motorisierten Verkehr mit Personenkraftwagen (316,8 l Diesel und 667,4 l Benzin). Auf Motorräder und Roller entfallen 13,5 l bzw. 2,3 l Benzin pro Haushalt und Jahr.

Umrechnung von Diesel und Benzin in Kraftstoffmasse

Benzin und Diesel werden gängiger Weise in Liter (l) erhoben und angegeben. Für einen Vergleich des Rohstoffes "Kraftstoff" (siehe AP 1a) mit den anderen kritischen Rohstoffen müssen die Literangaben jedoch noch in kg "Kraftstoff" umgerechnet werden. Die hierfür

notwendigen Annahmen zu Umrechnung (Mittelwert der Bandbreite der Dichte) sind in Tab. 30 aufgeführt.

Tab. 30: Herleitung der Umrechnungsfaktoren für die Kraftstoffmasse in Haushalten

Stoff	Dichte	Umrechnungsfaktor	Norm
Benzin (Ottokraftstoff)	0,720 - 0,775 kg/l (bei 15 °C)	0,75 kg/l	DIN EN 228 (2013)
Diesel	0,820 - 0,845 kg/l (bei 15° C)	0,83 kg/l	DIN EN 590 (2009)

Quelle: Holborn, 2002a, Holborn, 2002b

Akkumulierter Stoffspeicher durch Strombedarf in Haushalten

Der jährliche Verbrauch an Energierohstoffen wurde auf Basis des deutschen Strommixes und des durchschnittlichen Strombedarfs der Haushalte gebildet. Somit beinhaltet die angegebene Menge nicht nur den Strombedarf der ausgewählten Haushaltsgüter, sondern die gesamte Strommenge aller Güter und elektrischen Anwendungen im Haushalt. Eine Zurechnung dieses Bedarfs oder der für die Bereitstellung des Stromes benötigten Rohstoffe auf die Rohstoffe in der Güterauswahl ist demnach nicht zulässig. Vielmehr kann diese Information den Auskünften über den Rohstoffbedarf der ausgewählten Haushaltsgüter nebenan gestellt werden, um den Einfluss der Strommenge und Art der Strombereitstellung im Haushalt zu quantifizieren. Ein stromsparender Haushalt akkumuliert so geringere Mengen an z.B. Braunkohle über ein Jahr als ein weniger sparsamer Haushalt. Der Nutzer eines Ökostromanbieters wiederum nutzt theoretisch keinen der ausgewiesenen Rohstoffe, wobei natürlich über die Vorketten der Strombereitstellung auch in erneuerbaren Energieformen weitere und andere Rohstoffe anfallen. Da Vorketten und Aufwendungen für Infrastruktur auch bei den Haushaltsgütern nicht erhoben wurden, ist eine Beschränkung auf den jährlichen Energierohstoffverbräuche legitim.

Im Folgenden werden Referenzwerte für den spezifischen Rohstoffbedarf pro kWh erzeugtem Strom ermittelt, der akkumulierte Rohstoffspeicher des durchschnittlichen deutschen Haushaltes berechnet und eine Abschätzung zukünftiger Rohstoffbedarfe durchgeführt.

Referenzwerte für den Energierohstoffbedarf im deutschen Strommix

Eine Allokation der Strommenge zu einzelnen Rohstoffen erfordert zunächst die Ermittlung spezifischer Rohstoffmengen im aktuellen deutschen Strommix. Die Referenzwerte für den Rohstoffbedarf werden auf Basis der Energiedaten des BMWi für das Jahr 2011 berechnet (s. BMWi 2013; Tabelle 22 und 23). Dort werden Bruttostromerzeugung und Primärenergieeinsatz nach Energieträgern aufgeschlüsselt. Die Bruttostromerzeugung beinhaltet neben dem Endenergieverbrauch zusätzlich die Leitungsverluste, den Eigenbedarf der Kraftwerke sowie den Strombedarf im Bergbau und der Mineralölwirtschaft. Dieser wird für die folgenden Berechnungen bevorzugt, weil der spezifische Rohstoffbedarf eine Kenngröße der Energieumwandlung (Brutto-Brennstoffnutzungsgrad) und nicht der Energieverteilung und Speicherung sein soll.

Der spezifische Rohstoffbedarf pro kWh erzeugtem Strom lässt sich aus dem Verhältnis des Primärenergieeinsatzes auf der Eingangsseite der Kraftwerke und dem erzeugten Bruttostrom auf der Ausgangsseite berechnen, wenn gemittelte Werte für den Energiegehalt (unterer Heizwert) der fossilen Brennstoffe vorliegen. Als Mittel der Umrechnung dient die normierte Energieeinheit SKE (Steinkohleeinheit), welche mit 29,3076 MJ/kg_{SKE} definiert ist und für viele Energieträger mit einem Charakterisierungsfaktor versehen ist (siehe <http://www.chemie.de/lexikon/Steinkohleeinheit.html>)⁴⁶.

Tab. 31 zeigt die zugrunde gelegten Werte und den daraus errechneten spezifischen Rohstoffbedarf. Dargestellt sind die Energieträger (1. Spalte), der Primärenergieeinsatz in 2011 (2. Spalte), die Bruttostromerzeugung (3. Spalte), der Faktor für die Umrechnung in Masse nach Steinkohleäquivalenten (4. Spalte), der Heizwert nach Steinkohleäquivalenten (5. Spalte) sowie der daraus errechnete Rohstoffbedarf (letzte Spalte). Es handelt sich dabei im engeren Sinne um Rohstoffäquivalente und nicht um konkrete Rohstoffmengen, weil diese die Kenntnis des jeweiligen Rohstoff- und Importmixes sowie der Kohlenfeuchte erforderlich machen würden. Mit Ausnahme der Kernenergie, in der nicht nur Natururan, sondern auch Plutoniumoxide und angereichertes Brennmaterial eingesetzt werden, können die spezifischen Werte aber als repräsentativ für den jeweiligen Energieträger gelten.

Tab. 31: Berechnung des spezifischen Rohstoffbedarfes der Stromerzeugung in Deutschland (2011)

Energieträger (Stromerzeugung)	Primärenergieeinsatz (Strom) in 2011	Bruttostromerzeugung	SKE Faktor	Unterer Heizwert aus SKE	Entspricht einem spezifischen Rohstoffbedarf
Steinkohle	987 PJ	112,4 TWh	1,016 kg _{SKE} /kg	29,78 MJ/kg	0,295 kg/kWh _{Erzeugung}
Braunkohle	1.414 PJ	150,1 TWh	0,290 kg _{SKE} /kg	8,50 MJ/kg	1,110 kg/kWh _{Erzeugung}
Erdgas	537 PJ	82,5 TWh	1,083 kg _{SKE} /m ³	31,74 MJ/m ³	0,205 m ³ /kWh _{Erzeugung}
(Natur)Uran	1.178 PJ	108,0 TWh	15.000 kg _{SKE} /kg	439,6 MJ/t	0,025 g/kWh _{Erzeugung}
Andere (inkl. EE)	1.084 PJ	155,9 TWh			
Gesamt	5.200 PJ	608,9 TWh			

Quelle: BMWi (2013), Eigene Berechnungen

⁴⁶ Alternativ könnten hier auch die Grundannahmen zum Heizwert von fossilen Brennstoffen in BMWi (2013b); Tab. 0.3 Verwendung finden.

Als Validierung dieser Vorgehensweise werden die Jahresmengen für den gesamten Primärenergieverbrauch (BMW i 2013; Tabelle 4) nach Umrechnung in Mio. t SKE, mit den Jahresmengen des Jahresberichtes des Vereins der Kohleimporteure aus demselben Bezugsjahr (VDKI 2012; Seite 49) verglichen (siehe Tab. 32). Dargestellt sind die jeweiligen Primärenergieverbräuche (3.Spalte) nach Energieträgern (1.Spalte) sowie die Differenz aus beiden Werten. Weil die daraus resultierenden Abweichungen als sehr gering eingestuft werden können (die größte Abweichung weist Steinkohle mit +1,7 % auf), darf die verwendete Methode als hinreichend für die Bestimmung spezifischer Rohstoffbedarfe im Stromsektor gelten. Wie groß die ursprünglichen Unsicherheiten der Erhebung der beiden Datensätze sind, ist in keiner der Quellen dokumentiert.

Tab. 32: Validierung der SKE-Umrechnung

Energieträger	Primärenergieverbrauch nach VDKI	Primärenergieverbrauch nach BMWi	Differenz aus BMWi- und VDKI-Daten
Steinkohle	57,5 Mio t SKE	58,5 Mio t SKE	+ 1 Mio t SKE
Braunkohle	53,3 Mio t SKE	53,4 Mio t SKE	+ 0,1 Mio t SKE
Erdgas	93,3 Mio t SKE	k.A. ⁴⁷	-
Kernenergie	40,2 Mio t SKE	40,2 Mio t SKE	0 Mio t SKE

Quelle: VDKI 2013; S.49, BMWi (2013); Tabelle 4

Energierohstoffbedarf des durchschnittlichen deutschen Haushaltes in 2011 und der Zukunft

Als Referenz für den kumulierten Jahresbedarf an Steinkohle, Braunkohle, Erdgas und Uran wird der spezifische Rohstoffbedarf (siehe vorangegangenes Kapitel) mit dem Endenergieverbrauch eines deutschen Haushaltes verrechnet. Da nach BMWi (2013, Tab. 6) 492 PJ Endenergie für Strom (2011) verbraucht wurden und laut Bundeszentrale für politische Bildung (<http://bpd.de>) 40,439 Millionen Haushalte in 2011 gezählt werden, wird der durchschnittliche Strombedarf mit 3.380 kWh/a angenommen.

Dieser Verbrauch teilt sich auf die verschiedenen Energieformen in der Brutto-Stromerzeugung auf, wie sie bereits in Tab. 25 dargestellt sind. Demnach verbrauchte der durchschnittliche deutsche Haushalt 184 kg Steinkohle in 2011 bei einem Steinkohle-Anteil im Strommix von 18,5 %. Auf Braunkohle entfallen 923 kg bei einem Anteil von 24,7 % und auf Erdgas ca. 72 kg (13,5 %), wenn eine Dichte von 0,77 kg/m³ unterstellt wird. Für die Kernenergiebereitstellung, welche einen Anteil von 17,7 % am Bruttostrommix hat, wären hingegen nur etwa 15 g (unbehandeltes) Uran im Jahr notwendig.

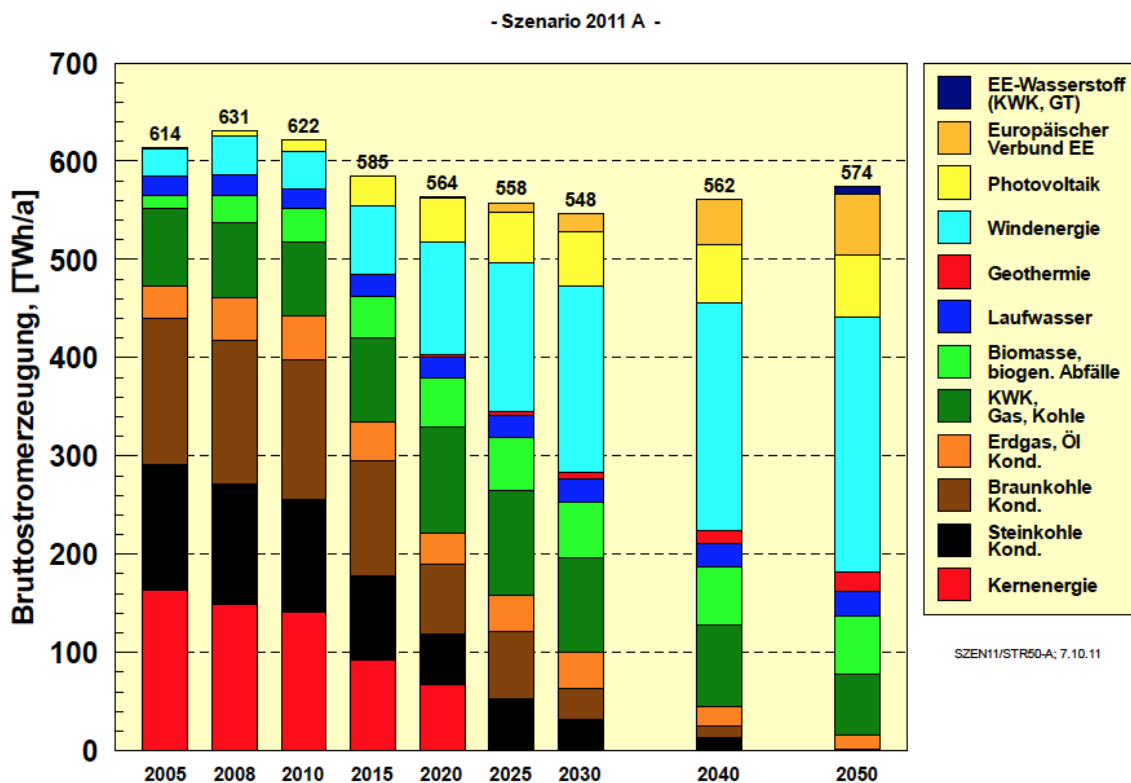
Die Bedarfsberechnung des zukünftigen Durchschnittshaushaltes ist naturgemäß mit einer Reihe von Unsicherheiten behaftet. So basieren etwa Langzeitszenarien zur Strombereitstellung in Deutschland in der Regel auf politischen Zielvorgaben z.B. zum Ausbau der Erneuerbaren Energien. Auch ist nicht abzusehen inwieweit technischer Fortschritt zu einer effizienteren

⁴⁷ Da die Angabe in BMWi (2013) auch Gas aus Erdöl beinhaltet, ist an dieser Stelle kein Vergleich möglich.

Nutzung auch von fossilen Energieträgern beiträgt oder ob und in welchem Maße der durchschnittliche Stromverbrauch steigt oder sinkt. Auch der Export von Strom verteilt sich nicht einheitlich auf alle Energieerzeuger gleichermaßen, weil die Regelung individuell und im Rahmen der Regelungsfähigkeiten einzelner Kraftwerkstypen erfolgt.

Im vorliegenden Bericht wird das Referenzszenario (2011 A) der DLR Leitstudie "Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global" herangezogen, um den zukünftigen Bedarf zu bestimmen. Darin ist auf den Seiten 118 und 119 der zukünftige Bruttostrommix (ohne Pumpspeicher) für den Zeitraum 2005 - 2050 dargestellt (siehe Abb. 27).

Abb. 27: Bruttostrommix (ohne Pumpspeicher)



Quelle: DRL (2012); S.119

Tab. 33: Verteilung der Bruttostromerzeugung für die Jahre 2011, 2015 und 2030

Jahr / Energieerzeugung	2011	2015	2030
Steinkohle	18,5 %	14,8 %	5,8 %
Braunkohle	24,7 %	20,0 %	5,8 %
Kondensationskraftwerke für Erdgas und Heizöl	13,5 %	17,4 %	21,0 %
Kernenergie	17,7 %	15,7 %	0 %

Jahr / Energieerzeugung	2011	2015	2030
Andere (inkl. EE)	25,6 %	32,0 %	67,5 %

Quelle: DLR (2012), BMWi (2013)

Mithilfe der begleitenden Tabellen und einer Software zur Ausmessung der prozentualen Anteile, lassen sich die in Tab. 33 beschriebenen Anteile bestimmen. Dargestellt wird Anteil einzelner Energieträger (1.Spalte) am Bruttostrommix für die Jahre 2011, 2015 und 2030 (2. Spalte bis 4.Spalte). Dabei liegt der Fokus auf den Jahren 2015 und 2030. Da im Gegensatz zu den Angaben in BMWi (2013) Erdgas- und Heizöldampfturbinen zusammengefasst werden, liegen die gemeinsamen Anteile am Strommix etwas höher als für Erdgasturbinen alleine. Diesem Umstand wird durch entsprechende Kennzeichnung Rechnung getragen.

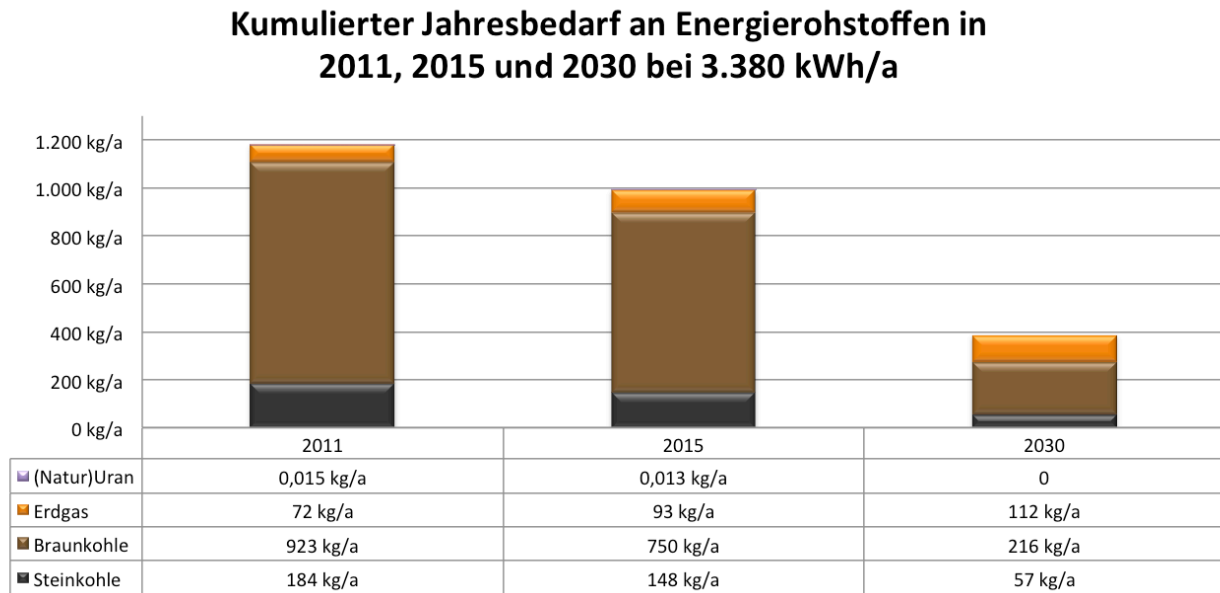
Tab. 34: Energierohstoffbedarf pro verbrauchter kWh in privaten Haushalten

Jahr / Energieträger	2011	2015	2030
Steinkohle	54,4E-3 kg/kWh _{Verbrauch}	43,8E-3 kg/kWh _{Verbrauch}	17,0E-3 kg/kWh _{Verbrauch}
Braunkohle	273,2E-3 kg/kWh _{Verbrauch}	221,9E-3 kg/kWh _{Verbrauch}	63,9E-3 kg/kWh _{Verbrauch}
Erdgas ⁴⁸	27,8E-3 m ³ /kWh _{Verbrauch}	35,8E-3 m ³ /kWh _{Verbrauch}	43,0E-3 m ³ /kWh _{Verbrauch}
(Natur)Uran	4,4E-6 kg/kWh _{Verbrauch}	3,9E-6 kg/kWh _{Verbrauch}	0 kg/kWh _{Verbrauch}

Quelle: Eigene Berechnungen

⁴⁸ Für die Jahre 2015 und 2030 inklusive des Primärenergiebedarfes von Heizöl betriebenen Kondensationskraftwerken.

Abb. 28: Kumulierter Jahresbedarf an fossilen Energierohstoffen für die Strombereitstellung



Quelle: Eigene Darstellung

Für den Bedarf der Energierohstoffe wird der Anteil der Energieerzeugungsform am Strommix mit dem Kennwert der Energieumwandlung verrechnet und als $g/kWh_{\text{Verbrauch}}$ in Tab. 34 wiedergegeben. Unter der Annahme gleichbleibender Stromverbräuche im Haushalt ergeben sie die in Abb. 28 dargestellten kumulierten Jahresverbräuche an Energierohstoffen bzw. Energierohstoff-Äquivalenten. Dargestellt sind jeweils die Mengen der Energieträger (1.Spalte) in den Jahren 2011, 2015 und 2030 (jeweils 2.Spalte bis 4.Spalte).

Akkumulierter jährlicher Baumwollbedarf in deutschen Haushalten

Die exemplarische Erfassung des biotischen Rohstoffes Baumwolle dient der Veranschaulichung der Auswirkungen des Textilkonsums deutscher Haushalte. Weil für eine vollständige Erfassung die differenzierte Abfrage von Art, Menge, Alter und Wiederverwendung aller Textilien im Haushalt vonnöten wäre, beschränkt sich die Untersuchung an dieser Stelle auf die Auswertung deutschlandweiter Textilverbräuche.

Die Ermittlung eines Referenzwertes des jährlichen Baumwollbedarfes deutscher Haushalte erfolgt in drei Schritten:

1. Ermittlung der Inlandsverfügbarkeit von Textilien in Deutschland.
2. Ermittlung des Pro-Haushalt-Verbrauchs an Textilien in deutschen Haushalten.
3. Ermittlung des durchschnittlichen Baumwollanteiles von Bekleidung sowie Haus- und Heimtextilien in Deutschland.

Daten zur Inlandsverfügbarkeit von Textilien können nur abgeschätzt werden. Der Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. gibt hierzu in einer Studie an (BVSE, 2008), dass der Inlandsverbrauch insgesamt bei ca. 2 Millionen Tonnen pro Jahr liegt, wovon 440.000 t auf technische Textilien entfallen. Tab. 35 listet die Ergebnisse auf:

Tab. 35: Jährlicher Inlandsverbrauch von Textilien in Deutschland

Art der Textilien	Inlandsverbrauch in t	Verteilung im Haushalt
Bekleidungsstücke	960.000	61,3 %
Haustextilien	166.000	10,6 %
Heimtextilien	440.000	28,1 %
Technische Textilien	440.000	-
Gesamt	2.006.000	-
Textilien im Haushalt (Bekleidung, Heim- und Haustextilien)	1.566.000	100 %

Quelle: BVSE, 2008

Dargestellt sind die Art der Textilien (1.Spalte), der Inlandsverbrauch in t (2.Spalte) sowie die Verteilung der Textilienarten im Haushalt (3.Spalte).

Auf die deutschen Haushalte entfallen demnach 1,57 Millionen Tonnen Textilien. Darunter fallen Bekleidung, Haus- (z.B. Bettwäsche) und Heimtextilien (z.B. Teppiche und Gardinen). Legt man auch hier 40,439 Millionen Haushalte (siehe oben) zugrunde, werden 38,7 kg Textilien pro Haushalt und Jahr in Deutschland verwendet. 23,8 kg entfallen davon auf die Bekleidung, wenn die Verteilung nach BVSE (2008) angenommen wird. Zum Vergleich: Der WWF geht von 11 kg Kleidung pro Kopf (25 kg pro Haushalt bei 2,28 Personen pro Haushalt) und Jahr in Deutschland aus (WWF 2010), wobei er sich auf Abschätzungen des Fachverbands Textilrecycling beruft, die ebenfalls die Ergebnisse der BVSE (2008) Studie auf Ihrer Webseite veröffentlicht haben.

Für die Ermittlung des Baumwollanteils in Textilien wurde nicht die Menge produzierter Textilien herangezogen, sondern der Anteil an Fasern aus Baumwolle an der gesamten Faserverfügbarkeit (inklusive von Verlusten bei Produktion und Transport) quantifiziert, weil eine Zuordnung zu spezifischen Produkten nicht möglich ist. Da die Stoff- bzw. Faserverluste bei Produktion und Transport unterschiedlich für verschiedene Güter ausfallen, ist diese Art der Auswertung nicht trennscharf in Bezug auf die Textilart (Kleidung, Heim- und Haustextilien). In Anbetracht der erheblichen Unsicherheiten, die sich bereits durch die Art der Abschätzung der Textilverfügbarkeit ergeben (Abschätzung aus Daten über die Rückgabe von Textilien), darf diese Art der Zuordnung von Baumwollfaseranteilen zu Baumwolltextilanteilen aber als

ausreichend angesehen werden⁴⁹. Mögliche Unsicherheiten sind also nicht quantifizierbar, lassen sich aber größtenteils auf die Abschätzung der Textilverfügbarkeit zurückführen.

Tab. 36: Faserverfügbarkeit in Deutschland 2008 (Baumwolle und andere Fasern)

Faserart und Faserherkunft Deutschland 2008		Faserequivalente in 1000 Tonnen
Baumwolle	Fasereigenproduktion	44,0
Baumwolle	Import	+ 1.044,7
Baumwolle	Export	- 340,6
Faserverfügbarkeit (Baumwolle)		748,1
Gesamte Faserverfügbarkeit Deutschland 2008		1.832,9
Baumwollanteil		40,8 %

Quelle: ICAC FAO, 2011

Der weltweite Anteil von Baumwolle an der Jahresproduktion von Fasern liegt bei 31 %⁵⁰. In Deutschland waren im Jahr 2008 nach Angaben der World Apparel Fibre Consumption Survey (2011) 748 000 Tonnen Fasern aus Baumwolle notwendig, um Textilien für den deutschen Markt zur Verfügung zu stellen (ICAC FAO, 2011). Der Baumwollanteil in Deutschland liegt somit bei 40,8 % (siehe Tab. 36). Eine Anfrage bei der Bremer Baumwollbörse (Hortmeyer, 2013) bestätigte diese Größenordnung (40 - 42 %) auch für den Zeitraum 2008 bis 2010 auf Basis der World Apparel Fiber Consumption Survey 2013. Tab. 36 zeigt den Anteil von Baumwollfasern an der gesamten Faserverfügbarkeit in Deutschland in 2008 (Zeile 6 und Zeile 7) sowie die Fasermengen nach Faserherkunft (Zeile 2 bis Zeile 4).

Aus der Menge von Bekleidungs-, Heim- und Haustextilien (38,7 kg) sowie des Baumwollanteils an der Faserverfügbarkeit in Deutschland (40,8 %) ergibt sich ein jährlich akkumulierter Jahresbedarf von 15,8 kg Baumwolle pro Haushalt und Jahr.

5.2.4 Diskussion der Berechnung von Rohstoffspeichern in ausgewählten Haushaltsgütern

Wie eingangs unter AP 2a erläutert, erfolgte die Zuordnung von Rohstoffen zu Haushaltsgütern auf Basis eines Bottom-Up Vorgehens. So sollten vor allem diejenigen Rohstoffe identifiziert und quantifiziert werden, die eine hohe Relevanz für das Nachhaltigkeitsniveau privater Haushalte haben. In der Praxis ist diese Vorgehensweise mit einer Reihe von Problemen behaftet.

⁴⁹ Eine stichprobenartige Auswertung der ICAC FAO Zahlen ergab eine prozentuale Abweichung der Konversionsfaktoren (Berechnung der Fasermenge aus Menge der importierten Textilien) von nur wenigen Prozent. Generell liegt der Faserverlust bei ca. 100 - 200 g bezogen auf 1 kg fertiges Textil.

⁵⁰ vgl. hierzu die Branchendaten der Chemiefaser-Industrie in 2012 (<http://www.ivc-ev.de/>)

Als grundlegendes Problem erwies sich die geringe Verfügbarkeit von Produktinventaren bzw. Produktkompositionen. Auch bei der vorgenommenen Vereinfachung der Systemgrenzen konnte in den seltensten Fällen ein Literatureintrag auffindig gemacht werden, der die benötigten Informationen bereithält. Dort wo Produkte erfasst wurden, handelte es sich zudem häufig um genau ein bestimmtes Produkt aus einer möglichen Palette von Produktvarianten. Typ (LCD oder CRT Fernseher), Alter, Anwendungseignung (z.B. Gaming- oder Büro-PC), Preis (z.B. Kunststoff- oder Aluminiumverkleidung eines Laptops) und Produktbandbreite (Kleinwagen oder gehobener Mittelklassewagen) haben aber maßgeblichen Einfluss auf sowohl Masse als auch Anteile der Rohstoffe. Diese Auswahl einer zufälligen Stichprobe an Produkten kann demnach nicht als Referenz für einen Durchschnittshaushalt verwendet werden. Vielmehr sind alle erfassten Rohstoffe einer Streuung unterworfen, die in die folgenden vier Kategorien eingeordnet werden kann:

1. Der Rohstoff ist im Literatureintrag aufgeführt und kann in den meisten Varianten des Produktes erwartet werden (z.B. Stahl in PKWs).
2. Der Rohstoff ist laut Literatureintrag nicht aufgeführt, kann aber in den meisten Varianten des Produktes erwartet werden (z.B. Gold in allen Produkten mit einer ausgereiften Elektronik).
3. Der Rohstoff wird im Literatureintrag aufgeführt, kann aber in vielen Produktvarianten nicht erwartet werden (z.B. Bitumen in der Geschirrspülmaschine oder Messing in einer Kaffeemaschine).
4. Der Rohstoff wird nicht explizit im Literatureintrag aufgeführt, kann aber bereits als Teil einer Aggregation erfasst sein (z.B. Legierungselemente in Stahl-Kategorien).

Da aus den erfassten Rohstoffen in einer Stichprobe aus Haushaltsgütern die Priorisierung der Rohstoffe erfolgt, sind Unsicherheiten somit bereits im ersten Schritt unvermeidbar.

Erschwerend kommt hinzu, dass keine Informationen über den Erfassungsgrad vorlagen, d.h. welchen Anteil die quantifizierten Güter an der Gesamtmasse aller Rohstoffe im Haushalt, der Gesamtzahl aller Haushaltsgüter und an der Masse ausgewählter Rohstoffe haben.

5.3 Arbeitspaket 2c: Haushaltstypen

5.3.1 Zielsetzung

Ziel in Arbeitspaket 2c war die Entwicklung einer Typologie von Haushalten. Diese sollen als Orientierung im soziokulturellen Raum der Lebenswelten dienen. Gleichzeitig beschränkt sich eine Typologie auf eine überschaubare Zahl an Typen. Aufgabe ist es also, eine Vereinfachung sozialer Komplexität zu leisten, ohne relevante Komplexität zu negieren oder zu durch Reduktion zu verlieren. Dann stellt eine Haushaltstypologie ein effektives Instrument dar, um zielgruppenspezifische Kommunikation zu fundieren. Denn Haushaltstypen über durchschnittliche Merkmale des Bestandes zu ermitteln, erscheint nicht zielführend, da dann die Anschlussfähigkeit an die Lebenswelt der Nutzer nur sehr eingeschränkt möglich wäre. Damit wäre die Anschlussfähigkeit der Handlungsimplicationen der Internetapplikation an die tatsächlichen Handlungsoptionen der Nutzer stark reduziert. Die Typologie soll letztlich eine möglichst hohe Repräsentativität aufweisen, um im Rahmen der Internetapplikation eine einfache Orientierung für möglichst viele Nutzer zu geben.

Die Entwicklung der Haushaltstypologie schließt an die Diskussion um den statistischen Warenkorb in Kapitel 5.2.2 an. Eine bestehende Datengrundlage, um physische Verbräuche

über Güterbestände und Güternutzung mit sozialen Merkmalen zu verbinden, steht allerdings hierfür nur bedingt zur Verfügung. Notwendig sind sowohl Mikrodaten für Ausstattungs- und Verbrauchsmerkmale, vor allem für Rohstoff- und Energiedienstleistungen, als auch sozio-ökonomische und lebensweltspezifische Informationen über den Untersuchungsgegenstand Haushalt. Hierzu zählen also neben demografischen Angaben wie Alter und Haushaltsgröße, auch Individualmerkmale, die Auskunft über Einstellungen, Werte, personale und soziale Normen geben. Erst dann können umweltrelevante soziale Praktiken verstanden und hinreichend differenziert werden, um effektive Handlungsoptionen zugunsten eines langfristig veranlagten nachhaltigen Konsums zu beschreiben. Da jene dimensional umfangreichen Mikrodaten nicht zur Verfügung stehen, wird zunächst im Folgenden die Datengrundlage und daraus resultierende methodische Vorgehen zur Ermittlung der projektspezifischen Haushaltstypologie beschrieben.

5.3.2 Datengrundlage

Das Matching zwischen Rohstoffbedarf und Haushaltstypologie mit gegebener Datengrundlage stellt sich als schwierig dar. Neben den Datenbanken der statistischen Dienste des Bundes und der Länder steht das Sozio-Ökonomische Panel (SOEP) des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW) zur Verfügung. Diese als umfangreichstes Haushaltspanel zur Verfügung stehende Datenbasis erfasst sowohl sozio-demografische Angaben als auch (Umwelt-)Einstellungen oder Werthaltungen, die als lebensstilspezifische Eichstudie, Referenz und letztlich als repräsentativer Benchmark dienen könnten. Allerdings fehlen hier produktspezifische Ausgaben, welche den lebensstilspezifischen Benchmark zu einem verbrauchsspezifischen Benchmark machen würden.

Die Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS) der Statistischen Ämter der Länder und des Bundes erfasst wiederum Ausgaben und damit monetäre Verbräuche für Posten in COICOP, allerdings sind diese ebenso wenig produktspezifisch auszuwerten. Darüber hinaus, werden über sozio-demografische Merkmale keine weiteren Charakteristika erhoben, die Aufschluss über die lebensstilspezifische Verwendung der Ausgaben geben könnten.

Tab. 37: Auswahl der Ausstattungsgüter und Ausgaben privater Haushalte nach Verwendungszweck in der EVS

id (COICOP)	Verwendungszweck	Gebrauchsgüter (Ausstattung)	Verbrauchsgüter (Ausgabe)
CC04	Wohnungsmiete, Wasser, Strom, Gas u.a. Brennstoffe		Strom
CC05	Einrichtungsgegenstände für den Haushalt	Kühl- und Gefrierschrankskombination Gefrierschrank Geschirrspülmaschine Mikrowelle	
CC07	Verkehr	PKW, PKW gebraucht Kraftrad Fahrrad	Kraftstoffe
CC09	Freizeit, Unterhaltung und Kultur	DVD-Player Fernseher PC stationär PC mobil Spielkonsole	

Im Projektverlauf wurde eine empirische Typologie auf Grundlage der gewählten Haushaltsausstattung beschlossen. Damit wird die Anzahl der Haushaltstypen statistisch ermittelt ohne eine Typenanzahl a priori vorgeben zu müssen. Als Grundlage der empirischen Ermittlung der Haushaltstypologie dient die Welle der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS) für das Jahr 2008. Diese ermöglicht neben Haushaltsausstattungen und -ausgaben ausgewählter Haushaltsgüter und Dienstleistungen die Beobachtung sozio-ökonomischer Merkmale der Haushaltsmitglieder wie auch weiterer relevanter Merkmale hinsichtlich der sozialen Lage wie Gemeindegröße oder Wohnfläche der Haushalte. Ein Abgleich der festgelegten Systemgrenzen in AP2a mit den zur Verfügung stehenden Ausstattungsmerkmalen in der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe ergab einen Warenkorb (siehe Tab. 37), der PKW bzw. gebrauchte PKW, Kraftrad, Fahrrad als Ausstattung für Mobilität, DVD-Player, Fernseher, PC-stationär als auch PC-mobil, Spielkonsole als Ausstattung der Informations- und Kommunikationstechnologien, Kühlschranks- und Gefrierschrankskombination, Gefrierschrank, Geschirrspülmaschine und Mikrowelle als weiße Ware im Wohnbereich umfasst. Als Nutzungsvariablen stehen entsprechend Haushaltsausgaben für Kraftstoffe und Strom zur Verfügung. An dieser Stelle gilt es zu betonen, dass nach Haushaltstypen – nicht nach Individuen – differenziert wird.

Damit erlaubt die EVS die Abschätzung von Haushaltsausstattungen und -ausgaben entlang sozialer Merkmale. In der EVS können Korrelationen zwischen sozio-demographischen und sozio-ökonomischen Merkmalen und Ausgaben auf Produktebene berechnet werden. So können empirisch signifikant unterschiedliche Typen bei ausreichender Varianzaufklärung beobachtet werden, ohne vorher eine Typologie zu determinieren, die hinsichtlich der zu beobachteten Systemgrenzen bzw. Produktportfolios im Projekt zu kurz greift. Durch die Rekonstruktion der in der EVS empirisch bestimmten Cluster in einer Eichstudie (Daten-Imputation) konnten diese mit Milieutypologien verbunden werden, sodass die sozio-

demografisch und sozio-ökonomisch geschätzten Cluster zum einen optimiert und zum weiteren mit typenspezifischen Wert- und Lebensstildimensionen unterlegt werden konnten.

5.3.3 Methode

Die statistische Ermittlung der Haushaltstypen folgt einer Clusteranalyse. Angewandt wurde jeweils das Ward-Verfahren der hierarchischen, agglomerativen Clusterung. Dabei wird schrittweise von einfachen (am Anfang steht das „triviale“ Ein-Typen-Modell) hin zu differenzierteren Modellen fortgeschritten (im vorliegenden Fall: bis zu 15-Typen-Modellen). Das Ward-Verfahren als differenzierte Modellierung erfordert hohe Rechnerkapazitäten, die nicht komplett zur Verfügung standen. Deshalb war es nötig, aus der gesamten Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2008 des Statistischen Bundesamtes (n=44.088 Haushalte) eine 25 %-Zufallsstichprobe zu ziehen. Grundlage der Analyse waren daher n=11.022 Haushalte. Aufgrund der Größe der Gesamtstichprobe unterscheidet sich die Teilstichprobe der nachfolgenden Analysen in den untersuchten Merkmalen nicht signifikant. Die zugrunde liegende Stichprobe kann daher als repräsentativ für Deutschland interpretiert werden.

Es wurden verschiedene Ansätze zur Bildung von Typologien mit alternativen Clustermodellen getestet. Ziel war es, eine Typologie zu konstruieren. Diese sollte für die Aufgabenstellung des vorliegenden Projekts möglichst konsistent, plausibel und gut interpretierbar, d.h. nach folgenden Kriterien relevant sein:

- Ausstattung
- Verbrauch
- weitere soziodemografische, sozioökonomische und – qua Daten-Imputation – soziokulturelle Merkmale.

Für die Lösung der Wahl wurde einerseits das Duda/Hart-Kriterium (Homogenität der einzelnen Typen sowie Beitrag zur Varianzaufklärung im Verhältnis zur Komplexität bzw. Einfachheit des Modells), andererseits inhaltliche Gesichtspunkte (Plausibilität, Interpretierbarkeit und Relevanz für die Forschungsfragen des Projekts) herangezogen.

Folgende alternative Ansätze wurden getestet:

1. Clustermodelle von Haushalten auf Basis der Ausstattungsmerkmale
2. Clustermodelle von Haushalten auf Basis von Ausstattungs- und Ausgabenmerkmalen
3. Clustermodelle von Individuen auf Basis von Äquivalenzausstattungen
4. Clustermodelle von Individuen auf Basis von Äquivalenzausstattungen und -ausgaben
5. Jeweils separate Clustermodellierungen für unterschiedliche Haushaltsgrößen (Singles, Paare, Familien mit einem Kind, Familien mit mehr als einem Kind)

5.3.4 Clusteranalyse

Die Ergebnisse der Clusteranalysen weisen folgende wesentliche Feststellungen in Bezug auf die unterschiedlichen Ansätze auf:

ad 1: Es besteht eine hohe Korrelation zwischen Clustern und Haushaltsgröße. Dies ist natürlich plausibel und führt zu Modellen, die – neben anderen Faktoren – auch vom Haushaltstyp, d.h. der Zahl und Art seiner Mitglieder geprägt sind.

- ad 2: Es ergibt sich derselbe Zusammenhang mit den Haushaltstypen wie beim 1. Ansatz; jedoch sind die Cluster-Profile stärker durch die Ausgaben für Kraftstoffe und Strom bestimmt. Darüber hinaus zeigt sich, dass der Zusammenhang zwischen PKW-Besitz und Kraftstoffverbrauch in den unterschiedlichen Typen nicht trivial ist (z.B. haben zwei Typen dieselbe Anzahl PKW im Haushalt, aber sehr unterschiedliche Kraftstoffverbräuche). D.h. die Einbeziehung der Verbrauchs- bzw. Nutzungsmerkmale neben der Ausstattung (mit PKW/Krafträdern einerseits und IuK und weiße Ware andererseits) ist zentral zur Differenzierung der Haushalte und ihrer Rohstoffprofile.
- ad 3: Es zeigen sich ähnliche Cluster wie unter ad 1, allerdings werden alle Profile flacher, da die Ausstattungen größerer Haushalte durch die Äquivalente ausgeglichen werden. Der Zusammenhang zwischen Haushaltsgröße und Ausstattungsniveau kann bei diesem Vorgehen zwar reduziert werden, bleibt insgesamt jedoch erhalten. Die Erklärung liegt darin, dass die Äquivalenzfaktoren nicht für alle Ausstattungsmerkmale gleichermaßen „greifen“. So ist beispielsweise die Anzahl von Fahrrädern hoch mit der Anzahl der Personen im Haushalt korreliert, während der PKW-Besitz eher davon unabhängig ist, ob in einem Haushalt keine oder mehrere Kinder (unter 18 Jahren) vorhanden sind.
- ad 4: Wie beim 3. Ansatz sind die Profile flacher, doch der Zusammenhang mit der Haushaltsgröße bleibt grundsätzlich bestehen. Wie beim 2. Ansatz sind die Typen jedoch nicht nur von der Ausstattung, sondern auch von der Nutzung der Haushaltsgüter geprägt.
- ad 5: Es ergibt sich ein hoch komplexes Konglomerat unterschiedlicher Clustermodelle, die untereinander nur schwer vergleichbar sind. Zudem zeigt sich, dass jede Haushaltsgößenklasse (außer „Familien mit mehr als einem Kind“) von jeweils einem Typ (mit ca. 50% Anteil an der Haushaltsgößenklasse) dominiert wird.

Tab. 38: Ergebnisse nach Duda-Hart Stopping Rule

Anzahl Gruppen	$Je(2)/Je(1)$	$pseudo T^2$
1	0.6352	6328.4
2	0.5717	7667.67
3	0.6639	3320.31
4	0.5535	1727.02
5	0.5299	693.75
6	0.6074	2854.79
7	0.6894	286.54
8	0.6371	2093.72
9	0.4315	305.61
10	0.5503	471.52
11	0.6022	1982.97

Anzahl Gruppen	Je(2)/Je(1)	<i>pseudo T²</i>
12	0.4868	3483.55
13	0.4544	68.43
14	0.4527	330.01
15	0.7008	641.7

Quelle: Eigene Berechnungen

Schlussfolgerungen 1:

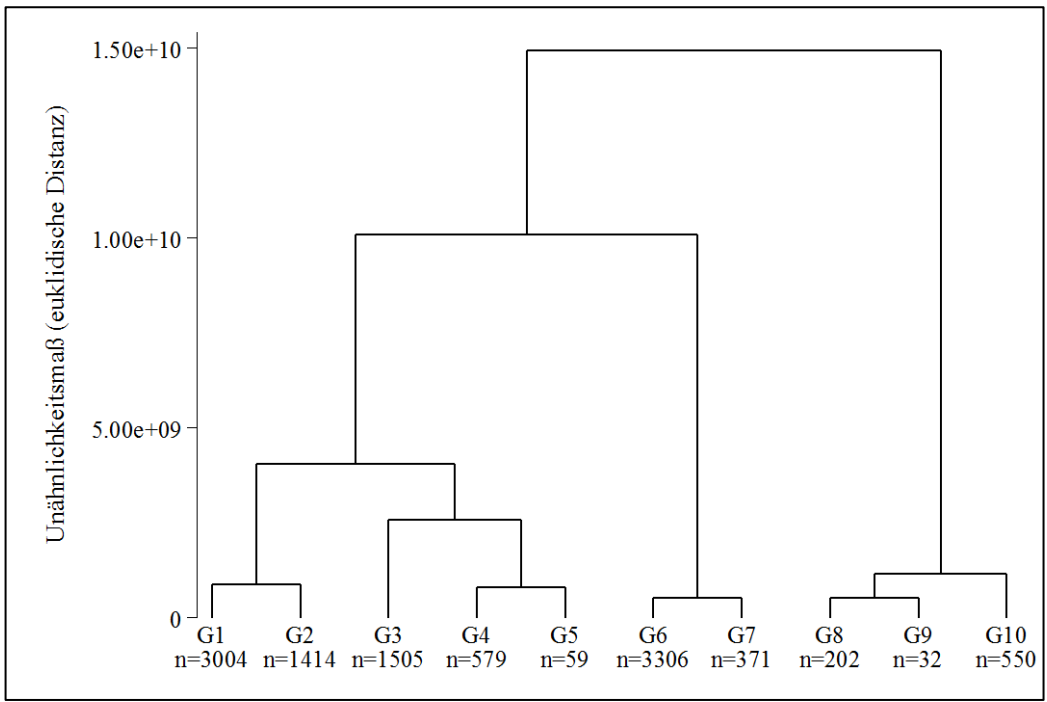
- A. Die Haushaltsgröße erweist sich als ein elementarer, die Ausstattungen wie die Ausgaben beeinflussender Faktor, der nicht durch statistische Verfahren eliminiert werden kann. Es erscheint daher angebracht, bei der Typenbildung die Haushaltsgröße als einen der Typprägenden Faktoren in Kauf zu nehmen. Die Haushaltsgröße wäre dann bei einer Bewertung, ob der jeweilige Typus auf einem global nachhaltigen Niveau bzw. darüber oder darunter liegt, gesondert zu berücksichtigen.
- B. Obwohl Ausstattungs- und Ausgabensmerkmale zwar grundsätzlich nicht unabhängig voneinander sind, verdeutlicht die Einbeziehung beider Merkmalkategorien interessante Unterschiede in der Nutzung der vorhandenen Güter. Daher sollten beide Merkmale (Ausstattungen und Ausgaben) als aktive Variablen in die Typenbildung einbezogen werden.

Dementsprechend ist das Vorgehen nach Ansatz 2 - Clustermodelle von Haushalten auf Basis von Ausstattungs- und Ausgabensmerkmalen - weiterverfolgt worden. Nach diesem Ansatz ergeben sich mit dem agglomerativen Ward-Verfahren folgende mögliche Cluster-Modelle. Nach dem Duda/Hart-Kriterium waren aus statistischer Sicht die 5-, 7-, 9- und 10-Typen-Modelle in die engere Wahl zu ziehen (siehe Tab. 38). Vor allem das 7-Typen-Modell zeigt hier das statistisch optimale Verhältnis von Varianzaufklärung durch Distinktion in Gruppen und Vereinfachung durch Integration von Gruppen.

Dennoch stellen statistische Tests nur ein schwaches Entscheidungskriterium dar. Unerlässlich bleibt die Interpretation und Einordnung der statistischen Ergebnisse. Dabei wurde zunächst das komplexeste 10-Typen-Modell einer eingehenderen Analyse unterzogen. Dessen hierarchischen Zusammenhang (die iterative Ableitung aus den vorhergehenden Modellen) zeigt die in Abb. 29 dargestellte Grafik (Dendrogram).

Dabei ergibt sich, dass die Typen G5 mit n=59 Haushalten (oder 0,5% der Stichprobe) und G9 mit n=32 Haushalten (oder 0,2% der Stichprobe) zu klein sind, um als relevante Gruppen angesehen werden zu können. Diese müssen mit G4 bzw. G8 zusammen betrachtet werden. Auch bei der Gruppe G7 zeigt sich in der detaillierteren Analyse (Ausstattung, Verbrauch, Soziodemografie und Sozioökonomie) kein plausibles, sinnvoll interpretierbares Profil; eine getrennte Betrachtung von der Gruppe G6 (von der sie sich „abgespalten“ hat) erscheint daher nicht zielführend. Durch diesen Ausschluss von drei separaten Typen ergibt sich statt einem 10-Typen Modell das 7-Typen Modell als das Modell der Wahl.

Abb. 29: Dendrogramm von zehn Clustern von Haushalten auf Basis von Ausstattungs- und Ausgabenmerkmalen

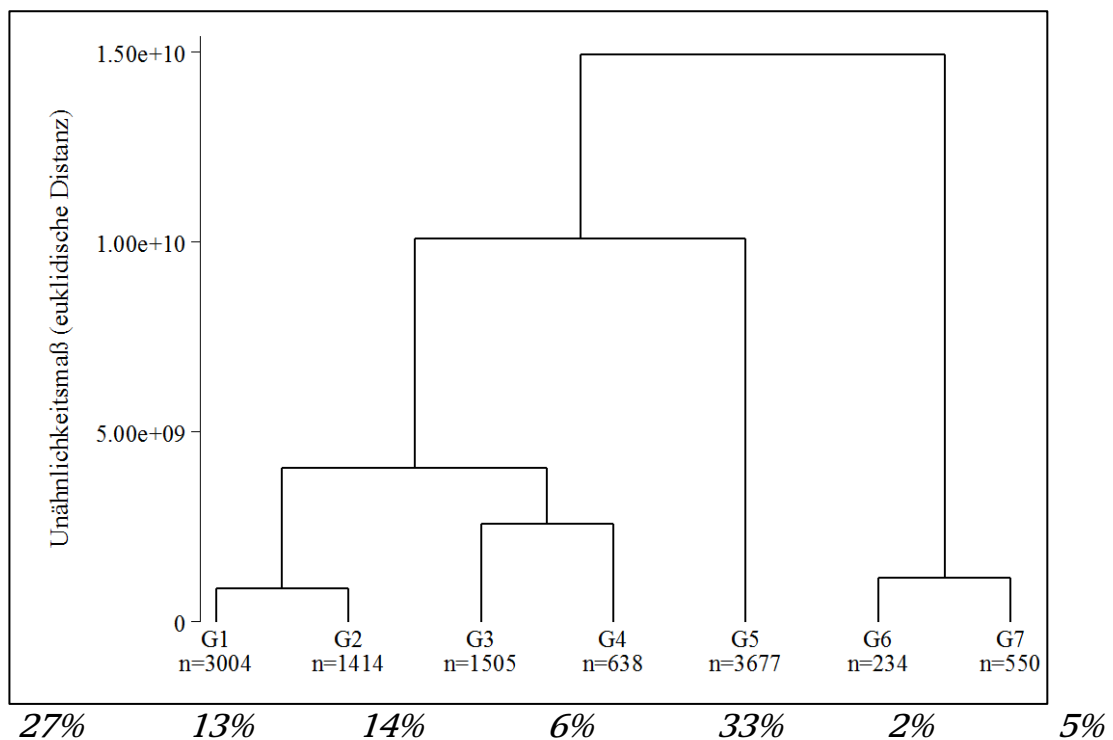


Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe für das Jahr 2008

Schlussfolgerungen 2: Ein 7-Typen-Modell auf Basis von Ausstattungen und Verbrauch ist das Modell der Wahl.

Dieses Modell ist gleichzeitig nach dem Duda/Hart-Kriterium dasjenige mit (nach der 13er-Lösung) zweitbesten Wert für die Homogenität der einzelnen Cluster und dem (nach der 15er-Lösung) zweitbestem Optimierungsverhältnis zwischen Varianzaufklärung und Vereinfachung. Die resultierenden Gruppen und ihre Anteile an der Gesamtstichprobe (n= 11.022 Haushalte) sind dementsprechend. Abb. 30 zeigt das Dendrogramm des 7-Typen Modells.

Abb. 30: Dendrogramm von sieben Clustern von Haushalten auf Basis von Ausstattungs- und Ausgabenmerkmalen



Quelle: Eigene Berechnungen

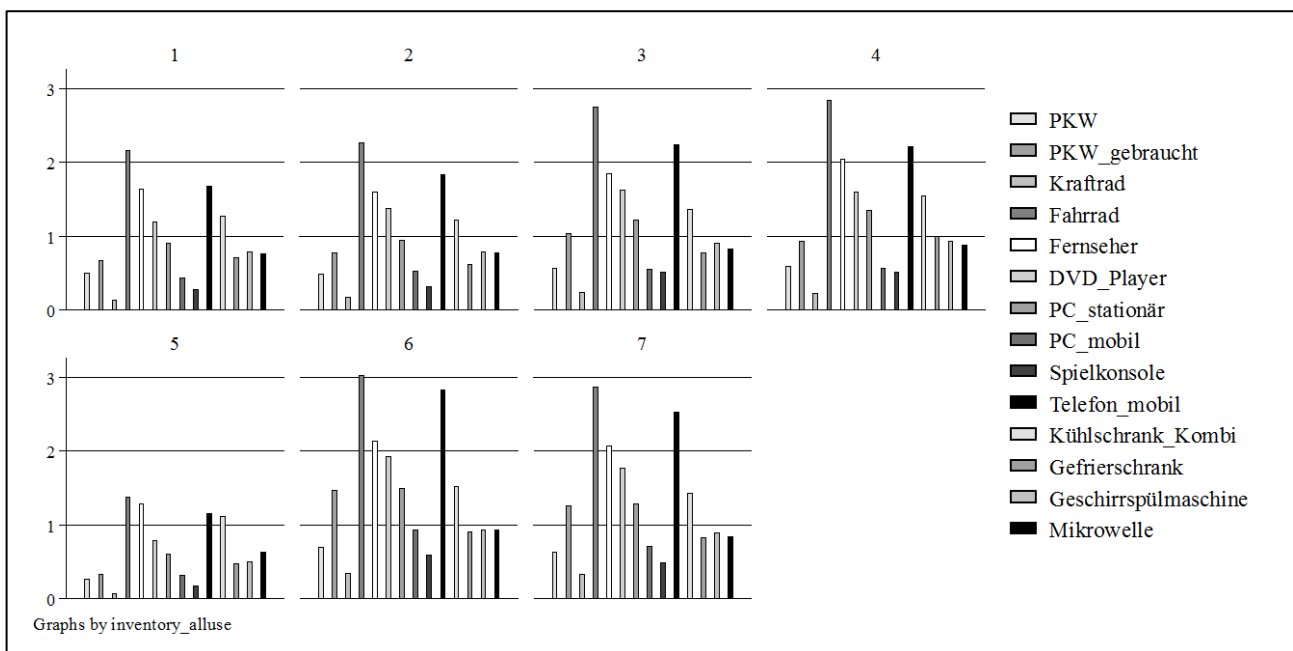
Im Folgenden werden diese Gruppen zunächst anhand grafischer Darstellungen im Überblick und anschließend mit detaillierten Profilen für jede einzelne Gruppe dargestellt.

5.3.5 Auswertung in der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe

Beim Vergleich der Gruppen lassen sich zunächst Unterschiede in der Ausstattungshöhe mit einzelnen Gütern erkennen. Abb. 31 zeigt die 7 unterschiedenen Gruppen und das dazugehörige Ausstattungsniveau bezogen auf die definierten Haushaltsgüter.

Die Gruppen 1 und 2 als nominal größte Gruppen sind Referenzgruppen zu interpretieren, hinsichtlich Haushaltsausstattung an Gebrauchsgütern befinden sich diese im Mittel und unterscheiden sich nur sichtbar im Bestandsniveau und marginal in der Bestandsverteilung. Die Gruppen 3 und 4 zeigen gegenüber den ersten beiden Gruppen ein höheres Bestandsniveau, wobei sich die Bestandsverteilung ebenso wenig unterscheidet. Dagegen finden sich in Gruppe 5 über alle Güter ein durchschnittlich niedrigerer Bestand an Gütern und auch eine abweichende Bestandsverteilung. So finden sich in Gruppe 5 relativ viele Mikrowellen oder Fernseher. In Haushalten in dieser Gruppe finden sich sowohl relativ weniger PKW als auch Mikrowellen, aber bspw. relativ wenige Fahrräder. In Gruppe 6 und 7 hingegen zeigt sich ein durchschnittlich höheres Ausstattungsniveau über alle Güter, wobei sich die Bestandsverteilung wiederum nur marginal unterscheidet. Insgesamt zeigen sich zwischen den Gruppen hinsichtlich Ausstattungsniveau als auch Ausstattungsverteilung keine deutlichen, aber statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen.

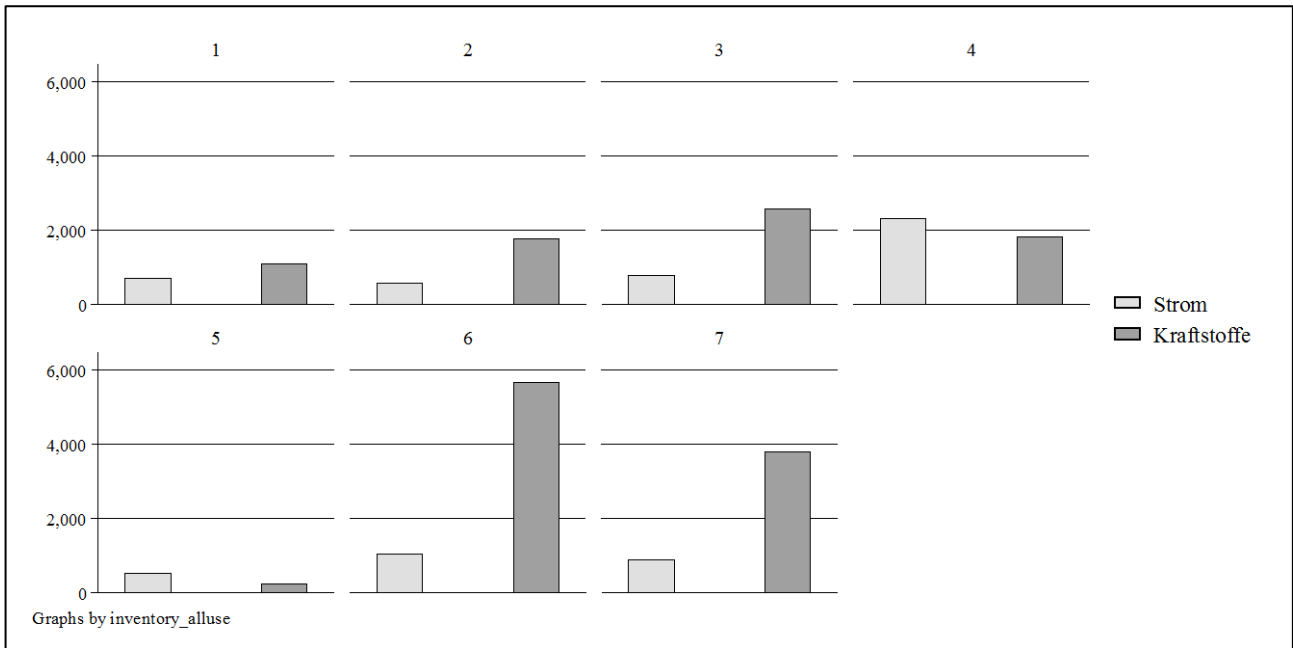
Abb. 31: Beschreibung der Ausstattungsmerkmale nach sieben Clustern



Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe für das Jahr 2008

Das liegt daran, dass vor allem die Verbrauchsmerkmale ‚Strom‘ und ‚Kraftstoffe‘ die Clusterung bestimmen. Hinsichtlich der Ausgaben für Strom und Kraftstoffe zeigen sich zwischen den Haushalten signifikantere Unterschiede als hinsichtlich des Ausstattungsbestandes (vgl. Abb. 32). An dieser Stelle ist festzuhalten, dass monetäre Ausgaben für Strom und Kraftstoffe als Proxys zur Beschreibung des Verbrauchsunterschiedes der Kommoditäten gilt. Dies ist zulässig, da Kraftstoff und Strom relativ homogene und normale Güter sind. Das heißt, es ergeben sich für die Betrachtung keine relevanten Unterschiede im Preis für das Gut, sodass im Gegensatz etwa zu Luxusgütern oder sogenannten inferioren Gütern ein Rückschluss von Ausgaben auf den Verbrauch zulässig ist. Im Ergebnis spiegeln sich einerseits die Ausstattungsniveaus in den Verbrauchsniveaus. So zeigt sich Gruppe 5 als relativ verbrauchsarm, während Gruppe 6 und 7 die verbrauchsstärksten Gruppen sind. Die Gruppen 1 und 2 stehen als relativ große Referenzgruppen im Mittel. Andererseits löst sich vermeintliche Homogenität zwischen Gruppe 3 und 4 auf, wenn die relativ höheren Ausgaben für Strom gegenüber Kraftstoffen in Betracht gezogen werden. Dies ist insofern von Bedeutung, als dass Strom relativ preisgünstiger gegenüber Kraftstoffen ist, sodass hier von einem hohem Stromverbrauch auszugehen ist, der sich in Gruppe 3 nicht zeigt. Hier sind relativ hohe Kraftstoffverbräuche zu erkennen. Die Clusterung nach Gebrauchs- und Verbrauchsgütern gibt zu erkennen, dass Unterschiede weniger im Bestand an Gebrauchsgütern als viel mehr in der Nutzung von Verbrauchsgütern zu finden sind.

Abb. 32: Deskription der Verbrauchsmerkmale nach Ausgaben in sieben Clustern

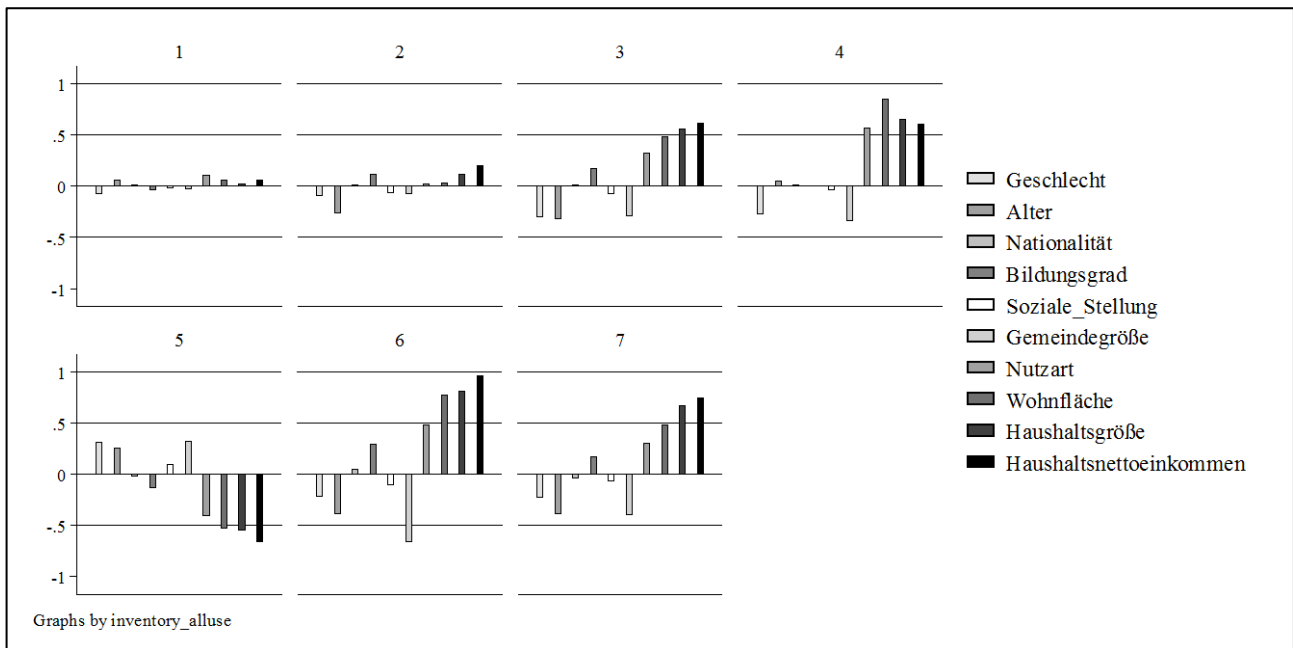


Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe für das Jahr 2008

5.3.6 Rekonstruktion von Clustern nach Milieus

In diesem Schritt ging es darum, die konstruierte Typologie nach weiteren Merkmalen, insbesondere soziokulturellen, lebensstilistischen und milieubezogenen Charakteristika zu beschreiben. Abb. 33 stellt die Unterschiede in den sozio-ökonomischen Merkmalen anhand einer Grafik dar. Dabei zeigt sich, dass Cluster 1 dem Durchschnitt in allen Merkmalen folgt, ähnlich in Cluster 2, wobei der HEB durchschnittlich jünger erscheint. Auffälligkeiten ergeben sich vor allem in Cluster 5, dessen HEB weiblich ist, in urbanen Räumen auftritt und von einem niedrigem sozio-ökonomischen Status auszeichnet wird Cluster 6 zeigt wiederum einen relativen hohen sozio-ökonomischen Status, wobei der HEB wie in allen anderen Clustern (ausgenommen Cluster 5) männlich ist. Cluster 3, 4 und 7 bewegen sich in allen Merkmalen zwischen den extremen Gruppen 5 und 6.

Abb. 33: Deskription der Sozio-Ökonomie nach sieben Clustern (Darstellung nach z-Transformation)



Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe für das Jahr 2008

In einem weiteren Schritt, wurde ein weiterer repräsentativer Datensatz als Referenzstichprobe herangezogen⁵¹. Da in der EVS einerseits keine lebensstil- und milieuspezifischen Merkmale enthalten und im Referenzdatensatz andererseits keine Informationen zur Ausstattung mit Haushaltsgütern und zum energetischen Verbrauch vorhanden sind, mussten geeignete Variablen zum „Matchen“ gefunden werden. Hierzu konnten eine Reihe von soziodemografischen und sozio-ökonomischen Variablen genutzt werden, die in beiden Datensätzen gleichermaßen verfügbar waren⁵². Für diese Variablen wurden in der EVS-Stichprobe nach einer Z-Transformation die Mittelwerte für die einzelnen Ausstattungs- und Verbrauchscluster berechnet. Diese Mittelwerte wurden in der Referenzstichprobe als Zentroide für eine konfirmatorische Clusterbildung eingesetzt. Basis dafür waren alle (d.h. n= 1.186) Befragte der Referenzstichprobe die Haupteinkommensbezieher in ihrem Haushalt waren. Die derart rekonstruierten Cluster (–die also in Bezug auf die relevanten soziodemografischen und sozioökonomischen Merkmale mit den ursprünglichen in der EVS gebildeten Clustern vollkommen identisch waren–) wurden nach dem in der Referenzstichprobe vorhandenen Merkmal „Soziales Milieu“ ausgewertet. Die resultierenden Zusammenhänge sind in Tab. 39 dargestellt.

⁵¹ Es handelt sich dabei um eine Repräsentativbefragung von n=2.000 Personen, die im Juli-August für sociodimensions, Institute for Socio-cultural Research, Heidelberg durchgeführt wurde.

⁵² Diese Variablen waren (jeweils bezogen auf den Haupteinkommensbezieher): Geschlecht, Alter, Staatsangehörigkeit, höchster allgemeinbildender Schulabschluss, höchster Ausbildungsabschluss, soziale Stellung (Berufstätigkeit), Gemeindegrößenklasse des Wohnorts, Wohnform (Eigentum oder Miete), Wohnfläche, Haushaltsgröße (Anzahl der Personen im Haushalt), monatliches Haushaltsnettoeinkommen.

Tab. 39: Rekonstruktion der Ausstattungs- und Verbrauchstypen in einer Referenzstichprobe

<i>Indices</i>	EBU	KOS	PER	KON	TRA	MBL	PRE	HEM	NAV	KRE	Gesamt	
Modell 1: n=1 186 HEB, Cluster-Nr. des Falls	1	<i>170</i>			<i>191</i>	<i>227</i>	<i>131</i>	<i>92</i>			<i>100</i>	
	2	<i>68</i>	<i>134</i>	<i>196</i>			<i>128</i>	<i>51</i>	<i>134</i>	<i>157</i>	<i>195</i>	<i>100</i>
	3	<i>240</i>	<i>206</i>	<i>187</i>			<i>123</i>		<i>85</i>		<i>52</i>	<i>100</i>
	4	<i>158</i>	<i>95</i>		<i>262</i>	<i>54</i>	<i>138</i>	<i>67</i>	<i>136</i>			<i>100</i>
	5	<i>53</i>			<i>164</i>	<i>199</i>	<i>64</i>	<i>176</i>	<i>105</i>	<i>137</i>	<i>73</i>	<i>100</i>
	6	<i>182</i>	<i>345</i>	<i>142</i>			<i>71</i>	<i>50</i>	<i>60</i>		<i>107</i>	<i>100</i>
	7	<i>76</i>	<i>102</i>	<i>302</i>			<i>166</i>		<i>62</i>	<i>167</i>	<i>134</i>	<i>100</i>

Die Abkürzungen bedeuten: EBU = Etabliert-bürgerliches Milieu, KOS = Kosmopolitisches Milieu, PER = Milieu der Modernen Performer, KON = Konservativ-gehobenes Milieu, TRA = Traditionsverwurzeltes Milieu, MBL = Modern bürgerliches Milieu, PRE = Prekäres Milieu, HEM = Hedo-Materialistisches Milieu, NAV = Milieu der Jungen Navigatoren, KRE = Kritisch-kreatives Milieu.

Ausgewiesen werden Indices, wobei ein Wert von 100 bedeutet, dass das jeweilige Milieu im Ausstattungs- und Verbrauchscluster denselben Anteil wie im Durchschnitt der gesamten Referenzstichprobe hat, ein Wert von (z.B.) 200 bedeutet, dass der Anteil des Milieus im Cluster doppelt so groß ist, wie im Durchschnitt, etc. Indices kleiner als 50 (d.h. weniger als die 50% des durchschnittlichen Anteils) werden nicht ausgewiesen, da die dahinter stehenden Fallzahlen zu klein sind und daher nicht sinnvoll interpretiert werden können (leere Zellen).

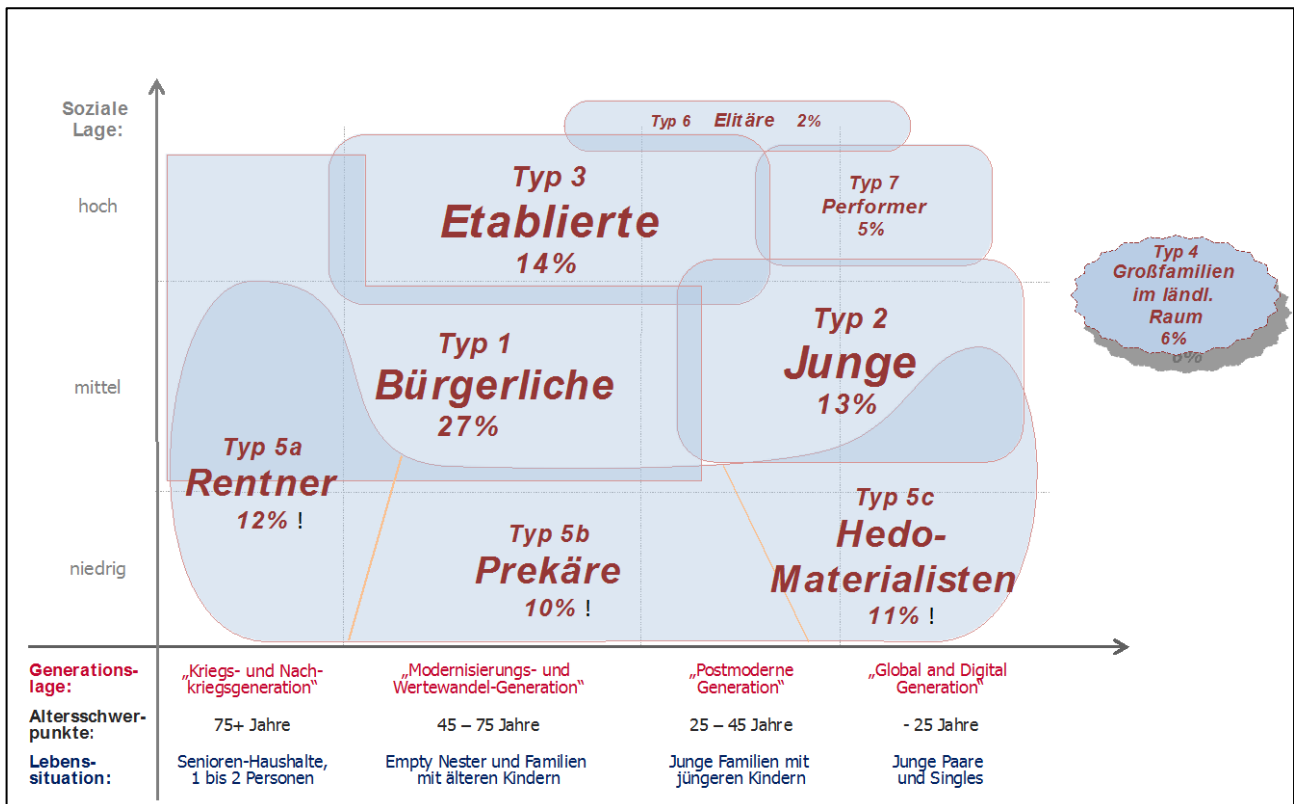
Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe für das Jahr 2008 und *sociodimensions*

Es ergeben sich klare, gut interpretierbare Zusammenhänge, die es erlauben, für jeden der konstruierten Ausstattungs- und Verbrauchstypen ein spezifisches lebensstilistisches und soziokulturelles Profil zu erkennen.

Lediglich beim Cluster 4, dessen Ausstattung und Verbrauch vom Zusammenleben vieler Personen in Haushalten im ländlichen Raum geprägt ist, ist die Milieu-Verortung weniger eindeutig (sowohl gehoben-traditionelle als auch unterschichtig-moderne Lebenswelten). Außerdem zeigt sich beim Cluster 3, der von allen Typen den geringsten Ausstattungsgrad und die niedrigsten Verbräuche aufweist, dass ein derartiges „benachteiligtes“ Profil bei Personen ohne Erwerbseinkommen in ganz unterschiedlichen Lebenswelten anzutreffen ist: sowohl Senioren (mit geringer Rente) als auch Arbeitslose und Alleinerziehende (die von Transferleistungen leben) wie auch junge Menschen (noch in Berufsausbildung) weisen ein ähnliches Ausstattungs- und Verbrauchsprofil auf.

Unter Hinzuziehung weiterer Merkmale, die sich auf die Lebenssituation der Haushalte beziehen, ist es möglich, die konstruierten Ausstattungs- und Verbrauchstypen in den Haushaltslebenswelten zu verorten. Dies ist in Abb. 34 dargestellt; dabei wurden die Cluster zusätzlich mit Labels versehen, die ihre wesentliche Charakteristik zum Ausdruck bringen sollen.

Abb. 34: Benennung und Verortung von sieben Clustern nach sozialer Lage Lebenssituation



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe für das Jahr 2008 und *sociodimensions*

5.3.7 Beschreibung der Haushaltstypen und Lebensstilen

Die identifizierten Typen werden im Folgenden unter Einbeziehung aller sie charakterisierenden Informationen eingehender beschrieben

Typ 1: „Bürgerliche“ (27%)

Merkmale des Haupteinkommensbeziehers:

- Mittlere bis höhere Altersgruppen, zwei Drittel sind zwischen 45 und 75 Jahre alt, über 60-Jährige sind leicht überrepräsentiert
- Mittlere Bildungsabschlüsse: von abgeschlossener Haupt- und Realschule bis Fachhochschulreife und Abitur
- Etwa zwei Drittel verfügen über eine abgeschlossene Berufsausbildung, etwa ein Drittel haben einen akademischen Abschluss
- Meist Angestellte oder (Fach-) Arbeiter (in Vollzeit), ca. ein Drittel sind Rentner

Merkmale des Haushalts:

- Leicht überrepräsentiert in Gemeinden zwischen 5.000 und 100.000 Einwohnern
- Haus- und Wohnungseigentümer sind etwas überrepräsentiert (60%)
- Wohnflächen typischerweise von 80 bis 140 qm
- Meist 2-Personen-Haushalte (Empty Nesters)

- Haushaltsnettoeinkommen zwischen 1.300 und 3.200 Euro pro Monat (Schwerpunkt: 1.700-2.000)

Typische Haushaltsausstattung:

- 1 (gebrauchter) PKW
- 2 bis 3 Fahrräder
- 2 Fernseher
- 1 DVD-Player
- 1 stationärer PC
- 1 bis 2 Mobiltelefone
- 1 bis 2 Kühlschränke und 1 Gefriertruhe
- 1 Geschirrspülmaschine
- 1 Mikrowelle

Energie-Verbrauch:

- Durchschnittlicher Stromverbrauch (ca. 700 Euro/Jahr)
- Etwas unterdurchschnittlicher Kraftstoffverbrauch (ca. 1.100 Euro/Jahr)

Soziokulturelles Profil:

Meist Paare aus der Nachkriegs- oder Modernisierungs- und Wertewandel-Generation, deren Kinder nicht mehr im Haushalt leben; mit allen wesentlichen Haushaltsgütern ausgestattet, Neuanschaffungen sind eher selten.

Stolz auf das Erreichte; materieller Besitz und finanzielle Absicherung sind wichtig; Zufriedenheit mit einem Lebensstandard, bei dem man auf Annehmlichkeiten nicht verzichten und „keine Abstriche“ machen muss; gemäßigt statusorientiert.

Typ 2: „Junge“ (13%)

Merkmale des Haupteinkommensbeziehers:

- Jüngere bis mittlere Altersgruppen, zwei Drittel sind zwischen 30 und 60 Jahre alt, deutlicher Schwerpunkt bei den 30- bis 45-Jährigen
- Mittlere bis gehobene Bildungsabschlüsse: Realschule bis Abitur
- Etwa zwei Drittel verfügen über eine abgeschlossene Berufsausbildung, etwa ein Drittel haben einen akademischen Abschluss
- Meist Beamte, Angestellte oder (Fach-) Arbeiter (in Vollzeit)

Merkmale des Haushalts:

- Überrepräsentiert in allen Gemeindegrößenklassen bis 500.000 Einwohnern
- Typische Wohnfläche von 60 bis 140 qm
- 2- bis 4-Personen-Haushalte; typisch: Paar mit ein bis zwei Kindern

- Haushaltsnettoeinkommen zwischen 1.700 und 4.000 Euro pro Monat (Schwerpunkt: 2.000-2.600)

Typische Haushaltsausstattung:

- 1 (meist gebrauchter, bei ca. 10% auch neuer) PKW, bei 15% ist ein Zweitwagen vorhanden (leicht überdurchschnittlich)
- Leicht überdurchschnittlicher Besitz von Krafträdern (14%)
- 2 bis 4 Fahrräder
- 2 bis 3 Fernseher
- 1 bis 3 DVD-Player
- 1 bis 2 stationäre und 1 bis 2 mobile PCs
- 1 Spielkonsole
- 2 bis 3 Mobiltelefone
- 1 Kühlschrank und 1 Gefriertruhe
- 1 Geschirrspülmaschine
- 1 Mikrowelle

Energie-Verbrauch:

- Leicht unterdurchschnittlicher Stromverbrauch (ca. 600 Euro/Jahr)
- Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch (ca. 1.800 Euro/Jahr)

Soziokulturelles Profil:

Meist jüngere Paare und Familien mit kleineren Kindern; durchschnittliches Ausstattungsniveau, bei IT-Geräten leicht überdurchschnittlich. Es sind jedoch noch zahlreiche Neuanschaffungen geplant.

Man strebt nach beruflicher Etablierung; gleichzeitig Wunsch nach ausreichend Zeit für Familie, Kinder, Freundeskreis und individuelle Hobbies; Sehnsucht nach Geborgenheit im Privaten; zunehmend Ängste vor sozialem Abstieg.

Typ 3: „Etablierte“ (14%)

Merkmale des Haupteinkommensbeziehers:

- Jüngere bis mittlere Altersgruppen, vier Fünftel sind zwischen 30 und 60 Jahre alt
- In der Regel Abitur oder Fachabitur
- Gehobene berufliche Qualifikationen: vom Meisterbrief bis Hochschulabschluss
- Viele Beamte, Angestellte oder (Fach-) Arbeiter (in Vollzeit), einige Selbständige

Merkmale des Haushalts:

- In kleinen Gemeinden (bis 20.000 Einwohner) überrepräsentiert
- Meist Hauseigentümer
- Relativ viel Wohnraum: Flächen von 100 bis 160 qm

- 2 bis 5 und mehr Personen / Haushalt; überdurchschnittlich viele Kinder im Haushalt
- Haushaltsnettoeinkommen zwischen 2.000 und 6.000 Euro pro Monat (Schwerpunkt: 2.600-3.200)

Typische Haushaltsausstattung:

- Meist 1 bis 2 gebrauchte PKW, bei ca. einem Fünftel auch Neuwagen
- Überdurchschnittlicher Besitz von Krafträdern (20%)
- Zwischen 2 und 7 Fahrrädern
- 2 bis 4 Fernseher
- 2 bis 4 DVD-Player
- 1 oder 2 stationäre und 1 mobiler PC
- 1 bis 3 Spielkonsolen
- 2 bis 4 Mobiltelefone
- 1 bis 2 Kühlschränke und 1 Gefriertruhe
- 1 Geschirrspülmaschine
- 1 Mikrowelle

Energie-Verbrauch:

- Durchschnittlicher Stromverbrauch (ca. 800 Euro/Jahr)
- Überdurchschnittlicher Kraftstoffverbrauch (ca. 2.500 Euro/Jahr)

Soziokulturelles Profil:

Gut-situierte, etablierte Paare und Familien mit einem hohen Lebensstandard und ausgeprägter Mobilität (beruflich, in der Freizeit, für Aktivitäten der Kinder); leben typischerweise im eigenen Haus „im Grünen“ (kleinere Ortschaften im Umland größerer Städte). Erwachsene und Kinder sind mit IT-Geräten und Unterhaltungselektronik überdurchschnittlich gut ausgestattet.

Freude daran, sich leisten zu können, was einem gefällt; Wunsch der HEB, auch der Familie „etwas bieten“ zu können. Leistungs- und prestigeorientiert. Hoher Lebensstandard als Ausweis des individuellen Erfolgs.

Typ 4: „Großfamilien im ländlichen Raum“ (6%)

Merkmale des Haupteinkommensbeziehers:

- Mittlere bis höhere Altersgruppen: zwischen 45 und 75 Jahren
- Mittleres Formalbildungsniveau: Haupt- oder Realschulabschluss
- Etwa zwei Drittel verfügen über eine abgeschlossene Berufsausbildung, etwa ein Drittel haben einen akademischen Abschluss
- Meist Beamte, Angestellte oder (Fach-) Arbeiter (in Vollzeit); auch Landwirte und (kleinere ?) Selbständige

Merkmale des Haushalts:

- In Gemeinden unter 20.000 Einwohnern klar überrepräsentiert

- In der Regel Hauseigentümer (höchster Anteil im Typenvergleich)
- Große bis sehr Wohnflächen: höchster Anteil von Wohnungen über 160 qm im Typenvergleich
- 3- und Mehr-Personen-Haushalte mit Kindern unterschiedlichen Alters (auch über 18 Jahre)
- Haushaltsnettoeinkommen zwischen 2.000 und 6.000 Euro pro Monat (Schwerpunkt: 2.600-3.200)

Typische Haushaltsausstattung:

- 1 bis 2 (meist gebrauchte, bei ca. 15% auch neue) PKW
- Leicht überdurchschnittlicher Besitz von Krafträdern (18%)
- 3 bis 6 Fahrräder
- 2 bis 4 Fernseher
- 2 bis 4 DVD-Player
- 2 bis 3 stationäre und 1 bis 2 mobile PCs
- 1 bis 2 Spielkonsolen
- 2 bis 4 Mobiltelefone
- 2 bis 3 Kühlschränke und 1 bis 2 Gefriertruhen (höchste Ausstattung mit Kühlgeräten im Typenvergleich)
- 1 bis 2 Geschirrspülmaschinen
- 1 bis 2 Mikrowellen

Energie-Verbrauch:

- Sehr hoher Stromverbrauch (über 2.000 Euro/Jahr)
- Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch (ca. 1.800 Euro/Jahr)

Soziokulturelles Profil:

Groß- und Mehr-Generationen-Familien im ländlichen Raum mit viel Wohnraum und eher geringer Mobilität; gehobenes Lebensniveau und sehr hohe Ausstattung mit (evtl. älteren) Elektro-, insbesondere Kühl- (evtl. anderen Küchen-) Geräten.

Sowohl traditionell-gehobene als auch unterschichtig-moderne Lebenswelten (evtl. mit Migrationshintergrund).

Typ 5: „Benachteiligte“ (33%)

Merkmale des Haupteinkommensbeziehers:

- Zu 51% weiblich (einziger Typus mit weiblicher HEB-Mehrheit)
- Höhere Altersgruppen: ab 60 Jahren – aber auch unter 30-Jährige sind (mit 10%) etwas überrepräsentiert
- Alle Bildungs- und Ausbildungsniveaus sind vertreten (unterrepräsentiert sind lediglich Meister und Fachhochschulabsolventen)

- Ganz überwiegend Nicht-Berufstätige: Rentner (jedoch keine Pensionäre), sehr hoher Anteil Arbeitsloser, Hausfrauen und einige Studenten

Merkmale des Haushalts:

- In Großstädten (mit über 100.000 Einwohnern) deutlich überrepräsentiert
- In der Regel Mieter (höchster Anteil im Typenvergleich)
- Kleine bis sehr kleine Wohnflächen: zwei Drittel leben in Wohnungen unter 80 qm (ein Drittel unter 60 qm)
- Meist 1- oder 2- Personen-Haushalte (55% resp. 35%)
- Niedrige Haushaltsnettoeinkommen: bis 1.700 Euro pro Monat (Schwerpunkt: 900-1.300)

Typische Haushaltsausstattung:

- Meist kein PKW und kein Kraftrad im Haushalt
- Kein oder 1 Fahrrad
- 1 Fernseher
- Kein oder 1 DVD-Player
- Kein oder 1 PC
- 1 Mobiltelefon
- 1 Kühlschrank, keine Gefriertruhe
- Keine oder eine Geschirrspülmaschine
- Keine oder eine Mikrowelle

Energie-Verbrauch:

- Geringer Stromverbrauch (unter 500 Euro/Jahr)
- Sehr geringer Kraftstoffverbrauch (ca. 200 Euro/Jahr)

Soziokulturelles Profil:

Ärmere Haushalte ohne Berufseinkommen, meist in Großstädten; niedriges Ausstattungsniveau, geringe (Auto-) Mobilität.

Heterogenes soziokulturelles Profil – insofern unterschiedliche Werte und Lebensperspektiven:

- a) Traditionelle (Rentner): Sparsamkeit, Bescheidenheit, Verzicht, Rückzug
- b) Prekäre (Arbeitslose, Alleinerziehende): Resignation, Frustration, erzwungener Verzicht auf Teilhabe
- c) Studenten- und Auszubildende: Flexibilität, Resilienz, Offenheit für neue Formen des Konsums und der Teilhabe (z.B. Sharing Economy); IT ist enorm wichtig, Automobilität verliert an Bedeutung.

Typ 6: „Elitäre“ (2%)

Merkmale des Haupteinkommensbeziehers:

- Ganz überwiegend männlich
- Mittel-hohe Altersgruppen: 45 bis 60 Jahre
- In der Regel (Fach-) Abitur oder Abschluss der Polytechnischen Oberschule der DDR

- Höchster Akademikeranteil im Typenvergleich (40%)
- Selbständige, Beamte, Angestellte (in Vollzeitbeschäftigung)

Merkmale des Haushalts:

- Zwei Drittel leben in kleineren Gemeinden (unter 20.000 Einwohnern, höchster Anteil im Typenvergleich)
- Überwiegend Hauseigentümer
- Große Wohnungen ab 100 qm (Schwerpunkt. 140 bis 160 qm)
- Meist 3- und Mehr-Personen-Haushalte
- Im Vergleich der Typen höchstes Einkommensniveau: ab 3.200 Euro netto pro Monat (Schwerpunkt: 4.000-5.000)

Typische Haushaltsausstattung:

- Zwei bis fünf, teils neue, teils gebrauchte PKW
- Ca. ein Viertel verfügt über ein oder mehrere Krafträder (höchster Anteil im Vergleich)
- Viele Fahrräder
- 2 bis 4 Fernseher
- 2 bis 4 DVD-Player
- 2 bis 4 stationäre und 1 bis 3 mobile PCs
- 1 bis 3 Spielkonsolen
- 3 bis 5 Mobiltelefone
- 2 bis 3 Kühlschränke, 1 bis 2 Gefriertruhen
- 1 Geschirrspülmaschine
- 1 bis 2 Mikrowellen

Energie-Verbrauch:

- Hoher Stromverbrauch (ca. 1.000 Euro/Jahr)
- Extrem hoher Kraftstoffverbrauch (ca. 6.000 Euro/Jahr)

Soziokulturelles Profil:

Wohlhabende, gut-situierte Familien; sehr hohes Ausstattungs- und Lebensniveau; sehr hohe Mobilität.

Aufgeklärt, weltoffen und tolerant; vielseitig interessiert und engagiert; Wertschätzung des Besonderen und Exklusiven: große, gut-ausgestattete (luxuriöse) Wohnungen in angenehmer Lage, mehrere Autos, hochwertige Haushaltsgüter, Kleidung, Lebensmittel; Kunstgegenstände, Antiquitäten, Reisen.

Typ 7: „Performer“ (5%)

Merkmale des Haupteinkommensbeziehers:

- Mittlere Altersgruppen: 30 bis 60 Jahre
- In der Regel (Fach-) Abitur oder Abschluss der Polytechnischen Oberschule der DDR

- Hoher Akademikeranteil (36%)
- Selbständige, Beamte, Angestellte, Arbeiter (in Vollzeitbeschäftigung)

Merkmale des Haushalts:

- Deutlich überrepräsentiert in Gemeinden unter 20.000 Einwohnern
- Überwiegend Hauseigentümer
- Große Wohnungen ab 100 qm (Schwerpunkt. 120 bis 140 qm)
- Meist 3- und Mehr-Personen-Haushalte
- Gehobenes oder hohes Einkommensniveau: ab 2.600 Euro netto pro Monat

Typische Haushaltsausstattung:

- Zwei bis drei, teils neue, teils gebrauchte PKW
- Ca. ein Viertel verfügt über ein oder mehrere Krafträder (höchster Anteil im Vergleich)
- Viele Fahrräder
- 2 bis 4 Fernseher
- 2 bis 4 DVD-Player
- 2 bis 3 stationäre und 1 bis 3 mobile PCs
- 1 bis 2 Spielkonsolen
- 3 bis 5 Mobiltelefone
- 2 bis 3 Kühlschränke, 1 bis 2 Gefriertruhen
- 1 Geschirrspülmaschine
- 1 bis 2 Mikrowellen

Energie-Verbrauch:

- Durchschnittlicher Stromverbrauch (ca. 800 Euro/Jahr)
- Hoher Kraftstoffverbrauch (ca. 4.000 Euro/Jahr)

Soziokulturelles Profil:

Jüngere Paare und Familien mit (kleineren) Kindern, gehobenes Ausstattungs- und Lebensniveau; deutlich überdurchschnittliche berufliche und private (Auto-) Mobilität; viele (Fern-) Reisen.

Beruflich stark engagiert und ambitioniert; zielstrebig, karriere- und leistungsorientiert; Selbstbild als „Leistungsträger“ der Gesellschaft; Suche nach Gestaltungs- und Einflussmöglichkeiten; Akzeptanz von Globalisierung und wirtschaftlicher Liberalisierung; Streben nach einem hohen Lebensstandard, noch vielfältige Neu-Anschaffungswünsche (Haushaltsgeräte, IT, Unterhaltungselektronik, Auto, Sportgeräte etc.); Wunsch, sich besondere Dinge leisten zu können und damit den persönlichen Erfolg zu dokumentieren; ausgesprochen Technik-affin (High-Tech-Faszination).

5.3.8 Diskussion der gewählten Haushaltstypen

Die Identifizierung und Auswahl der Anzahl der Haushaltstypen erfolgte empirisch über Clusteranalysen nach verfügbaren Ausstattungs- und Verbrauchsmerkmalen in der

Einkommens- und Verbrauchsstichprobe der statistischen Ämter der Länder und des Bundes für das Jahr 2008. Die vorgestellte Haushaltstypologie kann als repräsentative Typologie nach Ausstattungs- und Verbrauchsmerkmalen in deutschen Haushalten gelten. Nach theoretischen Überlegungen erschienen sieben Cluster als beste Grundlage einer weiteren Betrachtung. Es ergaben sich sieben Ausstattungs- und Ausgabentypen, die nach sozialer Lage und Lebenswelt in Milieus bzw. Haushaltslebenswelten zu verorten sind und nach soziokulturellen Profilen beschrieben werden können. Hierfür wurden die Gruppen nach der Clusteranalyse nach sozio-ökonomischen Merkmalen untersucht und deren z-standardisierte Mittelwerte in eine Referenzstichprobe einer Milieuanalyse unterzogen. Die Integration von verschiedenen, aber repräsentativen Datensätzen bzw. die statistische Imputation über repräsentative Datensätze hinweg war nötig, da keine Datengrundlage zur Verfügung stand, die Ausstattungs-, Verbrauchs-, sowie Lebensstilmerkmale integriert. Die beschriebene Konstruktion der Haushaltstypologie kann als methodischer Beitrag für weitere empirische Arbeiten in der sozial-ökologischen Forschung zur sozialen Differenzierung nach Lebensstilen im nachhaltigen Konsum gesehen werden.

In der vorliegenden Untersuchung ergeben sich letztendlich sieben (oder inkl. der lebensweltlichen Subdifferenzierung des Typ 5: neun) Haushaltstypen, die nach sozio-ökonomischen, sozio-demografischen, sozio-kulturellen und Ausstattungs- und Verbrauchsmerkmalen beschrieben werden können. Die soziokulturelle Charakterisierung und ihre Einordnung in Milieus bzw. Haushaltslebenswelten ermöglicht deren zielgruppenspezifische Ansprache. Ansatzpunkte hierfür liefern die sozio-kulturellen Profile und ihre spezifischen sozio-ökonomischen Charakteristika, Ausstattungen und Verbräuche. So können allein aufgrund der Einkommensdifferenzierung Hinweise auf Rückschlüsse auf die Differenzierung nach Ausstattung und Verbrauch getroffen werden. Tendenziell weisen hohe Einkommen auch hohe Ausstattungsniveaus und Verbräuche auf (Elitäre und Performer). Dagegen weisen niedrige Einkommen auch deutlich niedrigere Ausstattungen und Verbräuche auf (Bürgerliche, Junge und vor allem Benachteiligte). Dieser Befund unterstützt verwandte Studien von Lettenmeier et al. (2014) und Buhl (2014). Letzterer zeigt, dass niedrige Einkommen anfälliger gegenüber Rebound-Effekten sind. Die vorliegenden Befunde unterstützen die These, dass dies auf ein geringeres Ausstattungs- und Verbrauchsniveau und damit geringerer Sättigung in jenen Milieus zurückzuführen ist. Allein monetäre Anreize im nachhaltigen Konsum sind aufgrund von induzierten Rebound-Effekten als nicht hinreichend zu bewerten. Genauso zeigen sich relativ hohe Einkommen gegenüber monetären Anreizen immun. Hier spielt Geld eine geringere Rolle hinsichtlich Verhaltensveränderungen zugunsten nachhaltigen Konsums (Liedtke et al. 2014). Die Ergebnisse des vorliegenden Arbeitspakets sind in dieser Hinsicht hilfreich, um über Einstellungen und Wertvorstellungen in den soziokulturellen Profilen weitere Einflussvariablen zu identifizieren. So können bspw. Traditionelle mit relativ geringem Einkommen über Bescheidenheit, Bürgerliche über Sicherheit oder Junge über Zeitwohlstand effektiv adressiert werden. Elitäre und Performer mit hohem Einkommen können dagegen über Engagement, Verantwortung, Gestaltungspotential und letztendlich Selbstwirksamkeit angesprochen werden.

Hinsichtlich eines Internettools als Kommunikationsinstrument besteht die Möglichkeit die Zuordnung des Nutzers zu den identifizierten Nutzungstypen über die Eingabe von Ausstattung, Verbrauch und eventuell soziodemografischer Angaben zu erreichen. Die Produktausstattung und der Verbrauch sollen letztendlich als Benchmark für das Rohstoffprofil

des Nutzers dienen. Somit kann sich der Nutzer nicht nur gegenüber dem Durchschnitt, sondern innerhalb seiner peer-group vergleichen. Eine weitere Verdichtung der Typen kann dabei unter kommunikationstheoretischen und didaktischen Gesichtspunkten hilfreich sein, allerdings erfordert eine valide Einordnung von potentiellen Nutzern einer Internetapplikation deren Angaben von Ausstattung bzw. Verbräuchen oder relevanten sozio-ökonomischen Merkmalen. Ansonsten kann eine sichere Einordnung des Nutzers nicht gewährleistet werden und die soziale Differenzierung und handlungsanleitende Ansprache nach Zielgruppen verliert ihre Wirkung. Etwaige Handlungsanleitungen, die genannte Dimensionen aufgreifen, können zielgruppenspezifisch und lebensweltspezifisch formuliert werden. Am Ende steht die lebensstilspezifische Betrachtung des Nutzers bzw. seines Rohstoffprofils.

5.4 Arbeitspaket 2d: Rohstoffinventare nach Haushaltstypen

In diesem Schritt werden die Güterbestände (EVS Befragung zur Ausstattung und Verbrauch in Haushalten) und Konsumgrößen der identifizierten Haushaltstypen (AP 2c) den Rohstoffinventaren dieser Güter (AP 2b) entlang der in AP 1 identifizierten prioritären Rohstoffe zugeordnet. Es werden 16 Rohstoffe⁵³ in 13 Haushaltsgütern für 7 verschiedene Haushaltstypen in einer n:m-Matrix zugeordnet. Damit gelingt die anvisierte Verknüpfung von sozialen Merkmalen mit physischen Merkmalen. Am Ende steht die umweltrelevante Differenzierung nach prioritären Rohstoffen und Haushaltstypen.

5.4.1 Ausstattung der Haushaltstypen

Die Ausstattung der Haushaltstypen wird in Form der Anzahl jedes Haushaltsgutes im jeweiligen Haushaltstyp erfasst. Die vollständige Liste ist in Tab. 40 aufgeführt. Es wird unterschieden nach Art (Spalte 1) und Menge der Haushaltsgüter (Spalte 2 bis Spalte 8 für 7 Haushaltstypen).

Tab. 40: Anzahl der quantifizierten Haushaltsgüter pro Haushaltstyp

Haushaltstyp/ Anzahl der Haushaltsgüter	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4	Typ 5	Typ 6	Typ 7
DVD Player	1,19	1,38	1,63	1,6	0,79	1,92	1,77
Fernseher	1,63	1,6	1,85	2,04	1,28	2,14	2,07
Fahrrad	2,16	2,27	2,75	2,84	1,38	3,03	2,87
Gefrierschrankskombination	1,27	1,23	1,36	1,55	1,12	1,52	1,43
Kraftrad	0,14	0,17	0,24	0,23	0,06	0,34	0,33
Gefrierschrank	0,71	0,63	0,77	1	0,47	0,9	0,82

⁵³ Es handelt sich um 15 prioritäre Rohstoffe aus AP 1 und Kraftstoff. Messing konnte keinem Gut der Haushaltstypologie zugeordnet werden und wird daher nicht aufgeführt.

Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus

Mikrowelle	0,76	0,77	0,83	0,88	0,63	0,93	0,85
PKW	1,16	1,27	1,61	1,53	0,59	2,15	1,88
PC mobil	0,43	0,53	0,56	0,57	0,32	0,94	0,71
PC stationär	0,91	0,94	1,22	1,35	0,6	1,49	1,29
Spielkonsole	0,27	0,32	0,52	0,52	0,18	0,59	0,49
Spülmaschine	0,79	0,79	0,9	0,93	0,5	0,94	0,9
Telefon mobil	1,68	1,84	2,24	2,21	1,16	2,83	2,53

Quelle: Eigene Berechnung auf Grundlage der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe für das Jahr 2008

Prioritäre Rohstoffe in Haushaltsgütern

Im weiteren Verlauf mussten die ausgewählten Rohstoffe den Haushaltsgütern zugeordnet werden. Dabei waren Aggregationen notwendig, da

- a) die Haushaltsgüter der Rohstoffinventarerhebung nicht vollständig den Haushaltsgutbezeichnung der EVS-Studie entsprechen,
- b) die Rohstoffinventarisierung der Haushaltsgüter auf einer tieferen (diversifizierteren) Rohstoffebene durchgeführt wurde, als die Priorisierung der 15 identifizierten prioritären Rohstoffe
- c) und der Kraftstoffverbrauch anteilig den Gütern Roller und PKW zugeordnet werden muss.

Für a) wurden folgende Anpassungen vorgenommen (siehe Tab. 41):

Tab. 41: Notwendige Anpassungen durch unterschiedliche Haushaltsgutbezeichnung

Haushaltsgut der Verbraucherumfrage	Haushaltsgüter der Inventarisierung	Anpassung
Fernseher	CRT-Fernseher LCD-Fernseher	Mittelwert der inventarisierten Rohstoffe
Telefon mobil	Mobiltelefon Smartphone	Mittelwert der inventarisierten Rohstoffe

Quelle: Eigene Darstellung

In Bezug auf b) wurden folgende Aggregationen und Anpassungen vorgenommen (siehe Tab. 36). Für die Zuordnung der Kraftstoffe nach c) zu den Gütern Roller und PKW (siehe Tab. 37) wurden die Angaben in den Haushaltstypen anteilig auf den Kraftstoffverbrauch nach den Angaben in Kap. 3.2.3 zur durchschnittlichen Fahrleistung, Benzin- und Dieserverbrauch der Fahrzeuge und der Dichte der Kraftstoffe umgerechnet. So entfallen 1,6 % des Kraftstoffverbrauchs eines Haushaltstyps auf den Roller und 98,4 % auf den PKW.

Tab. 42: Notwendige Anpassungen/Aggregationen durch differenzierte Rohstoffebene

TOP 15 Rohstoff	Anpassung / Aggregation
Edelstahl (in PKW)	Materialinventar des PKWs unterscheidet keine Stahlsorten. Daher Annahme von 21,9 % hochlegierter Stahl (bzw. Edelstahl) im PKW nach Chea (2010) ⁵⁴ und 78,1 % niedrig und unlegierte Stähle
Niedrig- und unlegierter Stahl	Hierzu wird auch der galvanisierte Stahl gezählt
Kunststoff	Addition aller Kunststoffe inklusive sonstiger und nicht zuzuordnender Kunststoffe
Glas	Entspricht den Glasmengen sowie 100 % der Menge an LCD-Displays
Kautschuk	Entspricht den anderen und sonstigen Gummistoffen
Zinn	Entspricht Zinn sowie 50 % der Menge aller quantifizierten Löte
Baumwolle	Wird zunächst nicht innerhalb der Güter zugeordnet

Quelle: Eigene Darstellung

Tab. 43: Kraftstoffverbrauch der Haushaltstypen für PKW und Roller

Haushaltstyp	Kraftstoff in l	Kraftstoff PKW in kg	Kraftstoff Roller in kg
Alle (Durchschnitt)	1.009 l	771 kg	12 kg
Typ 1	814 l	621 kg	10 kg
Typ 2	1.301 l	994 kg	15 kg
Typ 3	1.894 l	1.446 kg	22 kg
Typ 4	1.335 l	1.019 kg	16 kg
Typ 5	175 l	133 kg	2 kg
Typ 6	4.144 l	3.164 kg	49 kg
Typ 7	2.775 l	2.119 kg	33 kg

Quelle: Eigene Darstellung

⁵⁴ Chea (2010): Cars on a Diet: The Material and Energy Impacts of Passenger Vehicle Weight Reduction in the U.S. Ph.D. Thesis

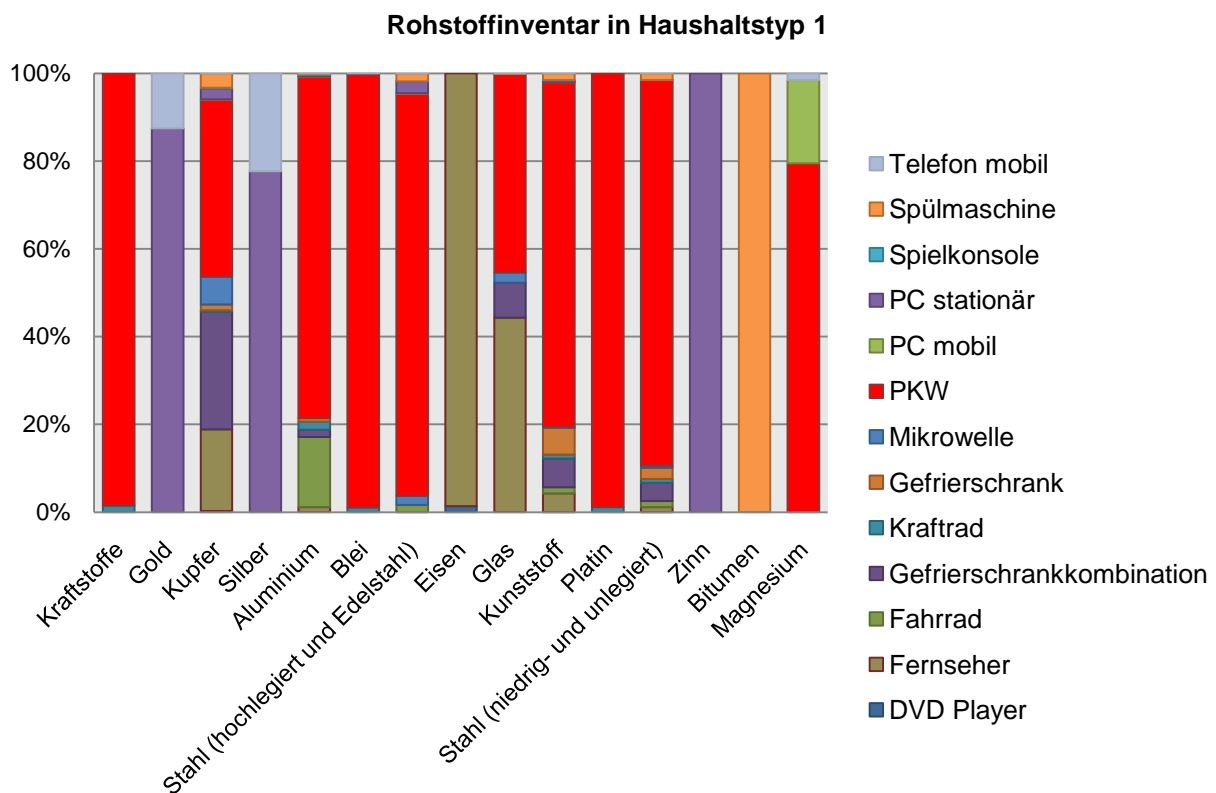
Fehlende Haushaltsgüter der EVS-Erhebung

Insgesamt 13 Haushaltsgüter⁵⁵ wurden im AP 2b inventarisiert, konnten aber keiner Ausstattung der EVS-Erhebung zugeordnet werden. Diese gehen in Übereinstimmung mit dem Auftraggeber nicht in die Datenerhebung ein. Eine individuelle Zuordnung kann nach jetzigem Stand nicht erfolgen.

Fehlende Zuordnung einzelner prioritärer Rohstoffe

Nach Auswertung erster Datensätze kann der in AP1 priorisierte Rohstoff Messing keinem der Haushaltsgüter zugeordnet werden, die in der EVS-Erhebung abgefragt wurden. Dieser Rohstoff wird daher nicht erfasst. Baumwolle in Haushalten ist zu großen Teilen in Textilien gebunden. Eine Zuordnung zu verschiedenen Haushaltstypen ist daher nicht vorgenommen worden. Da zudem Kraftstoffe über die Nutzung von Fahrzeugen inventarisiert werden sollen, geht der Kraftstoff im PKW, welcher sich bereits nach Fertigung im Fahrzeug befindet, nicht in die Inventarisierung ein.

Abb. 35: Rohstoffinventar der Clustergruppe 1 (Haushaltstyp 1) für die Haushaltsausstattung der EVS-Erhebung.



Quelle: Eigene Berechnungen

⁵⁵ Gold- und Silberschmuck wurden zusammengefasst.

Tab. 44: Absolute Rohstoffmengen der Clustergruppe 1 (Haushaltstyp 1) für die Haushaltsausstattung der EVS-Erhebung (Angaben in g bzw. kg).

Rohstoff	Menge über alle EVS-Güter
Kraftstoff	631,1 kg
Gold	0,4 g
Kupfer	26,0 kg
Silber	1,6 g
Aluminium	101,8 kg
Blei	10,6 kg
Stahl (hochlegiert und Edelstahl)	207,6 kg
Eisen	4,4 kg
Glas	102,9 kg
Kunststoff	397,5 kg
Platin	1,2 g
Stahl (niedrig- und unlegiert)	768,3 kg
Zinn	42,8 g
Bitumen	2,0 kg
Magnesium	0,7 kg
Kautschuk	5,3 kg

Quelle: Eigene Berechnungen

5.4.2 Ergebnisse der Inventarisierung

Abb. 35 und Tab. 44⁵⁶ zeigen exemplarisch das Ergebnis der Inventarisierung für Haushaltstyp 1. Dargestellt wird die Verteilung der prioritären Rohstoffe in den jeweiligen Haushaltsgütern sowie die absolute Menge der einzelnen Rohstoffe über alle Haushaltsgüter dieses Haushaltstyps.

Während der PKW (rot) deutlich mehr als die Hälfte der Rohstoffe dominiert (vor allem die Stähle), werden Gold und Silber allein für den Einsatz in Mobiltelefonen und Computern

⁵⁶ Eine gemeinsame Darstellung ist nicht möglich, weil z.B. Gold in deutlich geringeren Mengen erfasst wurde als Stahl und Eisen.

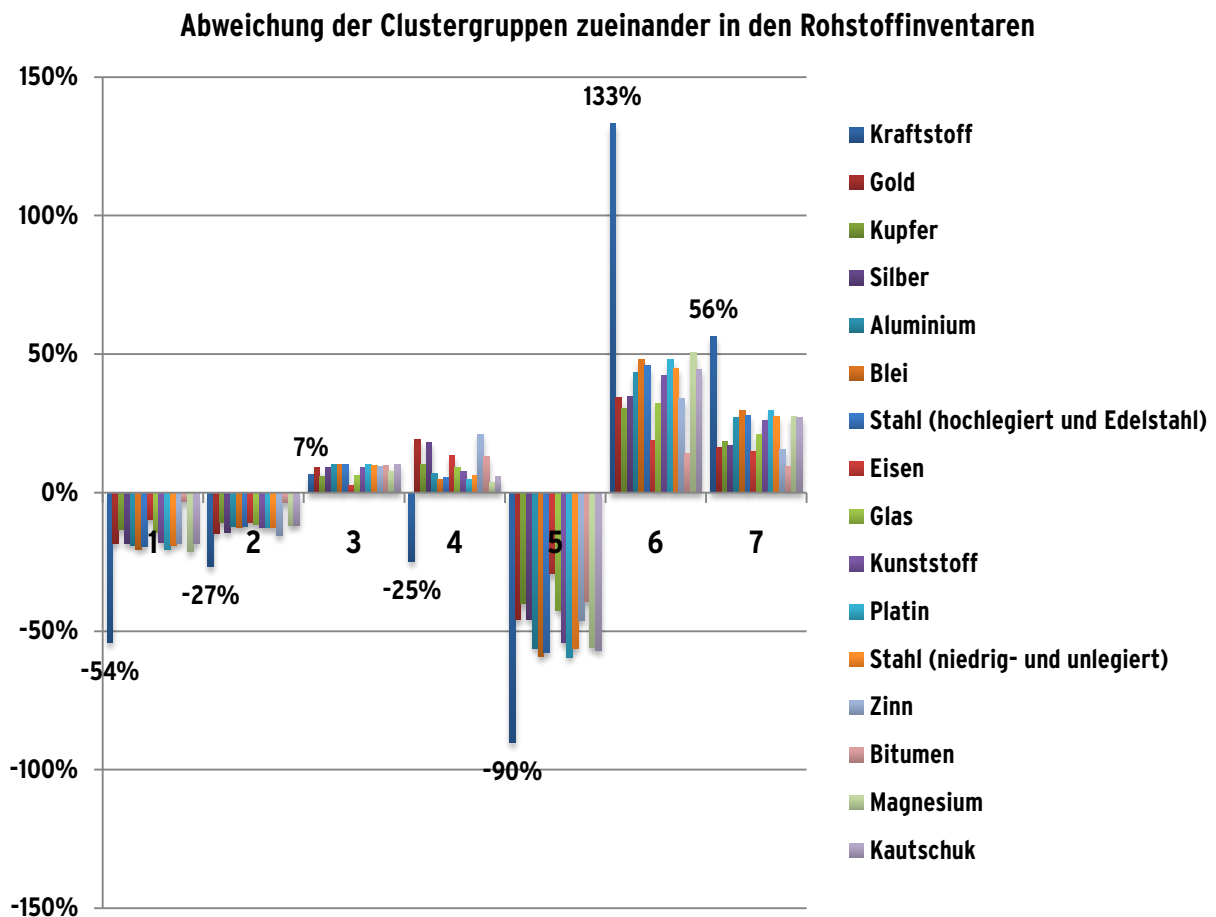
benötigt. Der hohe Platinanteil im PKW wiederum kann auf den Katalysator zurückgeführt werden.

Einige der Rohstoffe sind nur in einem einzigen (wie Bitumen und Zinn) oder sehr wenigen (wie Kautschuk, Platin, Gold, Silber, Magnesium) Haushaltsgütern zu finden und werden daher nur durch wenige Parameter (Menge der Gruppe pro Gut) beeinflusst (siehe Abb. 35). In Verbindung mit den fehlenden Gütern und den allgemeinen Ungenauigkeiten der Datenerhebung (siehe AP2b), können insbesondere diese Rohstoffmengen große Unsicherheiten aufweisen.

5.4.3 Unterscheidbarkeit der Gruppen

Die Unterschiede in den Rohstoffinventaren der sieben identifizierten Haushaltstypen lassen sich vereinfacht über die Abweichung der einzelnen Gruppen zum Mittelwert (arithmetisch) der einzelnen Rohstoffsummen aller Gruppen untersuchen. Erwartungsgemäß sollten sich so die Unterschiede in der Anzahl der Haushaltsgüter pro Gruppe auch in den damit verknüpften Rohstoffmengen widerspiegeln. Es handelt sich also um eine vereinfachte Prüfung der Konsistenz, die jedoch noch keine hinreichende Bedingung für vollständige Konsistenz der Umrechnung darstellt. Zugleich ist es ein erster Hinweis auf die prinzipielle Machbarkeit des Matchings von sozioökonomischen mit Rohstoffdaten.

Abb. 36: Normierte Abweichung zum Median der identifizierten Clustergruppen (Haushaltstypen) in den Rohstoffinventaren

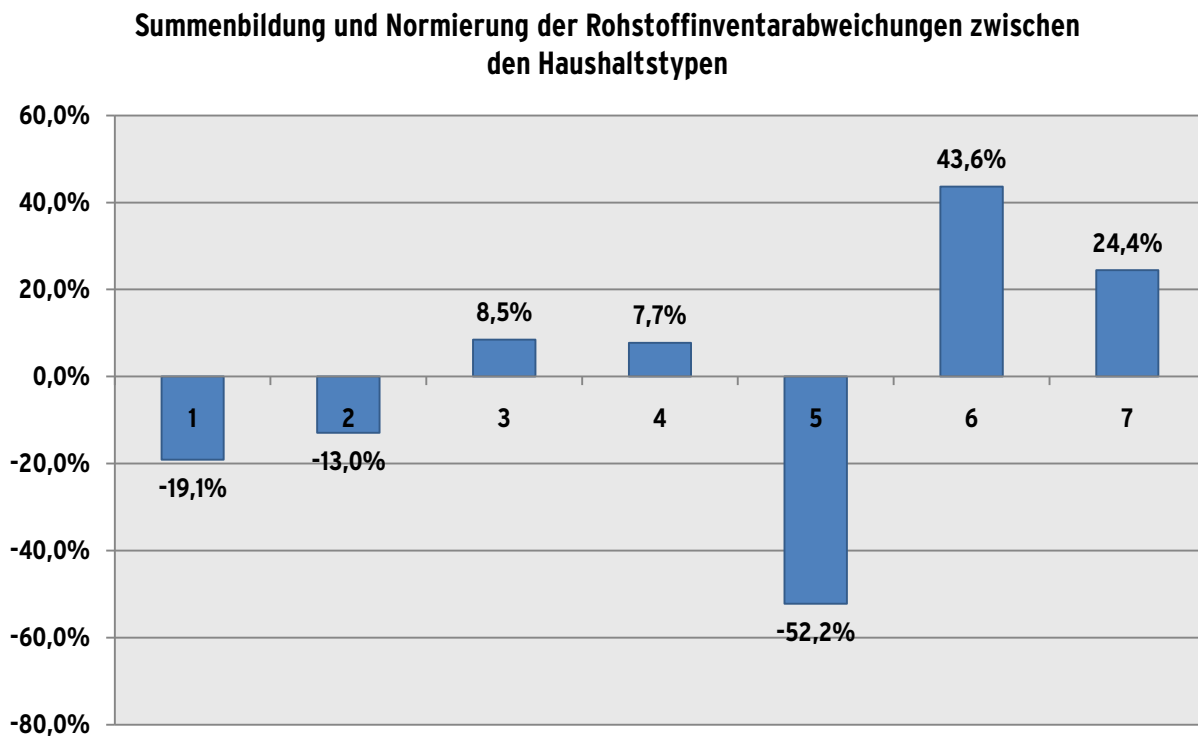


Quelle: Eigene Darstellung

Abb. 36 zeigt die Abweichung der Rohstoffsummen zum Mittelwert der Rohstoffsummen. Wie aus der Abbildung ersichtlich unterscheiden sich vor allem Gruppe 1 und Gruppe 2 kaum in ihren Rohstoffinventaren. Die größten Unterschiede sind zwischen Gruppe 5 und 6 sichtbar. Dabei sind die Abweichungen zwar in ihrer Höhe unterschiedlich, weisen aber denselben Trend auf. Die höchsten Abweichungen zum Mittelwert werden im Bereich der Kraftstoffe erzielt (mit Werten in der Abbildung versehen), die jedoch nicht aus dem Besitz von Haushaltsgütern, sondern dem (jährlichen) Konsum von Kraftstoffen resultieren.

Bei einer Summenbildung der Rohstoffabweichungen und einer Normierung auf die Anzahl der aufgelisteten Rohstoffe (16) lassen sich die Unterschiede zwischen den Gruppen noch deutlicher abbilden (siehe Abb. 37). So unterscheiden sich Gruppe 1 (Bürgerliche) und Gruppe 2 (Junge) noch um ca. 6 %, während Gruppe 3 (Etablierte) und Gruppe 4 (Großfamilien im ländlichen Raum) sich im Mittel kaum unterscheiden. Zwischen Gruppe 5 (Benachteiligte) und Gruppe 6 (Elitäre) lässt sich hingegen fast 96 % Abweichung zueinander abzulesen. Entlang der Rohstoffe sind die geringsten Abweichungen bei Eisen und Bitumen festzustellen (48 % bzw. 53 % Unterschied zwischen größter positiver und größter negativer Abweichung). Die größten Abweichungen sind beim Kraftstoff (223 %) feststellbar.

Abb. 37: Gegenüberstellung der Unterschiede zwischen den Haushaltstypen und ihren zugehörigen Rohstoffinventaren.



Quelle: Eigene Darstellung

5.4.4 Diskussion der Inventarisierung der Haushaltstypen

Das vorliegende Arbeitspaket hatte die Verknüpfung von sozialen Daten mit physikalischen Daten bzw. die Differenzierung von prioritären Rohstoffinventaren nach Haushaltstypen zur Aufgabe. Vorgestellt wurde ein methodisches Vorgehen, dass über Dimensionen und Datensätze eine Verknüpfung ermöglicht. Die Ergebnisse zeigen zum einen deutliche Unterschiede zwischen typischen Haushalten in Deutschland hinsichtlich des

Rohstoffaufkommens in Gebrauchs- und Verbrauchsgütern. Trotz zu erwartender Probleme hinsichtlich Datenverfügbarkeit und Datenkompatibilität unterstützen die Ergebnisse die Notwendigkeit einer Differenzierung von Rohstoffgebrauch in Haushalten. Dominante Merkmale im Ausstattungsbestand, allen voran PKW als Gebrauchsgut bzw. Kraftstoff als korrespondierendes Verbrauchsgut, nivellieren die Unterschiede nicht. Letztendlich spiegeln sich in differenzierten Rohstoffinventaren die Ausstattungs- und Verbrauchsniveaus aus den vorgehenden Arbeitspaketen wieder. Eine differenzierte Ansprache nach Haushaltstypen (siehe AP2c) kann sich entsprechend auf die projektspezifischen Rohstoffe beziehen.

6 Arbeitspaket 3: Zusammenführung Rohstoffe / Haushalte

Innerhalb dieses Arbeitspakets werden die Berechnungen aus den Arbeitspaketen 1 (Rohstoffe) und 2 (Haushalte) zusammengeführt.

Im Rahmen von Arbeitspaket 1 wurden unter den beiden Prämissen „Globale (übertragbare) verteilungsgerechte Ressourcennutzung“ und „Global nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung“ rohstoffspezifische individuelle Verfügbarkeits- und Verfügungskorridore (vgl. Tab. 20) ermittelt. In Arbeitspaket 2 wurden für insgesamt 24 langlebige Konsumgüter sowohl die zugehörigen Rohstoffinventare (vgl. u.a. Tab. 23) als auch die Ausstattung für 7 sozioökonomische Haushaltstypen mit diesen Gütern ermittelt (vgl. Tab 40). Die Kombination dieser Ergebnisse erlaubt die Abschätzung der individuellen Rohstoffanspruchnahme aufgrund der jeweiligen Haushaltsausstattung mit langlebigen Konsumgütern vor dem Hintergrund der Begrenztheit von Ressourcen. Dabei gilt es natürlich auch die Nutzungsdauer der jeweils eingesetzten langlebigen Haushaltsgüter und mögliche Konsumtrends bis zum Jahr 2030 zu berücksichtigen.

Auch das in Arbeitspaket 4 entwickelte Webtool wird die Nutzer mittels der in AP 2 ermittelten Verfügbarkeits- und Verfügungskorridore (vgl. Tab. 20) über die begrenzte Verfügbarkeit von Rohstoffen informieren, es erfolgt aber eine direkte Bezugnahme auf seine individuelle Haushaltsausstattung. Letztere wird innerhalb des Webtools über die Zahl der Haushaltsmitglieder determiniert, wobei standardmäßig drei alternative Haushaltsausstattungen mit langlebigen Konsumgütern mit den jeweils zugehörigen Nutzungsdauern hinterlegt werden:

- 1 bis 2-Personenhaushalt
- 3 bis 4-Personenhaushalt
- 5 und mehr-Personenhaushalt

In den folgenden Unterabschnitten erfolgt eine konkrete Veranschaulichung möglicher Haushaltsausstattungen unter den Prämissen von globaler Verteilungsgerechtigkeit und nachhaltiger Ressourcennutzung.

Da der Begriff der Nachhaltigkeit auch immer eine Zukunftsorientierung beinhaltet wird in einem abschließenden Unterabschnitt diskutiert, inwiefern Erkenntnisse aus modellbasierten Szenarien zu voraussichtlichen künftigen Entwicklungen im Zuge einer künftigen Weiterentwicklung des in AP 4 entwickelten Webtools berücksichtigt werden könnten bzw. sollten.

6.1 Nutzung von langlebigen Haushaltsgütern

6.1.1 Panelbefragung zu den durchschnittlichen Nutzungsdauern

Trotz intensiver Recherche konnten (jenseits von Angaben zu Fahrzeugen) keine verwertbaren Angaben zu durchschnittlichen Nutzungsdauern der projektrelevanten langlebigen Haushaltsgüter identifiziert werden. Die Standard-Nutzungsdauern wurden vom Marktforschungsinstitut 2hm (Mainz) im Zuge einer Haushaltsbefragung repräsentativ erhoben. Dazu wurde auf ein repräsentatives Online Panel, quotiert nach HH-Größe und HH-Nettoeinkommen (Zufallsstichprobe Haushalte n= 600) zurückgegriffen. Der gemeinsam mit dem Marktforschungsinstitut entwickelte mehrstufige Fragebogen gewährleistet, dass sich die

Rezipienten sehr bewusst mit den von ihnen in ihrem Haushalten genutzten langlebigen Konsumgütern auseinandersetzen. Im Zuge der Befragung wurden insgesamt 24 langlebige Haushaltsgüter unterschieden. Die Dauer des Interviews hat ca. 5 Minuten betragen. Es wurden folgende Fragen gestellt:

- Wie viele Personen leben in Ihrem Haushalt?
- Wie hoch ist das durchschnittliche monatliche Nettoeinkommen Ihres Haushalts insgesamt?
- Welche der folgenden Haushaltsgüter besitzen Sie oder Mitglieder in Ihrem Haushalt heute?
- Wann wurden diese Haushaltsgüter gekauft bzw. wann haben Sie diese Haushaltsgüter erhalten?
- Wurden sie gebraucht oder neu gekauft?
- Was erwarten Sie, wie lange werden Sie diese Haushaltsgüter noch nutzen, bevor sie zum Beispiel kaputt gehen, oder wenn man sie durch ein moderneres Gerät mit zusätzlichen Funktionen ersetzt?
- Und einmal ganz unabhängig von Ihrem aktuellen Besitz, auf Basis Ihrer gesamten bisherigen Erfahrung: Nach wie vielen Jahren werden die folgenden Haushaltsgüter üblicherweise ersetzt?

Ergänzend für Auswertungszwecke:

- Wie alt sind Sie?
- Sind Sie weiblich oder männlich?

Die Ergebnisse der Haushaltsbefragung bzgl. der Nutzungsdauern sind in Tab. 45 nach Haushaltsgrößen dargestellt. Die in der Tabelle angegebenen Nutzungsdauern bilden einen Teil der Berechnungsbasis für die Overshoot-Jahre in Kapitel 6.2. Als relevante Nutzungsdauer wurden die innerhalb der Befragung von 2hm von den Rezipienten angegebenen Angaben zu den individuellen „erfahrungsgemäßen“ Nutzungsdauern gewählt, da diese aus der Interviewlogik heraus die beste Näherung versprechen. Eine Evaluierung der Angaben zu den durchschnittlichen PKW-Nutzungsdauern hat außerdem gezeigt, dass sich diese durchaus mit den Angaben des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) decken, welches als Durchschnittsalter an Personenkraftwagen für die Jahre 2013 und 2014 knapp 9 Jahre angibt (Kraftfahrtbundesamt 2014, S. 9). Letzteres zeigt auch, dass die innerhalb dieses Forschungsvorhabens zusätzlich durchgeführte Erhebung statistisch belastbare Angaben zu den so bisher nicht verfügbaren Nutzungsdauern langlebiger Haushaltsgüter generiert hat.⁵⁷

⁵⁷ Für das innerhalb des Webtools (vgl. AP4) ebenfalls berücksichtigte Car-Sharing als alternative gemeinschaftliche Form der PKW-Nutzung wird hingegen abweichend eine andere durchschnittliche Nutzungsdauer vorgegeben, da in diesem Falle bei Ersatzanschaffungsüberlegungen kaufmännische Unterscheidungen des Car-Sharing-Anbieters eine Rolle spielen, die der Nutzer eines Car-Sharing-PKW nicht beeinflussen kann. Außerdem unterscheiden sich die jährlichen Fahrleistungen eines Privat-PKW erheblich

Tab. 45: Ergebnisse der Befragung bzgl. der Nutzungsdauern in Jahren nach Haushaltsgrößen

Lfd. Nr.	Gut	1-2 Pers. HH	3-4 Pers. HH	5 plus Pers. HH
1	Eigener PKW	8,5	9,2	9,3
2	Motorroller	6,6	7,7	7,7
3	Fahrrad	11,6	12,2	11,6
4	Telefon mobil / Smartphone	3,8	2,9	2,6
5	Fernseher	8,2	8,2	6,2
6	DVD Player / Recorder	7,6	7,4	7,5
7	Spielekonsole	6,8	5,5	3,8
8	PC stationär / Desktop	5,7	5,4	6,6
9	Monitor	6,6	6,3	6,7
10	PC mobil / Laptop	5,5	5,3	5,8
11	Drucker	6,6	5,7	5,5
12	Beamer	9,4	7,7	15,5
13	Waschmaschine	11,5	10,9	11,0
14	Kühlschrank	11,9	11,8	10,7
15	Gefrierschrank	11,7	12,7	11,7
16	Kühl- und Gefrierschrankkombination	11,2	11,6	9,8
17	Spülmaschine	11,3	11,1	9,3
18	Mikrowelle	10,4	9,3	10,0
19	Toaster	8,7	7,9	6,0
20	Elektroherd	13,2	11,7	12,3
21	Kaffeemaschine	7,4	7,1	5,4
22	Staubsauger	9,5	8,5	6,7
23	Föhn	8,3	6,3	4,5
24	Speiseservice (inkl. Besteck)	17,8	19,6	16,5

Quelle: Eigene Darstellung

6.1.2 Geplante Obsoleszenz

Unter „geplanter Obsoleszenz“ versteht man die absichtliche und geplante Verkürzung der Produktlebensdauer durch den Hersteller. Es wird vermutet, dass diese Form der Obsoleszenz mit der Gewährleistungsfrist korrelieren könnte, sofern der Hersteller die Strategie der geplanten Obsoleszenz tatsächlich verfolgt. Solch eine Verringerung der Lebensdauer kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen, darunter u.a. die Verwendung minderwertiger Rohstoffe. Dies muss nicht unbedingt direkt auf einen vollkommenen Funktionsausfall des Produktes abzielen, sondern kann auch einfach nur eine Verminderung des Funktionsumfangs oder eine Verschlechterung von Haptik und Optik gegenüber von Neuprodukten bedeuten. Alternativ besteht auch die Möglichkeit, nach einer bestimmten Zeit einen Defekt elementarer Funktionalitäten auszulösen oder diesen nur vorzugeben.

von denen eines Car-Sharing-PKW. Diese sind aufgrund der gemeinschaftlichen Nutzung (ca. 40-60 Personen teilen sich einen PKW) häufiger im Einsatz und werden deswegen auch deutlich eher ausgetauscht. Im Zuge einer separat durchgeführten Befragung der großen Car-Sharing-Anbieter und des Bundesverbandes Carsharing hat sich gezeigt, dass von einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von 3 Jahren auszugehen ist.

Eine tatsächliche geplante Obsoleszenz lässt sich jedoch nur schwer nachweisen, da Gebrauchsgüter in der Regel einem natürlichen Verschleiß unterliegen, von Personen mit unterschiedlichen Gebrauchsgewohnheiten benutzt werden und z.T. auch über (aus Sicherheitsgründen notwendige) Sollbruchstellen verfügen. Die Frage, ob und in welchem Umfang geplante Obsoleszenz tatsächlich existiert, wird kontrovers diskutiert.⁵⁸ So heißt es in dem Gutachten im Auftrag der Bundesfraktion Bündnis 90 / Die Grünen (ARGE REGIO, 2013, S. 71): „[...]ob und wie stark geplante Obsoleszenz in den letzten Jahrzehnten in Deutschland zugenommen hat, ist sehr schwer mit seriösen Zahlen zu quantifizieren, da es sich [...] um Dunkelziffern handelt, zu denen man bestenfalls einigermaßen plausible Schätzungen abgeben kann.“⁵⁹

An dieser Stelle kann keine abschließende Beurteilung des Phänomens vorgenommen werden. Im Hinblick auf den Ressourcenverbrauch sollte diese Fragestellung dennoch im Hinterkopf behalten werden, da die Problematik direkt in die Nutzungsdauern hineinspielt. Wie im weiteren Verlauf dieser Untersuchung gezeigt wird (vgl. Kapitel 6.2.3), nehmen die Nutzungsdauern direkt Einfluss auf den Ressourcenverbrauch. Sollte das Phänomen der geplanten Obsoleszenz tatsächlich in signifikantem Umfang existieren, würde das bedeuten, dass der Verbraucher (natürlich abgesehen von der natürlichen Abnutzung) nicht alleinigen Einfluss auf die Gebrauchsdauer seiner Haushaltsgüter besäße. Er würde vielmehr durch die Hersteller mittels eines geplanten, vorzeitigen Verschleißes gezwungen, seine Geräte schneller zu ersetzen als ursprünglich beabsichtigt, obwohl dies aufgrund der technischen Möglichkeiten de facto nicht notwendig sein müsste.

6.2 Rohstoffinventare einzelner Haushalte unter den Prämissen „Globale Verteilungsgerechtigkeit“ und „Nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung“

In AP1 wurden - ausgehend von den Rohstoffinventaren von insgesamt 26 langlebigen Haushaltsgütern - für 16 prioritär eingestufte Rohstoffe die jeweiligen für den Zeitraum 2010 – 2030 aufsummierten Verfügbarkeits- und Verfügungskorridore in kg pro Kopf ermittelt (vgl. Tab. 14). In AP2 wurden die Rohstoffinventare der von den Haushalten genutzten 13 verschiedenen langlebigen Haushaltsgüter im Detail nach 15 Rohstoffen für 7 verschiedene Haushaltstypen ausgewiesen.

Die entsprechenden Verfügbarkeits- bzw. Verfügungskorridore geben für jeden untersuchten Rohstoff an, welche Mengen dieses Rohstoffs bis 2030 voraussichtlich zur Verfügung stehen werden. Ist der ermittelte Korridor ausschließlich das Ergebnis ökonomisch-technologischer Überlegungen, dessen Grenze u.a. durch Knappheit oder Preise bestimmt wird, so wird er als Verfüg**barkeits**korridor bezeichnet. Sofern aber dieser berechnete Korridor zusätzlich mit einer normativen und/ oder ökologischen Zieldimension verbunden wird, so wird von einem

⁵⁸ So reicht das Spektrum von der Bezeichnung der geplanten Obsoleszenz als „moderne Legende“ (siehe Hirstein, 2012) bis hin zu denjenigen, die die Meinung vertreten, die geplante Obsoleszenz existiere, und Beispiele sammeln, welche sie als Beweise für dieses Phänomen anführen (z.B. Schridde, 2014, oder ARGE REGIO, 2013).

⁵⁹ Siehe hierzu auch Lasch, 2012, S. 24: „Keine Zahlen“

Verfü~~gung~~**g**skorridor gesprochen. Innerhalb dieses Forschungsprojekts ist der in einem Business-as-Usual (BAU) bzw. Baseline-Szenario ermittelte Korridor ein **Verfügbarkeitskorridor**, während sowohl der unter der Prämisse globaler Verteilungsgerechtigkeit als auch der unter der Prämisse nachhaltiger Ressourcenbewirtschaftung ermittelte Korridor als **Verfügungskorridor** zu interpretieren ist. Die Prämisse „Nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung“ unterstellt ergänzend, dass die im Jahr 2030 zu erreichenden rohstoffspezifischen Zielwerte aufgrund von Nachhaltigkeitsüberlegungen auf die für Deutschland ermittelten Verbrauchsniveaus des Jahres 2000 zu beschränken sind.⁶⁰ Die Prämisse „Globale Verteilungsgerechtigkeit“ unterstellt ergänzend zur Prämisse einer nachhaltigen Ressourcennutzung, dass für alle Menschen weltweit bis zum Jahr 2030 gleiche rohstoffspezifische Pro-Kopf-Zielwerte einzuhalten sind, die sich an den für Deutschland exemplarisch ermittelten Werten orientieren.

Um die Ergebnisse aus AP1 (Verfügbarkeitskorridore ;dokumentiert als Äquivalente zeitlicher Verfügbarkeit – Menge pro Jahr) und AP2 (Haushaltsausstattungen) zusammenführen zu können, müssen die in AP2 ermittelten Rohstoffinventare ebenfalls in Menge pro Jahr umgerechnet werden. Dazu sind güterspezifische Nutzungsdauern bzw. Neuanschaffungsraten zu berücksichtigen, welche gleichmäßig über die gesamte Nutzungsdauer der einzelnen Haushaltsgüter verteilt werden. Erst durch die vorgenommene Umrechnung lassen sich Aussagen zur Einordnung der Haushaltsausstattungen unter den Prämissen von globaler Verteilungsgerechtigkeit und nachhaltiger Ressourcenbewirtschaftung ableiten.

6.2.1 Ergebnisse nach sieben sozioökonomischen Haushaltstypen

Tab. 46 bis Tab. 52 zeigen die Rohstoffguthaben der sieben sozioökonomischen Haushaltstypen wie sie ihnen gemäß der Verfügungs- bzw. Verfügbarkeitskorridoren in Tab. 20 für den Zeitraum von 2010 bis 2030 zustehen. Die Werte werden dabei ausdifferenziert nach dem Baseline-Szenario sowie den Szenarien „Nachhaltig“ und „Global gerecht & Nachhaltig“ ausgewiesen. Der angegebene Gesamtverbrauch eines jeden Haushalts basiert auf den jeweiligen Haushaltsausstattungen und Nutzungsdauern der Güter, welche mit den Rohstoffinventaren der Güter verknüpft werden, und erstreckt sich ebenfalls auf den gesamten Zeitraum von 2010 bis 2030. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Nutzungsdauern und Haushaltsausstattungen bis 2030 gleich bleiben. Der Saldo aus dem Gesamtguthaben und dem Gesamtverbrauch je Szenario ergibt den Kontostand des Haushalts im Jahr 2030. Hat der Haushalt bereits sein Rohstoffguthaben vor dem Jahr 2030 aufgebraucht, überzieht er bereits sein Materialkonto. Diese Nachhaltigkeitslücke wird in den Tabellen in roten Zahlen ausgewiesen. Das Overshoot-Jahr bezeichnet das Jahr, in dem der Haushalt sein Guthaben für den Zeitraum 2010 bis 2030 aufgebraucht hat. Im Falle einer Nachhaltigkeitslücke liegt das Overshoot-Jahr noch vor dem Jahr 2031 – der Haushalt hat in diesem Fall sozusagen mit seinem Ressourcenverbrauch über das Ziel „hinausgeschossen“. In allen anderen Fällen würde das Ressourcenguthaben über den dafür vorgesehenen Zeitraum hinaus reichen, so dass man faktisch nicht von „Overshoot“ im eigentlichen Sinn reden kann. Der Haushalt verbraucht in

⁶⁰ Mit einer solchen Zielperspektive „Verbrauchsniveau des Jahres 2000“ im Jahr 2030 wird in diesem Forschungsprojekt auf die derzeitige Diskussion im PolRes-Projekt Bezug genommen werden, bei der ebenfalls die Zielperspektive „Niveau des Jahre 2000“ diskutiert wird.

diesem Fall seine Ressourcen sogar noch langsamer, als er gemäß der Restriktionen durch die jeweiligen Korridore dürfte.

Tab. 46 zeigt die Ergebnisse für den Haushaltstyp 1 "Bürgerliche", in dem meistens 2 Personen leben. Aufgrund der etwas großzügigeren Verfügbarkeitskorridore im Baseline-Szenario liegt das Overshoot-Jahr im entsprechenden Szenario zumindest gleich auf, meistens jedoch weiter entfernt als das Overshoot-Jahr des „Nachhaltigkeits-„ und „Global gerecht & Nachhaltigkeits“-Szenarios. Dennoch wird das Materialkonto für über die Hälfte aller Rohstoffe über die Maßen belastet, so dass sich bereits im Baseline-Szenario z.T. deutliche Nachhaltigkeitslücken auftun. Die engeren Vorgaben des Nachhaltigkeitsszenarios sorgen dafür, dass die Overshoot-Jahre bei allen Rohstoffen bis auf Zinn und Erdöl kleiner werden und das Materialkonto bei noch mehr Rohstoffen bereits vor 2030 erschöpft ist – lediglich die Guthaben für Stahl, Magnesium und Kautschuk reichen noch darüber hinaus aus. Im noch restriktiveren Szenario „Global gerecht & Nachhaltig“ hält abgesehen vom relativ unkritischen Rohstoff Kautschuk kein Materialkonto bis zum Jahr 2030.

In Tab. 47 verfügt der Haushalt vom Typ 2 "Junge" bereits zu Beginn über ein größeres Rohstoffguthaben, da ihm – im Vergleich zu Haushaltstyp 1 - im Durchschnitt 3 Personen je Haushalt zugeordnet werden. Die meisten Haushaltsgüter befinden sich hier etwas häufiger im Haushalt als noch bei Typ 1, dieser Anstieg ist jedoch nicht so stark wie der Anstieg der Personenanzahl, weswegen sich die Overshoot-Jahre etwas nach hinten verschieben. Die etwas großzügigeren Materialkonten bewirken zudem, dass der Haushalt für weniger Rohstoffe die Materialkonten überzieht. Lediglich für Gold, Blei, (Flach-)Glas, Zinn und Erdöl für Kunststoffe wird im Baseline-Szenario mehr verbraucht als dem Haushalt eigentlich zusteht. Wie beim Haushaltstyp 1 werden bei strenger werdenden Verbrauchskriterien im „Nachhaltigkeits“- und im „Global gerecht & Nachhaltigkeits“-Szenario immer mehr Materialkonten überzogen. Der entlastende Effekt einer erhöhten Zahl an im Haushalt lebenden Personen (im Durchschnitt ca. 4 Personen), welcher eine höhere Ausstattung der Materialkonten bewirkt, macht sich auch bei Haushaltstyp 3 "Etablierte" in Tab. 42 bemerkbar. Die Overshoot-Jahre verschieben sich jedoch nur in einigen Fällen leicht nach hinten, da die etwas bessere Ausstattung des Haushaltes (unter anderem mit eigenen PKWs) wiederum negativ zu Buche schlägt.

Tab. 46: Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr des Haushaltstyps 1 (negative Werte sind rot markiert)

Haushaltstyp 1		Gold	Kupfer	Silber	Alu- minium	Blei	Stahl
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	0,0021	54,9	0,011	176,6	14,4	4.964,1
	Nachhaltig	0,0016	38,0	0,008	115,1	9,9	3.514,6
	Global gerecht & Nachhaltig	0,0011	6,4	0,002	27,1	3,1	1.282,5
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		0,0029	77,1	0,010	251,0	27,8	2.575,0
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-0,0008	-22,2	0,001	-74,3	-13,5	2.389,1
	Nachhaltig	-0,0013	-39,1	-0,002	-135,9	-17,9	939,6
	Global gerecht & Nachhaltig	-0,0019	-70,7	-0,008	-223,9	-24,7	-1.292,5
Overshoot-Jahr	Baseline	2025	2025	2033	2025	2021	2050
	Nachhaltig	2022	2020	2026	2020	2018	2039
	Global gerecht & Nachhaltig	2018	2012	2014	2012	2012	2020

Haushaltstyp 1		(Flach-) Glas	Platin	Zinn	Magne- sium	Erdöl f. Kunst- stoffe	Kaut- schuk
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	110,4	0,0034	0,094	3,7	609,3	80,2
	Nachhaltig	62,6	0,0023	0,095	2,5	592,0	62,0
	Global gerecht & Nachhaltig	41,4	0,0012	0,022	0,9	201,3	36,3
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		285,6	0,0029	0,221	2,0	992,4	12,6
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-175,2	0,0005	-0,127	1,7	-383,1	67,6
	Nachhaltig	-222,9	-0,0006	-0,126	0,5	-400,3	49,4
	Global gerecht & Nachhaltig	-244,2	-0,0017	-0,198	-1,2	-791,0	23,6
Overshoot-Jahr	Baseline	2018	2034	2019	2049	2023	2143
	Nachhaltig	2015	2027	2019	2036	2023	2113
	Global gerecht & Nachhaltig	2013	2019	2012	2019	2014	2070

Quelle: Eigene Berechnungen

Tab. 47: Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr des Haushaltstyps 2 (negative Werte sind rot markiert)

Haushaltstyp 2		Gold	Kupfer	Silber	Alu- minium	Blei	Stahl
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	0,0032	82,4	0,0170	264,9	21,5	7.446,1
	Nachhaltig	0,0024	57,0	0,0118	172,7	14,9	5.271,9
	Global gerecht & Nachhaltig	0,0016	9,5	0,0028	40,6	4,6	1.923,8
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		0,0034	74,6	0,0120	254,8	28,5	2.612,9
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-0,0002	7,7	0,0050	10,1	-7,0	4.833,2
	Nachhaltig	-0,0009	-17,6	-0,0002	-82,2	-13,6	2.659,0
	Global gerecht & Nachhaltig	-0,0018	-65,1	-0,0092	-214,3	-23,9	-689,1
Overshoot-Jahr	Baseline	2030	2033	2040	2032	2026	2070
	Nachhaltig	2025	2026	2031	2024	2021	2052
	Global gerecht & Nachhaltig	2020	2013	2015	2013	2013	2025

Haushaltstyp 2		(Flach-) Glas	Platin	Zinn	Magne- sium	Erdöl f. Kunst- stoffe	Kaut- schuk
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	165,6	0,0050	0,14	5,6	914,0	120,3
	Nachhaltig	94,0	0,0035	0,14	3,8	888,0	93,0
	Global gerecht & Nachhaltig	62,1	0,0018	0,03	1,3	302,0	54,4
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		289,5	0,0030	0,25	2,2	994,9	12,9
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-123,9	0,0021	-0,11	3,4	-81,0	107,5
	Nachhaltig	-195,5	0,0005	-0,11	1,6	-106,9	80,1
	Global gerecht & Nachhaltig	-227,4	-0,0012	-0,22	-0,9	-693,0	41,5
Overshoot-Jahr	Baseline	2022	2046	2022	2063	2029	2206
	Nachhaltig	2017	2035	2022	2046	2029	2162
	Global gerecht & Nachhaltig	2015	2023	2013	2022	2016	2099

Quelle: Eigene Berechnungen

Tab. 48: Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr des Haushaltstyps 3 (negative Werte sind rot markiert)

Haushaltstyp 3		Gold	Kupfer	Silber	Alu- minium	Blei	Stahl
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	0,0043	109,8	0,0227	353,3	28,7	9.928,1
	Nachhaltig	0,0032	76,0	0,0157	230,2	19,9	7.029,2
	Global gerecht & Nachhaltig	0,0021	12,7	0,0037	54,1	6,2	2.565,1
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		0,0045	92,6	0,0160	321,3	36,6	3.280,0
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-0,0002	17,2	0,0067	32,0	-7,9	6.648,1
	Nachhaltig	-0,0013	-16,7	-0,0003	-91,1	-16,7	3.749,1
	Global gerecht & Nachhaltig	-0,0024	-79,9	-0,0122	-267,2	-30,4	-715,0
Overshoot-Jahr	Baseline	2030	2035	2040	2033	2026	2074
	Nachhaltig	2025	2027	2031	2025	2021	2055
	Global gerecht & Nachhaltig	2020	2013	2015	2014	2014	2026
Haushaltstyp 3		(Flach-) Glas	Platin	Zinn	Magne- sium	Erdöl f. Kunst- stoffe	Kaut- schuk
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	220,8	0,0067	0,19	7,5	1.218,6	160,5
	Nachhaltig	125,3	0,0047	0,19	5,0	1.184,0	124,0
	Global gerecht & Nachhaltig	82,8	0,0024	0,04	1,7	402,6	72,5
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		353,0	0,0037	0,34	2,7	1.252,6	16,2
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-132,2	0,0030	-0,15	4,8	-34,0	144,3
	Nachhaltig	-227,7	0,0009	-0,15	2,4	-68,6	107,9
	Global gerecht & Nachhaltig	-270,2	-0,0014	-0,29	-1,0	-850,0	56,4
Overshoot-Jahr	Baseline	2023	2048	2022	2069	2030	2218
	Nachhaltig	2017	2036	2022	2050	2030	2171
	Global gerecht & Nachhaltig	2015	2023	2013	2023	2017	2104

Quelle: Eigene Berechnungen

Tab. 49: Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr des Haushaltstyps 4 (negative Werte sind rot markiert)

Haushaltstyp 4		Gold	Kupfer	Silber	Alu- minium	Blei	Stahl
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	0,00482	123,5	0,026	397,4	32,3	11.169,1
	Nachhaltig	0,00365	85,5	0,018	259,0	22,4	7.907,8
	Global gerecht & Nachhaltig	0,00239	14,3	0,004	60,9	7,0	2.885,7
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		0,00481	110,5	0,016	321,1	34,8	3.315,0
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	0,00002	13,0	0,009	76,3	-2,5	7.854,1
	Nachhaltig	-0,00115	-25,1	0,001	-62,1	-12,5	4.592,8
	Global gerecht & Nachhaltig	-0,00242	-96,2	-0,012	-260,2	-27,9	-429,3
Overshoot-Jahr	Baseline	2031	2033	2043	2036	2029	2081
	Nachhaltig	2026	2026	2033	2027	2023	2060
	Global gerecht & Nachhaltig	2020	2013	2015	2014	2014	2028

Haushaltstyp 4		(Flach-) Glas	Platin	Zinn	Magne- sium	Erdöl f. Kunst- stoffe	Kaut- schuk
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	248,4	0,0075	0,21	8,4	1.370,9	180,5
	Nachhaltig	140,9	0,0052	0,21	5,7	1.332,0	139,5
	Global gerecht & Nachhaltig	93,2	0,0027	0,05	1,9	452,9	81,6
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		390,4	0,0035	0,33	2,5	1.301,2	15,6
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-142,0	0,0040	-0,12	5,8	69,7	165,0
	Nachhaltig	-249,5	0,0017	-0,12	3,1	30,8	124,0
	Global gerecht & Nachhaltig	-297,3	-0,0009	-0,28	-0,6	-848,3	66,1
Overshoot-Jahr	Baseline	2023	2055	2023	2079	2032	2254
	Nachhaltig	2018	2041	2023	2057	2031	2198
	Global gerecht & Nachhaltig	2015	2026	2013	2026	2017	2120

Quelle: Eigene Berechnungen

Tab. 50: Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr des Haushaltstyps 5 (negative Werte sind rot markiert)

Haushaltstyp 5		Gold	Kupfer	Silber	Alu- minium	Blei	Stahl
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	0,0016	41,2	0,009	132,5	10,8	3.723,0
	Nachhaltig	0,0012	28,5	0,006	86,3	7,5	2.635,9
	Global gerecht & Nachhaltig	0,0008	4,8	0,001	20,3	2,3	961,9
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		0,0019	52,7	0,007	136,5	14,4	1.422,3
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-0,0003	-11,5	0,002	-4,0	-3,6	2.300,7
	Nachhaltig	-0,0007	-24,2	-0,001	-50,2	-6,9	1.213,6
	Global gerecht & Nachhaltig	-0,0012	-47,9	-0,005	-116,2	-12,1	-460,4
Overshoot-Jahr	Baseline	2027	2026	2036	2030	2026	2065
	Nachhaltig	2023	2021	2028	2023	2021	2049
	Global gerecht & Nachhaltig	2019	2012	2014	2013	2013	2024
Haushaltstyp 5		(Flach-) Glas	Platin	Zinn	Magne- sium	Erdöl f. Kunst- stoffe	Kaut- schuk
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	82,8	0,0025	0,07	2,8	457,0	60,2
	Nachhaltig	47,0	0,0017	0,07	1,9	444,0	46,5
	Global gerecht & Nachhaltig	31,1	0,0009	0,02	0,6	151,0	27,2
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		193,0	0,0015	0,14	1,2	561,5	6,6
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-110,2	0,0010	-0,07	1,6	-104,5	53,6
	Nachhaltig	-146,0	0,0003	-0,07	0,7	-117,4	39,9
	Global gerecht & Nachhaltig	-161,9	-0,0006	-0,13	-0,5	-410,5	20,6
Overshoot-Jahr	Baseline	2019	2046	2020	2061	2027	2202
	Nachhaltig	2015	2035	2020	2044	2027	2159
	Global gerecht & Nachhaltig	2013	2023	2012	2022	2016	2097

Quelle: Eigene Berechnungen

Tab. 51: Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr des Haushaltstyps 6 (negative Werte sind rot markiert)

Haushaltstyp 6		Gold	Kupfer	Silber	Alu- minium	Blei	Stahl
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	0,0048	123,5	0,026	397,4	32,3	11.169,1
	Nachhaltig	0,0037	85,5	0,018	259,0	22,4	7.907,8
	Global gerecht & Nachhaltig	0,0024	14,3	0,004	60,9	7,0	2.885,7
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		0,0053	122,3	0,019	417,7	48,1	4.289,4
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-0,0005	1,2	0,007	-20,3	-15,8	6.879,7
	Nachhaltig	-0,0017	-36,8	-0,001	-158,7	-25,7	3.618,4
	Global gerecht & Nachhaltig	-0,0030	-108,0	-0,014	-356,8	-41,1	-1.403,7
Overshoot-Jahr	Baseline	2029	2031	2039	2030	2024	2065
	Nachhaltig	2024	2025	2030	2023	2020	2049
	Global gerecht & Nachhaltig	2019	2012	2015	2013	2013	2024

Haushaltstyp 6		(Flach-) Glas	Platin	Zinn	Magne- sium	Erdöl f. Kunst- stoffe	Kaut- schuk
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	248,4	0,0075	0,21	8,4	1.370,9	180,5
	Nachhaltig	140,9	0,0052	0,21	5,7	1.332,0	139,5
	Global gerecht & Nachhaltig	93,2	0,0027	0,05	1,9	452,9	81,6
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		455,3	0,0050	0,37	3,7	1.649,3	21,2
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-206,9	0,0026	-0,16	4,7	-278,4	159,3
	Nachhaltig	-314,3	0,0003	-0,16	1,9	-317,3	118,3
	Global gerecht & Nachhaltig	-362,1	-0,0023	-0,32	-1,8	-1.196,4	60,4
Overshoot-Jahr	Baseline	2021	2042	2022	2057	2027	2189
	Nachhaltig	2017	2032	2022	2042	2027	2148
	Global gerecht & Nachhaltig	2014	2021	2013	2021	2016	2091

Quelle: Eigene Berechnungen

Tab. 52: Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr des Haushaltstyps 7 (negative Werte sind rot markiert)

Haushaltstyp 7		Gold	Kupfer	Silber	Alu- minium	Blei	Stahl
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	0,0048	123,5	0,026	397,4	32,3	11.169,1
	Nachhaltig	0,0037	85,5	0,018	259,0	22,4	7.907,8
	Global gerecht & Nachhaltig	0,0024	14,3	0,004	60,9	7,0	2.885,7
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		0,0045	112,5	0,016	371,1	42,0	3.793,1
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	0,0003	11,1	0,009	26,3	-9,7	7.376,0
	Nachhaltig	-0,0009	-27,0	0,002	-112,1	-19,7	4.114,7
	Global gerecht & Nachhaltig	-0,0022	-98,2	-0,012	-310,3	-35,1	-907,4
Overshoot-Jahr	Baseline	2032	2033	2043	2032	2026	2072
	Nachhaltig	2027	2026	2033	2025	2021	2054
	Global gerecht & Nachhaltig	2021	2013	2015	2013	2013	2026

Haushaltstyp 7		(Flach-) Glas	Platin	Zinn	Magne- sium	Erdöl f. Kunst- stoffe	Kaut- schuk
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	248,4	0,008	0,21	8,4	1.370,9	180,5
	Nachhaltig	140,9	0,005	0,21	5,7	1.332,0	139,5
	Global gerecht & Nachhaltig	93,2	0,003	0,05	1,9	452,9	81,6
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		416,4	0,004	0,32	3,1	1.465,6	18,7
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-168,0	0,003	-0,11	5,3	-94,6	161,8
	Nachhaltig	-275,4	0,001	-0,11	2,5	-133,5	120,9
	Global gerecht & Nachhaltig	-323,2	-0,002	-0,27	-1,2	-1.012,6	62,9
Overshoot-Jahr	Baseline	2023	2046	2024	2066	2030	2213
	Nachhaltig	2017	2035	2024	2048	2029	2167
	Global gerecht & Nachhaltig	2015	2023	2013	2023	2016	2102

Quelle: Eigene Berechnungen

Haushaltstyp 4 "Großfamilien im ländlichen Raum" gehören noch mehr Personen je Haushalt an (meistens 3- und Mehr-Personen-Haushalte)⁶¹, weswegen dieser Haushaltstyp über ein besonders hohes Materialkonto verfügt. Dennoch besitzen die Haushaltsmitglieder von einigen Gütern wie z.B. Autos etwas weniger. Dies bewirkt in Tab. 49 einen Aufschub des Overshoot-Jahres für einige Rohstoffe. Für Kupfer hingegen verschlechtert sich das Overshoot-Jahr im „Baseline“- und „Nachhaltigkeits“-Szenario leicht, was u.a. auf eine bessere Ausstattung mit Fernsehern, Kühl- und Gefrierschränken zurückzuführen ist.

Zu Haushaltstyp 5 "Benachteiligte" gehören unter allen sieben sozioökonomischen Haushaltstypen am wenigsten Personen je Haushalt (meistens 1 oder 2 Personen). Aufgrund dessen fällt das zur Verfügung stehende Rohstoffguthaben in Tab. 50 auch am niedrigsten aus. Somit wäre ein umgekehrte Effekt im Vergleich zur Beschreibung zu Tab. 47 zu erwarten (also eine Verschiebung der Overshoot-Jahre nach vorn, da die Haushaltsausstattung nicht in dem Maße sinkt wie die Personenanzahl). Dieser Effekt tritt auch in schwacher Form ein. Es ist hier jedoch keine deutlichere Ausprägung zu erkennen, weil dieser Haushalt über eine sehr unterdurchschnittliche Güterausstattung verfügt.

Deutlich mehr Personen je Haushalt (meistens 3- und Mehr-Personen-Haushalte) befinden sich in einem Haushalt des Typs 6 "Elitäre". Dementsprechend großzügiger fällt auch das Materialkonto in Tab. 51 aus. Die überdurchschnittlich gute Güterausstattung (insbesondere die höchste Anzahl eigener PKWs unter allen sieben Haushaltstypen) sorgt jedoch dafür, dass die Overshoot-Jahre nur für einige Rohstoffe über den Overshoot-Jahren des Haushaltstyps 5 liegen. Die Materialkonten für Blei, Platin und Magnesium sind hier beispielsweise noch früher erschöpft.

Im Haushaltstyp 7 "Performer" leben je Haushalt ähnlich viele Personen wie in Haushaltstyp 6, weswegen die Materialkonten identisch sind. Die etwas geringere Ausstattung mit Haushaltsgütern sorgt allerdings für eine Entlastung der Nachhaltigkeitslücken in Tab. 52. Die meisten Overshoot-Jahre verschieben sich somit weiter in die Zukunft.

6.2.2 Ergebnisse nach drei Haushaltsgrößenklassen

Tab. 53 bis Tab. 55 präsentieren die bereits in Kapitel 6.2.1 für die sozioökonomischen Haushaltstypen durchgeführten Berechnungen nun für die drei verschiedenen Haushaltsgrößenklassen. In der ersten Haushaltsklasse (siehe Tab. 53) leben im Durchschnitt nur ein bis zwei Personen. Dementsprechend begrenzt ist auch das zugehörige Materialkonto. Auch, wenn die Haushaltsausstattung mit den meisten Gütern etwas geringer ausfällt als bei den anderen Haushaltsgrößen, werden die Overshoot-Jahre vergleichsweise zügig erreicht. Lediglich die Materialkonten für Stahl, Platin, Magnesium und Kautschuk reichen sowohl im „Nachhaltigkeits“- als auch „Baseline“-Szenario über das Jahr 2030 hinaus. Im „Baseline“-Szenario liegt zudem auch das Overshoot-Jahr für Silber jenseits von 2030. Im Szenario „Global gerecht und Nachhaltig“ werden bis auf den nach wie vor vergleichsweise unkritischen Rohstoff Kautschuk alle Materialkonten überzogen.

⁶¹ In den vorgestellten Berechnungen wurde deswegen unterstellt, dass innerhalb dieses Haushaltstyps - genauso wie in Haushaltstyp 6 und 7 - durchschnittlich 4,5 Personen leben.

Die nächste Haushaltsklasse bilden in Tab. 54 die 3- bis 4-Personenhaushalte. Ihr Materialkonto erweist sich entsprechend der höheren Personenanzahl als größer, so dass sich trotz der im Durchschnitt etwas umfangreicheren Haushaltsausstattung die Overshoot-Jahre weiter in die Zukunft verlagern.

Tab. 53: Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr eines 1- bis 2-Personenhaushalts (negative Werte sind rot markiert)

1- bis 2-Personenhaushalt		Gold	Kupfer	Silber	Alu- minium	Blei	Stahl
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	0,0016	41,2	0,0085	132,5	10,8	3.723,0
	Nachhaltig	0,0012	28,5	0,0059	86,3	7,5	2.635,9
	Global gerecht & Nachhaltig	0,0008	4,8	0,0014	20,3	2,3	961,9
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		0,0020	45,4	0,0063	143,2	16,7	1.584,2
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-0,0004	-4,2	0,0022	-10,7	-5,9	2.138,9
	Nachhaltig	-0,0008	-16,9	-0,0004	-56,9	-9,3	1.051,8
	Global gerecht & Nachhaltig	-0,0012	-40,6	-0,0049	-122,9	-14,4	-622,2
Overshoot-Jahr	Baseline	2027	2029	2038	2029	2024	2059
	Nachhaltig	2023	2023	2030	2023	2019	2045
	Global gerecht & Nachhaltig	2018	2012	2015	2013	2013	2023

1- bis 2-Personenhaushalt		(Flach-) Glas	Platin	Zinn	Magne- sium	Erdöl f. Kunst- stoffe	Kaut- schuk
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	82,8	0,00252	0,070	2,8	457,0	60,2
	Nachhaltig	47,0	0,00175	0,071	1,9	444,0	46,5
	Global gerecht & Nachhaltig	31,1	0,00089	0,017	0,6	151,0	27,2
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		174,3	0,00174	0,141	1,8	598,4	7,9
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-91,5	0,00078	-0,071	1,0	-141,4	52,2
	Nachhaltig	-127,3	0,00001	-0,070	0,1	-154,4	38,6
	Global gerecht & Nachhaltig	-143,3	-0,00085	-0,124	-1,1	-447,4	19,3
Overshoot-Jahr	Baseline	2020	2040	2020	2043	2026	2169
	Nachhaltig	2016	2031	2021	2033	2026	2133
	Global gerecht & Nachhaltig	2014	2021	2012	2018	2015	2082

Quelle: Eigene Berechnungen

Tab. 54: Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr eines 3- bis 4-Personenhaushalts (negative Werte sind rot markiert)

3- bis 4-Personenhaushalt		Gold	Kupfer	Silber	Alu- minium	Blei	Stahl
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	0,0038	96,1	0,020	309,1	25,1	8.687,1
	Nachhaltig	0,0028	66,5	0,014	201,5	17,4	6.150,5
	Global gerecht & Nachhaltig	0,0019	11,1	0,003	47,3	5,4	2.244,4
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		0,0024	52,5	0,008	169,1	19,7	1.855,0
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	0,0013	43,6	0,012	140,0	5,5	6.832,1
	Nachhaltig	0,0004	14,0	0,006	32,3	-2,3	4.295,5
	Global gerecht & Nachhaltig	-0,0006	-41,4	-0,004	-121,8	-14,2	389,4
Overshoot-Jahr	Baseline	2042	2048	2064	2048	2037	2108
	Nachhaltig	2035	2037	2048	2035	2029	2080
	Global gerecht & Nachhaltig	2026	2014	2019	2016	2016	2035

3- bis 4-Personenhaushalt		(Flach-) Glas	Platin	Zinn	Magne- sium	Erdöl f. Kunst- stoffe	Kaut- schuk
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	193,2	0,00587	0,16	6,5	1.066,3	140,4
	Nachhaltig	109,6	0,00407	0,17	4,4	1.036,0	108,5
	Global gerecht & Nachhaltig	72,5	0,00207	0,04	1,5	352,3	63,5
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		193,8	0,00204	0,17	2,2	706,0	9,4
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-0,6	0,00384	-0,01	4,4	360,3	131,0
	Nachhaltig	-84,2	0,00204	-0,01	2,2	330,0	99,2
	Global gerecht & Nachhaltig	-121,4	0,00004	-0,13	-0,7	-353,7	54,1
Overshoot-Jahr	Baseline	2031	2071	2030	2073	2042	2325
	Nachhaltig	2022	2052	2030	2053	2041	2254
	Global gerecht & Nachhaltig	2018	2031	2015	2024	2020	2152

Quelle: Eigene Berechnungen

Tab. 55: Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr eines 5- und Mehrpersonenhaushalts (negative Werte sind rot markiert)

5- und Mehrpersonenhaushalt		Gold	Kupfer	Silber	Alu- minium	Blei	Stahl
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	0,006	164,7	0,034	529,9	43,1	14.892,2
	Nachhaltig	0,005	113,9	0,024	345,3	29,8	10.543,8
	Global gerecht & Nachhaltig	0,003	19,1	0,006	81,2	9,3	3.847,6
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		0,002	58,4	0,007	184,0	21,5	2.047,0
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	0,004	106,3	0,027	345,9	21,5	12.845,2
	Nachhaltig	0,002	55,5	0,016	161,3	8,3	8.496,8
	Global gerecht & Nachhaltig	0,001	-39,3	-0,002	-102,8	-12,3	1.800,6
Overshoot-Jahr	Baseline	2066	2069	2105	2070	2052	2163
	Nachhaltig	2053	2051	2076	2049	2039	2118
	Global gerecht & Nachhaltig	2038	2017	2026	2019	2019	2049
5- und Mehrpersonenhaushalt		(Flach-) Glas	Platin	Zinn	Magne- sium	Erdöl f. Kunst- stoffe	Kaut- schuk
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	331,2	0,010	0,282	11,2	1.827,9	240,7
	Nachhaltig	187,9	0,007	0,284	7,6	1.776,1	186,1
	Global gerecht & Nachhaltig	124,2	0,004	0,067	2,6	603,9	108,8
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		212,7	0,002	0,167	2,1	780,0	10,8
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	118,5	0,008	0,115	9,1	1.047,9	229,9
	Nachhaltig	-24,8	0,005	0,117	5,5	996,0	175,2
	Global gerecht & Nachhaltig	-88,5	0,001	-0,100	0,5	-176,1	98,0
Overshoot-Jahr	Baseline	2043	2103	2045	2121	2059	2477
	Nachhaltig	2029	2075	2046	2085	2058	2371
	Global gerecht & Nachhaltig	2022	2043	2018	2036	2026	2221

Quelle: Eigene Berechnungen

Die 5- und Mehrpersonenhaushalte verfügen aufgrund ihrer großen Mitgliederzahl über das höchste Materialkonto (vgl. Tab. 55). Trotz der deutlich höheren Personenanzahl sind diese Haushalte im Durchschnitt nur mit vergleichsweise wenigen Gütern mehr ausgestattet als der 3-4-Personenhaushalt. Somit liegen hier die Overshoot-Jahre noch weiter in der Zukunft. Im „Baseline“-Szenario wird nun kein Materialkonto mehr überzogen; im „Nachhaltigkeits“-Szenario lediglich dasjenige für (Flach-)Glas. Im Szenario „Global gerecht & Nachhaltig“ liegen allerdings wieder einige Overshoot-Jahre bereits deutlich unterhalb von 2030. Nicht überzogen werden lediglich die Materialkonten für Gold, Stahl, Platin, Magnesium und Kautschuk.

6.2.3 Der Einfluss von Nutzungsdauern bzw. Neuanschaffungsraten für ausgewählte Gebrauchsgüter

Einfluss auf die Overshoot-Jahre besitzen nicht nur die Haushaltsausstattungen an sich, sondern auch die Nutzungsdauern der Güter. Tab. 56 bis Tab. 58 zeigen die Ergebnisse, welche bereits in Kapitel 6.2.2 für die drei Haushaltsgrößenklassen vorgestellt wurden, mit jeweils halbiertes Nutzungsdauer der einzelnen Güter. Der 1- bis 2-Personenhaushalt konnte bereits im vorangegangenen Kapitel keine außergewöhnlich ausgeglichenen Materialkonten aufweisen. Bei halbiertes Nutzungsdauer (wie in Tab. 56 dargestellt) verschlechtern sich die Ergebnisse jedoch noch einmal deutlich, da nun für den gleichen Zeitraum durchschnittlich der doppelte Rohstoffeinsatz vorgenommen werden muss. Bis auf den Rohstoff Kautschuk werden in den Szenarien „Nachhaltig“ und „Global gerecht & Nachhaltig“ alle Materialkonten überzogen, und auch im Baseline-Szenario gelingt es lediglich noch bei Stahl das Overshoot-Jahr hinter 2030 anzusiedeln. Zudem haben sich alle Overshoot-Jahre z.T. deutlich nach vorne verlagert.

Ein durchschnittlicher 3- bis 4-Personenhaushalt konnte bei der zuvor vorgestellten einfachen Nutzungsdauer schon eine vergleichsweise gute Bilanz mit noch relativ wenig überzogenen Materialkonten aufweisen. Durch die halbiertes Nutzungsdauer verschlechtert sich auch hier das Bild deutlich (vgl. Tab. 57). Im „Global gerecht & Nachhaltigkeits“-Szenario wird bis auf Kautschuk jedes Materialkonto überzogen; und auch im „Nachhaltigkeits“-Szenario reichen nur noch die Materialkonten für Stahl, Platin, Magnesium und natürlich Kautschuk über das Jahr 2030 hinaus. Die ursprünglichen Ergebnisse im „Baseline“-Szenario sahen vor, dass die Materialkonten für alle Rohstoffe bis auf (Flach-)Glas und Zinn bis mindestens zum Jahr 2030 ausreichen. Bei halbiertes Nutzungsdauer kommen noch die Konten für Gold, Kupfer, Aluminium, Blei und Erdöl zu den überzogenen Materialkonten hinzu.

Ein ähnliches Bild zeigt sich beim 5- und Mehrpersonenhaushalt in Tab. 58. Auch hier hat sich die Reichweite aller Materialkonten deutlich verschlechtert, was eine Vorverlagerung der Overshoot-Jahre bewirkt. Im Szenario „Global gerecht & Nachhaltig“ reicht nun – bis auf das Konto für Kautschuk – kein Materialkonto mehr über das Jahr 2030 hinaus. Die Anzahl der überzogenen Materialkonten hat sich auch in den übrigen beiden Szenarien erhöht. Generell haben sich auch hier alle Overshoot-Jahre teils erheblich nach vorne verlagert.

Tab. 56: Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr eines 1- bis 2-Personenhaushalts bei halbiertem Nutzungsdauer (negative Werte sind rot markiert)

1- bis 2-Personenhaushalt halbierte Nutzungsdauer		Gold	Kupfer	Silber	Alu- minium	Blei	Stahl
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	0,002	41,2	0,0085	132,5	10,8	3.723,0
	Nachhaltig	0,001	28,5	0,0059	86,3	7,5	2.635,9
	Global gerecht & Nachhaltig	0,001	4,8	0,0014	20,3	2,3	961,9
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		0,004	90,8	0,0126	286,4	33,4	3.168,3
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-0,002	-49,6	-0,0041	-154,0	-22,7	554,7
	Nachhaltig	-0,003	-62,3	-0,0067	-200,1	-26,0	-532,4
	Global gerecht & Nachhaltig	-0,003	-86,0	-0,0112	-266,1	-31,1	-2.206,4
Overshoot-Jahr	Baseline	2018	2020	2024	2020	2017	2035
	Nachhaltig	2016	2017	2020	2016	2015	2027
	Global gerecht & Nachhaltig	2014	2011	2012	2011	2011	2016

1- bis 2-Personenhaushalt halbierte Nutzungsdauer		(Flach-) Glas	Platin	Zinn	Magne- sium	Erdöl f. Kunst- stoffe	Kaut- schuk
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	82,8	0,00252	0,070	2,8	457,0	60,2
	Nachhaltig	47,0	0,00175	0,071	1,9	444,0	46,5
	Global gerecht & Nachhaltig	31,1	0,00089	0,017	0,6	151,0	27,2
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		348,6	0,00348	0,282	3,5	1.196,8	15,9
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-265,8	-0,00096	-0,212	-0,7	-739,8	44,3
	Nachhaltig	-301,6	-0,00173	-0,211	-1,6	-752,8	30,6
	Global gerecht & Nachhaltig	-317,6	-0,00259	-0,265	-2,9	-1.045,8	11,3
Overshoot-Jahr	Baseline	2015	2025	2015	2027	2018	2090
	Nachhaltig	2013	2021	2015	2021	2018	2072
	Global gerecht & Nachhaltig	2012	2015	2011	2014	2013	2046

Quelle: Eigene Berechnungen

Tab. 57: Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr eines 3- bis 4-Personenhaushalts bei halbiertem Nutzungsdauer (negative Werte sind rot markiert)

3- bis 4-Personenhaushalt halbierte Nutzungsdauer		Gold	Kupfer	Silber	Alu- minium	Blei	Stahl
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	0,004	96,1	0,020	309,1	25,1	8.687,1
	Nachhaltig	0,003	66,5	0,014	201,5	17,4	6.150,5
	Global gerecht & Nachhaltig	0,002	11,1	0,003	47,3	5,4	2.244,4
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		0,005	105,0	0,015	338,2	39,3	3.710,1
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-0,001	-8,9	0,004	-29,1	-14,2	4.977,0
	Nachhaltig	-0,002	-38,5	-0,002	-136,8	-21,9	2.440,5
	Global gerecht & Nachhaltig	-0,003	-93,9	-0,012	-290,9	-33,9	-1.465,6
Overshoot-Jahr	Baseline	2026	2029	2037	2029	2023	2059
	Nachhaltig	2022	2023	2029	2023	2019	2045
	Global gerecht & Nachhaltig	2018	2012	2014	2013	2013	2023

3- bis 4-Personenhaushalt halbierte Nutzungsdauer		(Flach-) Glas	Platin	Zinn	Magne- sium	Erdöl f. Kunst- stoffe	Kaut- schuk
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	193,2	0,005871	0,16	6,5	1.066,3	140,4
	Nachhaltig	109,6	0,004073	0,17	4,4	1.036,0	108,5
	Global gerecht & Nachhaltig	72,5	0,002072	0,04	1,5	352,3	63,5
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		387,6	0,004072	0,34	4,3	1.412,0	18,7
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-194,4	0,001799	-0,18	2,2	-345,7	121,7
	Nachhaltig	-278,0	0,000002	-0,18	0,1	-376,0	89,8
	Global gerecht & Nachhaltig	-315,2	-0,002000	-0,30	-2,8	-1.059,7	44,8
Overshoot-Jahr	Baseline	2020	2040	2020	2042	2026	2168
	Nachhaltig	2016	2031	2020	2031	2025	2132
	Global gerecht & Nachhaltig	2014	2021	2012	2017	2015	2081

Quelle: Eigene Berechnungen

Tab. 58: Rohstoffguthaben, -verbrauch und Overshoot-Jahr eines 5- und Mehr-Personenhaushalts bei halbierter Nutzungsdauer (negative Werte sind rot markiert)

5- und Mehrpersonenhaushalt halbierte Nutzungsdauer		Gold	Kupfer	Silber	Alu- minium	Blei	Stahl
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	0,0064	164,7	0,034	529,9	43,084	14.892,2
	Nachhaltig	0,0049	113,9	0,024	345,3	29,829	10.543,8
	Global gerecht & Nachhaltig	0,0032	19,1	0,006	81,2	9,269	3.847,6
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		0,0048	116,8	0,015	368,0	43,087	4.094,1
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	0,0016	47,9	0,019	161,9	-0,003	10.798,1
	Nachhaltig	0,0001	-2,9	0,009	-22,6	-13,258	6.449,7
	Global gerecht & Nachhaltig	-0,0016	-97,8	-0,009	-286,8	-33,818	-246,4
Overshoot-Jahr	Baseline	2038	2040	2058	2040	2031	2086
	Nachhaltig	2031	2030	2043	2030	2025	2064
	Global gerecht & Nachhaltig	2024	2013	2018	2015	2015	2030

5- und Mehrpersonenhaushalt halbierte Nutzungsdauer		(Flach-) Glas	Platin	Zinn	Magne- sium	Erdöl f. Kunst- stoffe	Kaut- schuk
Global gerechtes Gesamtguthaben an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030	Baseline	331,2	0,0101	0,282	11,2	1.827,9	240,7
	Nachhaltig	187,9	0,0070	0,284	7,6	1.776,1	186,1
	Global gerecht & Nachhaltig	124,2	0,0036	0,067	2,6	603,9	108,8
Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg pro Haushalt von 2010 bis 2030		425,4	0,0045	0,334	4,2	1.560,0	21,6
Kontostand des Haushaltes im Jahr 2030: Gesamtguthaben - Gesamtverbrauch an Rohstoffen in kg	Baseline	-94,2	0,0055	-0,052	7,0	267,9	219,0
	Nachhaltig	-237,5	0,0025	-0,050	3,4	216,0	164,4
	Global gerecht & Nachhaltig	-301,2	-0,0010	-0,267	-1,7	-956,1	87,2
Overshoot-Jahr	Baseline	2026	2057	2028	2066	2035	2244
	Nachhaltig	2019	2042	2028	2048	2034	2191
	Global gerecht & Nachhaltig	2016	2026	2014	2023	2018	2116

Quelle: Eigene Berechnungen

6.3 Möglichkeiten zur Einbindung von Erkenntnissen aus vorliegenden Szenarienrechnungen

Im Rahmen dieses Forschungsvorhaben wurde ein prototypisches Webtool entwickelt, welches als didaktisches Kommunikationsmittel genutzt werden kann, um den Themenkomplex der privaten Rohstoffinanspruchnahme exemplarisch zu veranschaulichen. Die Toolentwicklung konzentrierte sich dabei auf eine leicht verständliche und didaktisch sinnvolle Gestaltung, welche informatorisch in das Themenfeld einführt. Sofern zukünftige Weiterentwicklungen zusätzliche Nutzerkreise ansprechen sollen (bspw. Nutzerinnen und Nutzer aus dem Bereich der angewandten Umweltforschung und Politikberatung), ist der Informationsumfang des Webtools sicherlich umfassend zu erweitern. So repräsentieren bspw. weder die globale Rohstoffinanspruchnahme (sowohl insgesamt als auch für einzelne Einsatzbereiche) noch die Rohstoffinventare der Haushaltsausstattung von privaten Haushalten in Deutschland zeitkonstante Größen. An dieser Stelle soll daher der Frage nachgegangen werden, ob und unter welchen Restriktionen künftige Weiterentwicklungen der Internetapplikation entsprechende Erkenntnisse aus globalen und nationalen Zukunftsszenarien berücksichtigen könnten.

6.3.1 Methodische Anmerkungen zum Forschungsstand und Ausblick auf aktuelle Forschungsaktivitäten

Die gewählte Vorgehensweise zur Ermittlung zukünftiger Verfügbarkeiten verdeutlichte bereits die Herausforderungen bei der Herleitung mittel- bis langfristiger Projektionen des globalen Rohstoffangebots sowie der globalen Rohstoffnachfrage (Kapitel 2.2). Während es im Projektkontext gerechtfertigt ist, für die prototypische Erstellung eines Web-Tools auf (wesentlich zeitaufwändigere) Parametrisierungen von komplexen Umfeldszenarien zu verzichten, sollen in diesem Abschnitt Ansatzpunkte für diesbezügliche Weiterentwicklungen aufgezeigt werden. Aus methodischer Perspektive erscheinen hierbei insbesondere die in Kapitel 2.3 beschriebenen EE-IOA Ansätze erfolgversprechend. Als aktuelle Referenz sei hierzu auf Giljum et al. (2013) verwiesen, welche einen Überblick konsumbasierter Ansätze zur Berechnung globaler Ressourceninanspruchnahmen (i. S. von Material-, Wasser-, Land- und Carbon-Footprintberechnungen) bieten. Die Abbildung globaler Wirkungszusammenhänge basiert dabei auf Multi Regionalen Input Output (MRIO) Statistiken (siehe hierzu bspw. Wiedmann et al., 2011).

Vor dem Hintergrund der eigenen Erfahrungen mit modellbasierten MRIO-Berechnungen konzentrieren sich die folgenden Anmerkungen auf dieses Forschungsfeld. Tab. 59, entnommen aus Giljum et al. (2013), präsentiert hierzu einen Überblick international renommierter MRIO-Datensätze. Weiterführende Anmerkungen zu dieser Übersicht sowie zugehörige Literaturverweise können der Originalquelle entnommen werden, weshalb an dieser Stelle auf eine umfassende Erörterung sämtlicher Tabelleneinträge verzichtet wird. Da die Bearbeiter des AP3 auf umfassende Expertise bezüglich der Erstellung und Pflege des GRAM-Datensatzes als auch hinsichtlich komplexer Modellrechnungen auf Basis des World-Input-Output Datensatzes (WIOD) zurückgreifen können, sollen an dieser Stelle zunächst nur diese beiden Ansätze exemplarisch aufgegriffen werden.

Tab. 59: Überblick international akzeptierter MRIO Statistiken

Name of dataset	Acceptance of data source	Level of standardisation and quality insurance	Level of geographical detail	Level of disaggregation	Availability of time series	Periodicity of data updates
EORA	Only unmanipulated data from official statistical sources	Data base only recently presented	187 countries	Disaggregation of sectors differs between countries	1990-2010	
Eurostat Supply, Use and Input-Output Tables (SUIOTs)	Official statistical data	Full standardisation across EU countries	27 single EU Member States, Norway, candidate countries, and aggregates for EU27 and the Euro area	60 industries/products	Various years (depending on EU country)	supply and use tables annual, IO every five years
EXIOBASE/CREEA	No official statistic; renown in research community	Documentation of data and their generation process available	43 countries and 5 regions of the rest of the world	169 sectors	2000 (2007)	
GTAP IO-Tables	No official statistic	Not sufficiently transparent.	Up to 129 countries and regions	57 sectors	1997, 2001, 2004, 2007	3 years with a time lag of 5 years
WIOD - World Input-Output Database	No official statistic; renown in research community		27 EU countries and 13 other major countries in the world, as well as rest of the world	59 products and 35 industries with special focus on economy-environment relationships	1995-2010	No announcements for updating after May 2012
GRAM (OECD data)	Official OECD IOT and bilateral trade data	high level of transparency and reliability of the data and its generation process	29 OECD countries, plus 11 non-OECD countries	48 sectors	years 1995, 2000 and 2005	

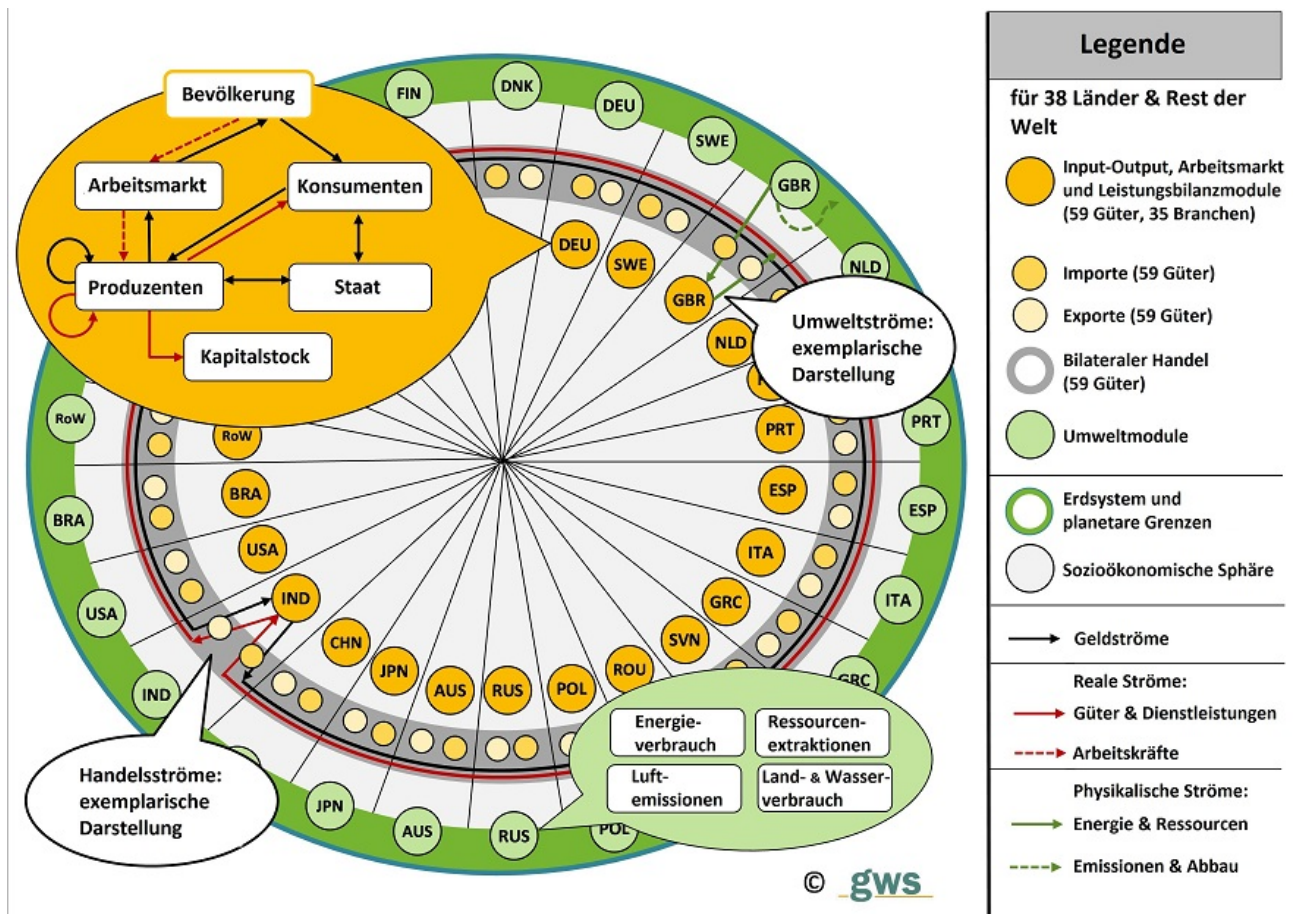
Quelle: Giljum et al. (2013)

Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Vorgehensweisen ist dadurch gegeben, dass der GRAM-Ansatz keine ex ante Projektionen liefert sondern zur detaillierten Analyse historischer Entwicklungen dient (siehe hierzu bspw. Wiebe et al., 2012).⁶² Im Gegensatz hierzu, können ex ante WIOD-Projektionen mit Hilfe des GINFORS-Modells generiert werden. (vgl. hierzu bspw. Meyer et al. 2013).

GINFORS ist eine eigenständige Modellentwicklung der GWS, welche zur Analyse des Materialverbrauchs in ausgewählten europäischen Ländern erstmals im MOSUS Projekt eingesetzt wurde. Auf der europäischen Ebene folgten weitere GINFORS Anwendungen im ressourcenpolitischen Kontext in den Projekten petrE und MACMOD. Als ökonomisches Simulationsmodell basiert es auf einem vollintegrierten Modellkern, welcher sämtliche Aspekte der Einkommensentstehung, Einkommensverteilung, Einkommensumverteilung und Einkommensverwendung für 38 explizit modellierte Volkswirtschaften umfasst. Jedes Ländermodell weist dabei ähnlich reiche Modellierungsdetails auf (vgl. hierzu bspw. Tab. 60) wie das Deutschlandmodell PANTA RHEI, das im Rahmen des MARESS Projektes eingesetzt wurde. Die Ländermodelle sind dabei jeweils miteinander (sowie mit der verbleibenden Region Rest of World) über bilaterale Außenhandelsströme verbunden (vgl. hierzu auch Abb. 38). Die Parametrisierung des Modells erfolgt durch Anwendung ökonometrisch-statistischer Verfahren.

⁶² Eine weitergehende Beschreibung samt Literaturverweisen findet sich unter <http://www.gws-os.com/de/content/view/627/302/>.

Abb. 38: Schematische Darstellung zentraler Wirkungszusammenhänge des GINFORS-Modells



Quelle: Eigene Darstellung

Die aktuellste Modellversion GINFORS₃, welche derzeit beispielsweise auch in den UBA-Projekten PolRes⁶³ und SimRes⁶⁴, sowie im FP7-Projekt POLFREE⁶⁵ auf dem Themenfeld der Ressourcenschonung angewandt wird, basiert auf dem WIOD-Datensatz. Unter Vorgabe exogener Größen für die jeweiligen nationalen Politikinstrumente (Steuer- und Subventionsätze, aber auch energiepolitische Entscheidungen bspw. im Hinblick auf Kernenergie) und Bevölkerungsentwicklungen projiziert GINFORS₃ die oben abgebildeten endogenen Wirkungszusammenhänge bis zum Jahr 2050. Entsprechende Arbeiten zur GINFORS₃-Parametrisierung von Umfeldszenarien werden derzeit in allen oben genannten Forschungsprojekten durchgeführt. Im hier betrachteten Tool-Kontext scheinen dabei die SimRes-Aktivitäten von besonderem Interesse.

⁶³ FKZ: 3711 93 103, <http://www.ressourcenpolitik.de/>.

⁶⁴ FKZ: 3712 93 102., <http://simress.de/>.

⁶⁵ Grant Agreement No 308371, <http://www.polfree.eu/>.

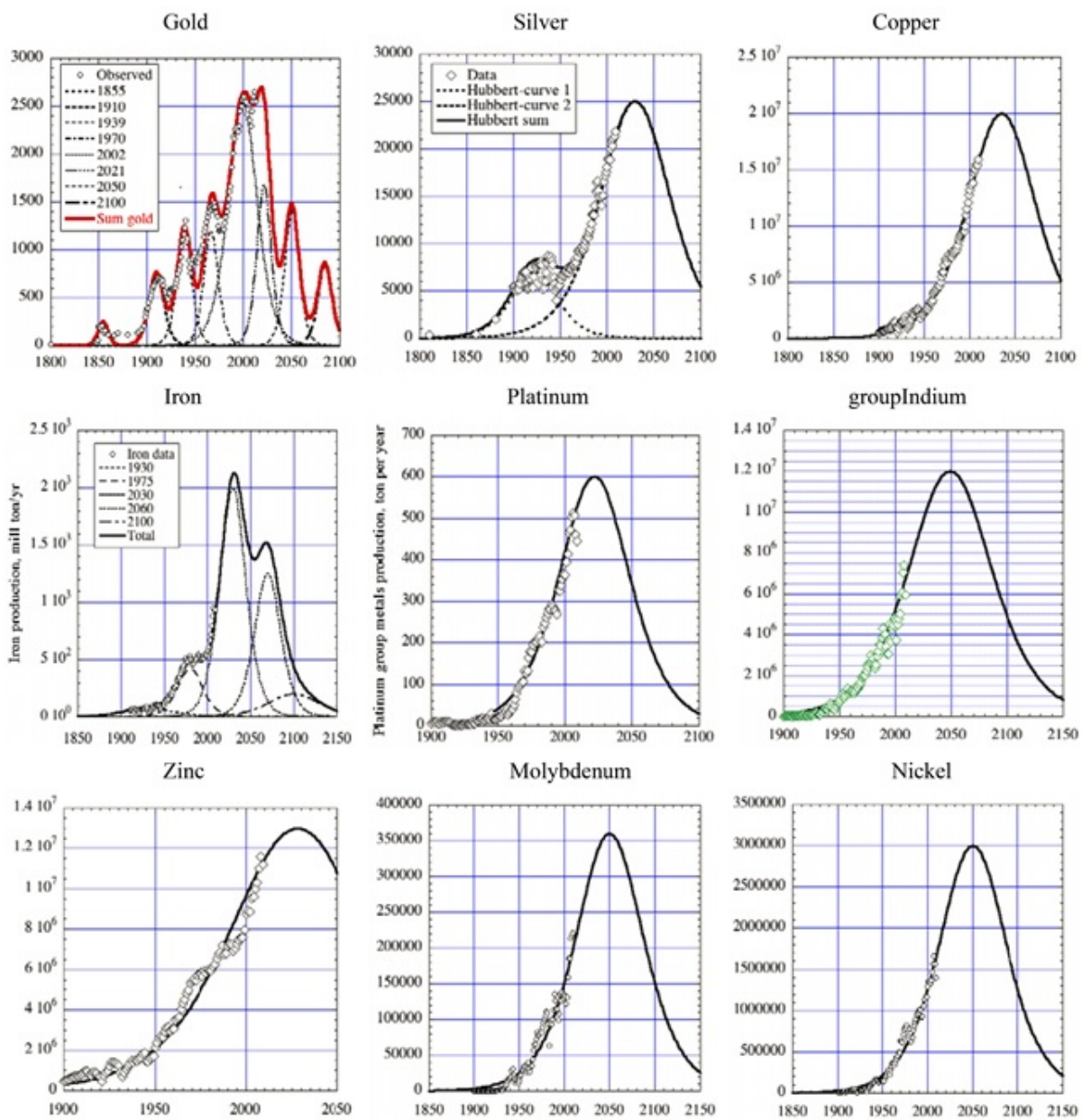
Tab. 60: Übersicht der Gütergruppen des Modells GINFORS₃

59 Gütergruppen (ISIC Rev. 3)		
1	1	Erzeugnisse der Landwirtschaft und Jagd
2	2	Forstwirtschaftliche Erzeugnisse und Dienstleistungen
3	5	Fische und Fischereierzeugnisse
4	10	Kohle und Torf
5	11	Erdöl, Erdgas; Dienstleistungen für Erdöl-, Erdgasgewinnung
6	12	Uran- und Thoriumerze
7	13	Erze
8	14	Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse
9	15	Nahrungs- und Futtermittel, Getränke
10	16	Tabakerzeugnisse
11	17	Textilien
12	18	Bekleidung
13	19	Leder und Lederwaren
14	20	Holz; Holz-, Kork-, Flechtwaren (ohne Möbel)
15	21	Papier, Pappe und Waren daraus
16	22	Verlags- und Druckerzeugnisse, bespielte Ton-, Bild- und Datenträger
17	23	Kokereierzeugnisse, Mineralerzeugnisse, Spalt und Brutsstoffe
18	24	Chemische Erzeugnisse
19	25	Gummi- und Kunststoffwaren
20	26	Glas, Keramik, bearbeitete Steine und Erden
21	27	Metalle und Halbzeug daraus
22	28	Metallerzeugnisse
23	29	Maschinen
24	30	Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräte und -einrichtungen
25	31	Geräte der Elektrizitätserzeugung, -verteilung u.ä.
26	32	Nachrichtentechnik, Rundfunk- und Fernsehgeräte, elektronische Bauelemente
27	33	Medizin-, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Optik, Herstellung von Uhren
28	34	Kraftwagen und Kraftwagenteile
29	35	Sonstige Fahrzeuge (Wasser-, Schienen-, Luftfahrzeuge u.a.)
30	36	Möbel, Schmuck, Musikinstrumente, Sportgeräte, Spielwaren u.ä.
31	37	Sekundärrohstoffe
32	40	Energie (Strom, Gas) und Dienstleistungen der Energieversorgung
33	41	Wasser und Dienstleistungen der Wasserversorgung
34	45	Bauarbeiten
35	50	Handelsleistungen mit Kraftfahrzeugen; Reparaturen, an Kraftfahrzeugen; Tankleistungen
36	51	Handelsvermittlungs- und Großhandelsleistungen
37	52	Einzelhandelsleistungen; Reparatur an Gebrauchsgütern
38	55	Beherbergungs- und Gastätigkeitsleistungen
39	60	Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen
40	61	Schiffahrtsleistungen
41	62	Luftfahrtsleistungen
42	63	Dienstleistungen bezüglich Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Verkehr
43	64	Nachrichtenübermittlungsleistungen
44	65	Dienstleistungen der Kreditinstitute
45	66	Dienstleistungen der Versicherungen (ohne Sozialversicherung)
46	67	Dienstleistungen des Kredit- und Versicherungshilfsgewerbes
47	70	Dienstleistungen des Grundstücks- und Wohnungswesens
48	71	Dienstleistungen der Vermietung beweglicher Sachen (ohne Personal)
49	72	Dienstleistungen der Datenverarbeitung und von Datenbanken
50	73	Forschungs- und Entwicklungsleistungen
51	74	Unternehmensbezogene Dienstleistungen
52	75	Dienstleistungen der öffentlichen Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung
53	80	Erziehungs- und Unterrichtsdienstleistungen
54	85	Dienstleistungen des Gesundheits-, Veterinär und Sozialwesens
55	90	Abwasser-, Abfallbeseitigungs- und sonstige Entsorgungsleistungen
56	91	Dienstleistungen von Interessenvertretungen, Kirchen u.ä.
57	92	Kultur-, Sport- und Unterhaltungsleistungen
58	93	Sonstige Dienstleistungen
59	95	Dienstleistungen privater Haushalte

Quelle: Eigene Darstellung

Endogene Projektionen von Rohstoffverfügbarkeiten sind mittels GINFORS₃ bislang jedoch nicht möglich. Stattdessen sind zukünftige Rohstoffpreisentwicklungen (und damit implizit auch zukünftige Rohstoffverfügbarkeiten) bei jedem Modelllauf exogen vorzugeben. Im Rahmen des SimRes-Projekts wird allerdings angestrebt, GINFORS₃-Projektionen unter Vorgabe explizit modellierter Angebotsentwicklungen (siehe Abb. 24 für eine beispielhafte Illustration) zu simulieren. Mit Abschluss des SimRes-Projekts (September 2016) wären damit globale Szenarienrechnungen der makroökonomischen Ressourceninanspruchnahme verfügbar, welche auf dem Zusammenspiel einer ausführlichen Modellierung der globalen Angebotsdynamik wie auch einer ausführlichen Modellierung der globalen Nachfrageentwicklungen beruhen.

Abb. 39: Beispielhafte Projektionen der globalen Angebotsentwicklung ausgewählter Ressourcen



Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus

Quelle: Sverdrup et al. (2013)

7 Arbeitspaket 4: Internetapplikation

Im AP4 wird eine Internetanwendung entwickelt, welche in erster Linie dazu dienen soll, über das Vorhaben, die Hintergründe und die Ergebnisse des Projekts adressatengerecht zu informieren. Gleichzeitig soll den Nutzerinnen und Nutzern aber auch ermöglicht werden, durch individuelle Konfiguration ihrer Haushaltsausstattungen die Einhaltung von Nachhaltigkeitschranken zu erproben.

Arbeitspaket 4 dient somit in erster Linie der Öffentlichkeitsarbeit des UBA. Dabei sollen die Nutzerinnen und Nutzer einerseits für die in AP1 ermittelten Rohstoffverfügbarkeiten sensibilisiert werden. Andererseits sollen sie aber auch auf Basis der Erkenntnisse von AP2 in die Lage versetzt werden, ihre in ausgewählten Konsumgüterpositionen verkörperten Rohstoffinanspruchnahmen einer an den Prinzipien der Nachhaltigkeit und globalen Gerechtigkeit orientierten Verhaltensweise entgegen zu stellen.

7.1 Erarbeiten eines Lösungsansatzes

7.1.1 Grundidee

Die ursprünglichen Vorarbeiten des AP 2 zielten darauf ab, über die jeweiligen Inanspruchnahmen der 15 fokussierten Rohstoffe durch ca. 25 exemplarisch ausgewählte Haushaltsgüter zu berichten (vgl. hierzu die Diskussion der Systemgrenzen in Abschnitt 5.1.4). Es zeigte sich im weiteren Projektverlauf, dass eine deutlich geringere Güteranzahl (sowie Strom und Kraftstoffe) auch für weiterführende Analysen auf Basis der EVS zur Verfügung stehen. Der Berichtsumfang der Internetanwendung ist damit auf jeden Fall begrenzt: Nur ausgewählte exemplarische Betrachtungen einzelner Haushaltsgüter können angeboten werden. Zudem beruht die prototypische Herleitung und Veranschaulichung erster Budgetansätze der Rohstoffinanspruchnahme privater Haushalte mitunter auf pragmatisch abgegrenzten Berechnungsgrundlagen, welche in zukünftigen Anwendungen sicherlich weiter zu entwickeln wären (vgl. hierzu bspw. auch die Diskussion in Abschnitt 4.1.6).

Aus beiden soeben angesprochenen Punkten folgt, dass die Zielsetzung des AP4 nicht in der Entwicklung eines rigiden Bilanzierungstools zum umfassenden Nachweis der Rohstoffinanspruchnahme privater Haushalte gesehen werden kann. Die Konzeption sollte daher auch nicht den Eindruck erwecken, dass mit der hier zu erschaffenden Applikation vollständige persönliche Bilanzen der individuellen Rohstoffinanspruchnahme ausgewiesen werden. Ihre Grundidee sollte daher auch nicht in direkter Analogie zu existierenden Rechensystemen (wie bspw. dem CO₂-Rechner des UBA) hergeleitet werden, sondern als eigenständiges Info-Tool verstanden werden, welches "klein aber fein" auf eine grundsätzliche Sensibilisierung der Nutzerinnen und Nutzer für den Themenkomplex der privaten Rohstoffinanspruchnahme abzielt. Der Gesamtansatz ist somit als didaktisches Kommunikationsmittel zu konzipieren.

Tab. 61: Überblick online abrufbarer Referenz-Tools

Thema / Indikator	Name	Website (Link)
Ökologischer Rucksack / Material Footprint	Calculate your Material Footprint	http://www.sustainable-lifestyles.eu/conference/conference-snapshots.html
Ökologischer Fußabdruck	Fußabdrucktest	http://www.fussabdruck.de
Ökologischer Fußabdruck	Passt dein Fuß auf diese Erde?	http://www.footprint-deutschland.de/inhalt/berechne-deinen-fussabdruck
Ökologischer Fußabdruck	Österreichischer Fußabdruckrechner	www.mein-fussabdruck.at
Carbon Footprint	Get Neutral	http://www.get-neutral.com/
Sklavenarbeit	How many slaves work for you	www.slaveryfootprint.org
Energieverbrauch	Energy Saving Game	http://www.energisparspelet.se/Default.aspx?cid=fi&gtid=5
Ökologischer Fußabdruck		http://www.epa.vic.gov.au/ecologicalfootprint/calculators/
Water Footprint	Your Water Footprint	http://www.waterfootprint.org/?page=cal/WaterFootprintCalculator
Ökologischer Fußabdruck	WWF Footprint Calculator	http://footprint.wwf.org.uk/
Land Use	Global Ecological Footprint Calculator	http://www.ecologicalfootprint.org/Global%20Footprint%20Calculator/GFPCalc.html
Carbon footprint / CO2 pledges	Bend the Trend	http://discomap.eea.europa.eu/trial/bendthetrend/
Carbon footprint	CCF Carbon Calculator	http://www.cffcarboncalculator.org.uk/
Ressourceneffizienz	Generation Awake	http://www.generationawake.eu/de/

Quelle: Eigene Darstellung

7.1.2 Schlüsselfragen bei der Toolgestaltung

Die konzeptionellen Arbeiten wurden anhand zentraler Schlüsselfragen weiterentwickelt, welche seitens der Auftragnehmer bei der Sichtung ausgewählter Referenzen identifiziert wurden. Eine Übersicht der hierzu neben dem CO₂-Rechner des UBA begutachteten online zugänglichen Web-Applikationen bietet (vgl. Tab. 61). Ausgewählte Schlüsselfragen werden nachfolgend vor dem Hintergrund der Diskussionen des dritten Projektarbeitsgruppentreffens im November 2013 strukturiert aufgelistet.

Welche Zielgruppe soll angesprochen werden?

Laut Leistungsbeschreibung sollen breite Bevölkerungsschichten angesprochen werden. Eine Vorselektion ist zwar dadurch gegeben, dass Web-Applikationen in erster Linie von internetaffinen Usern genutzt werden. Davon abgesehen sollte jedoch darauf geachtet werden, dass das zu erstellende Tool keine weiteren Zugangsbarrieren aufweist. Da der Themenkomplex der privaten Rohstoffanspruchnahme bereits Jugendlichen vermittelbar erscheint, kann als umfassende Altersstruktur der anzusprechenden Zielgruppe von Nutzerinnen und Nutzern mit einem Mindestalter von 14 Jahren ausgegangen werden. Um diese Zielgruppe zu erreichen muss die Applikation ohne wissenschaftliche Fachexpertise oder weitere Vorkenntnisse nutzbar sein.

Wozu dient das Tool?

Als Grundidee wurde die Sensibilisierung der Nutzerinnen und Nutzer für den Themenkomplex der privaten Rohstoffanspruchnahme genannt. Hierzu ist in einem eigenständigen Informationsbereich des Tools das Forschungsvorhaben sowie die hieraus hervorgegangenen, der interaktiven Anwendung zugrundeliegende methodische Konzeption vorzustellen. Daneben sollten die Nutzerinnen und Nutzern in die Lage versetzt werden, den Umfang des Einsatzes der betrachteten 15 Rohstoffe in den analysierten Gütern interaktiv zu erkunden sowie weiterführenden Informationen zu den jeweiligen Rohstoffen nachzugehen.

Neben der reinen Informationsvermittlung sollte aber auch eine Aktivierung der Anwender angestrebt werden. Die Anwenderinnen und Anwender sollen Informationen darüber erlangen, in welchen der ausgewählten Produkte die betrachteten Rohstoffe in welchem Umfang vorkommen. Zudem sollte es ihnen ermöglicht werden, eigenständig die Sensitivität der Rohstoffanspruchnahme bezüglich Variationen derzeitiger Konsum-, bzw. Nutzungsmuster zu erkunden.

Was sind die zentralen Botschaften des Tools? / Was soll gelernt werden?

Die erste zentrale Botschaft der Web-Applikation kann als "Erkenne die Rohstoffvielfalt gängiger Haushaltsgüter" umschrieben werden. Den Anwenderinnen und Anwendern sollen aber nicht nur aktuelle Ressourcenverbräuche exemplarisch verdeutlicht, sondern auch in dem interaktiven Teil der Web-Applikation eine Einordnung ihrer eigenen Konsummuster und der damit verbundenen Verbräuche in Hinblick auf langfristig anzustrebende Zielwerte ermöglicht werden. Wenn man hierzu die jeweils ausgewiesenen Ressourcenanspruchnahmen den korrespondierenden Zielwerten des AP1 (Verfügungskorridor des BAU-Szenarios) gegenüber stellt, kann eine zweite zentrale Botschaft transportiert werden: "Erkenne die Problematik heutiger Ressourcenverbräuche unter dem Gesichtspunkt der Ressourcengerechtigkeit". Die alternative Bezugnahme auf die Zielwerte des in AP1 ermittelten Verfügungskorridors des Nachhaltigkeitsszenarios ermöglicht eine Betrachtung des Themas „Nachhaltigkeit“. Die eigenständige „spielerische“ Erforschung der Sensitivität der Rohstoffanspruchnahme bezüglich Variationen derzeitiger Konsum-, bzw. Nutzungsmuster steht dann unter dem Motto "Erkenne Deine Handlungsoptionen".

Welcher zeitliche Aufwand wird den Nutzerinnen und Nutzern abverlangt?

Abb. 40: Beispielhafte Datenerfassung im CO₂-Rechner.

Personen im Haushalt: **1 Person(en)**

Art der Erfassung: **Einzelperson** Einstellungen ändern

Bezugsjahr: **2013**

Starten Sie eine neue Bilanz in der Kategorie Heizung.

	Einzelperson	Dt. Durchschnitt
Heizung	0,00 t	1,87 t
Strom	0,00 t	0,75 t
Privatfahrzeug	0,00 t	1,37 t
Öffentlicher Verkehr	0,00 t	0,13 t
Flugverkehr	0,00 t	0,85 t
Ernährung	0,00 t	1,43 t
Konsum	0,00 t	3,15 t
Öffentliche Emissionen	1,08 t	1,08 t
Ergebnis	1,08 t	10,63 t
Differenz	-9,55 t	
Verträgliche Quote	2,50 t	

Verbessern Sie Ihr Ergebnis im Anschluss an die Erfassung.

Alle Eingaben löschen

Quelle: UBA CO₂-Rechner (uba.klimaktiv-co2rechner.de).

Übliche Rechentools erfordern einen hohen zeitlichen Aufwand seitens der Nutzerinnen und Nutzer zur umfassenden Bilanzierung persönlicher Nutzerprofile. Für das vollständige Ausfüllen sämtlicher Abfragekategorien des CO₂-Rechners des UBA (siehe Abb. 40) für eine aggregierte Übersicht der Abfragekategorien) werden bspw. um die 25 Minuten benötigt.

Im Vergleich hierzu kann für das im Rahmen dieses Forschungsvorhabens zu entwickelnde "kleine aber feine" Informationstool nur ein deutlich geringerer zeitlicher Aufwand von den Nutzerinnen und Nutzern verlangt werden. Hierzu scheint sich wiederum eine modulare Struktur anzubieten, bei der den Anwendern zwei verschiedene Anwendungsebenen des Info-Tools zur Verfügung stehen: Ein exemplarisch einführendes Berichtsportale sowie eine weiterführende interaktive Erkundungsebene.

Wie sollen die zentralen Botschaften vermittelt werden?

An dieser Stelle sind zwei Optionen zur Festlegung der inhaltlich-kommunikativen Ausrichtung des Info-Tools grundsätzlich gegeneinander abzuwägen: Soll ein Benchmarking persönlicher Lebensstile durchgeführt werden oder dient das Tool dem allgemeinen Erkunden der Auswirkungen verschiedener Konsum-, bzw. Nutzungsmuster?

Erste Option bedarf einer möglichst akkuraten Erfassung der persönlichen Haushaltssituation der Nutzerinnen und Nutzer, um auf dieser Basis eine angemessene aktuelle Referenzgruppe bestimmen zu können. Im Hinblick auf die Zukunftsperspektive ist dabei zudem zu klären, wie mit den zu erwartenden Milieuveränderungen (bspw. Lebens- und Haushaltssituation) umgegangen werden soll.

Bei der zweiten Option ist diese Einordnung nicht notwendig, weshalb auf die Abfrage individueller Haushaltsmerkmale verzichtet werden kann. Da die Aspekte eines möglichst direkten Zugangs zum Info-Tool, einer möglichst geringen Bearbeitungszeit, einer möglichst umfassenden Altersstruktur der angesprochenen Zielgruppe⁶⁶ wie auch eventuelle Anonymitätspräferenzen der Anwenderinnen und Anwender⁶⁷ starke Argumente für letztgenannte Option liefern, werden die weiteren Ausführungen vor dem Hintergrund dieser Entscheidung entwickelt. Die Vorarbeiten des AP2c können dabei als veränderliche Vorkonfigurationen in der Applikation hinterlegt werden.

7.1.3 Ergebnisse zur generellen Ausgestaltung des Webtools

Die Nutzerinnen und Nutzer des Webtools sollten zu Beginn in einem Intro in kurzer Zeit die Motivation des Tools und die thematisierte Grundproblematik erklärt werden.⁶⁸ Diese erste Grundinformation sollte nur wenigen Minuten in Anspruch nehmen. Für Nutzer mit besonders hohem Interesse sollen anschließend tiefer gehende Informationen und vor allem auch Handlungsempfehlungen zur Verfügung gestellt werden. Grundsätzlich wird besonderer Wert auf einen einfachen und narrativen Zugang gelegt. Das interaktive, spielerische und spannende Erkunden soll die Neugier des Nutzers wecken.

In Bezug auf die Anfangsmotivation war zunächst ein kurzer Trailer (0,5-1 Minute) im Gespräch, welcher beispielsweise wie eine fiktive Tagesschauendung des Jahres 2030 aufgebaut ist und anhand einer exemplarischen Nachricht (z.B. Produktionsstopp im PKW-Bau aufgrund von Rohstoffengpässen) die Rohstoffproblematik anschaulich darstellt. Alternativ wurde auch der Kurzfilm FLOW diskutiert. Aufgrund der schlechten Realisierbarkeit eines Kurzfilms im Rahmen dieses Projektes rückte jedoch die Darstellung eines Produktes bzw. eine Auswahl von zwei bis drei Produkten (z.B. PKW, Smartphone) in den Vordergrund. Für das entsprechende Produkt soll die Rohstoffverwendung und die Problematik um Rohstoffknappheit/-gerechtigkeit anschaulich erklärt und die Kernfunktionalität des Tools vorgeführt werden. Dazu wird auch geprüft, inwieweit sich die vier Leitprinzipien aus ProgRes als Motivation verwenden lassen. Nach Betrachtung des ersten Produktes kann sich dann der Nutzer entscheiden, ob er sich entweder ein weiteres hinterlegtes Produktbeispiel ansehen oder lieber gleich zur weiteren individuellen Bearbeitung innerhalb der einzelnen Menüs der Web-

⁶⁶ Beispielsweise könnten Fragen nach dem Einkommen oder Bildungsstand für Schülerinnen und Schüler implizite Zugangsbarrieren etablieren.

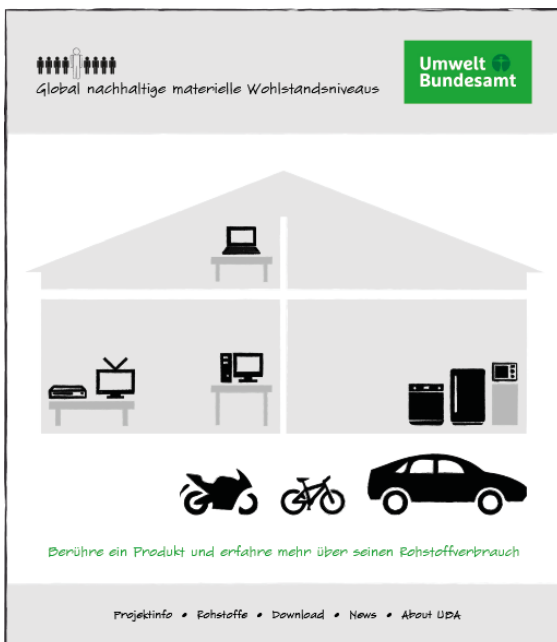
⁶⁷ In einzelnen Sitzungen eines projektbegleitenden Workshops wurde teilweise lebhaft diskutiert, ob und warum eine Anwenderbereitschaft zur Preisgabe individueller Haushaltsmerkmale im Internet erwartet werden könne.

⁶⁸ Ergebnisse eines Projekttreffens am 4. April 2014 in Berlin.

Applikation vorangehen möchte. Als Alternative bietet sich auch ein kurzes Statement mit Bildern und einer Karte oder auch eine Art Spiel an, bei dem der Nutzer auswählen soll, welche Rohstoffe in einem bestimmten Produkt Verwendung finden, und am Ende ein Feedback erhält, wie gut seine Einschätzung war.

Im Zentrum der Diskussion um die Toolgestaltung steht eine Kombination aus Varianten 2 und 3 des Bedienkonzeptes. Dabei sollte diese Kombination entweder direkt am Anfang der Bearbeitung oder gleich hinter den verschiedenen bereits zuvor erwähnten Konzepten zur Anfangsmotivation stehen. Kernpunkt dieses Entwurfes bildet die Darstellung eines Hauses wie in Variante 3 des Internettools (siehe folgende Abbildung). Der Nutzer kann hier Dinge in das Haus hineinstellen und wieder herausnehmen und erhält sofort eine Rückmeldung, bei welcher Kombination sein Rohstoffverbrauch kritisch ist. Handlungsempfehlungen und Informationskästen können dem Nutzer während der gesamten Bearbeitungszeit einen Weg zu einer sinnvolleren Produktverwendung weisen.

Abb. 41: Internettool, Variante 3, Haus-Abbildung



Quelle: Eigene Darstellung

Offen bleibt zunächst die Frage, ob dem Nutzer zu Beginn ein leeres Haus präsentiert werden soll, welches er vollkommen allein einrichtet, oder ob ein Default Case hinterlegt wird, bei dem z.B. ganzzahlige Werte des Bundesdurchschnitts einer Haushaltsausstattung vorgegeben werden.

Als ideal wird eine Kombination dieses Hauses mit einem Kreis aus Rohstoffen angesehen. Dabei sollen sich die Icons der Rohstoffe um die Abbildung des Hauses gruppieren. Aufgelistet werden sollen alle Rohstoffe, die für die bislang im Haus befindlichen Produkte verwendet werden.

Abb. 42: Internettool, Variante 2, Rohstoff-Kreis



Quelle: Eigene Darstellung

Durch Anklicken eines Produktes erhält der Nutzer detailliertere Informationen über die speziell für dieses Gut verwendeten Rohstoffe. Der Nutzer kann über Anklicken der einzelnen Rohstoff-Icons ebenfalls zu tiefer gehenden Informationen über den speziellen Rohstoff gelangen. Dabei soll auch auf die verschiedenen Problematiken im Zusammenhang mit dem Abbau des Gutes (z.B. hoher Wasserverbrauch, Luftverschmutzung) hingewiesen werden.

Bei der Darstellung wird besonderer Wert auf die Gerechtigkeitsaspekte gelegt, was eine detaillierte Milieubetrachtung zunächst ausschließt. Vielmehr soll diese Thematik einfach zugänglich bspw. anhand eines Reglers, einer Ressourcenampel oder auch einer Vergleichsmöglichkeit mittels eines Benchmarkings im globalen Kontext veranschaulicht werden. Zur Debatte bei der Darstellung der Gerechtigkeitsproblematik stehen ebenso provokative bis hin zu absurden Bildern oder eine Verdeutlichung anhand der Haushaltsausstattung (etwa durch Darstellung eines halben Autos). Auf komplexere Darstellungen, wie etwa ein Koordinatensystem, sollte zunächst verzichtet oder zumindest nur in den bereitgestellten Informationen mit dem höchsten Detailgrad für äußerst interessierte Nutzer eingegangen werden.

In welchem Umfang individuelle Einstellmöglichkeiten (u.a. Personenzahl, Nutzungsdauern) oder weitere Wahlmöglichkeiten (z.B. „Wie ändert sich mein Ergebnis durch Car Sharing?“) innerhalb der Web-Applikation verfügbar sein sollen, bleibt noch zu klären. In diesem Zusammenhang können auch die Nutzungsdauern, welche im Kontext von Ressourcenverbrauch und -verfügbarkeit ebenfalls eine wesentliche Rolle spielen, thematisiert werden. Dabei muss noch geklärt werden, ob die Einstellmöglichkeit „Wie lange möchte ich nutzen?“ oder „Wie lange kann ich nutzen?“ zur Verfügung gestellt wird. In diesem Kontext ist auch auf die Problematik rund um die teilweise geplante Obsoleszenz der Produkte und der Mitverantwortung der Unternehmen am Ressourcenverbrauch zu berücksichtigen. Da die Web-Applikation primär ein Tool zur Sensibilisierung sein soll, sind aber solchen sehr individuellen Einstelloptionen nicht zwingend erforderlich.

Generell sollen die Rohstoffe nicht negativ als knapp sondern positiv als wertvoll präsentiert werden. Dazu gehört auch die Darstellung von Rohstoffen als Basis für den gesellschaftlichen Wohlstand. Außerdem sollen die innerhalb der Web-Applikation hinterlegten Inhalte mit den auf der UBA-Homepage befindlichen Informationsseiten abgestimmt sein bzw. verlinkt werden (u.a. Informationen des UBA bzgl. Haushaltsberatung).

Folgende Aspekte bzw. Key Messages sollten dem Nutzer im Verlauf der Tool-Bearbeitung verdeutlicht werden.

- 1.) Produkte/Rohstoffe als Quelle von Wohlstand
- 2.) Globale Gerechtigkeit (Generationen)
- 3.) Verfügbarkeitskorridore („Knappheit“)
- 4.) Ökologische und soziale Impacts
- 5.) Nachhaltigkeit
- 6.) „Yes, we can“ (Haushalte u.a.)
- 7.) Spielraum für Entwicklungsländer
- 8.) Haushaltstypen
- 9.) Nutzungsdauer
- 10.) Wohlstand erhalten

Da es nur sehr schwer möglich ist, alle 10 Key Messages innerhalb der Web-Applikation gleichrangig zu kommunizieren, sollten stattdessen „Cluster“ entwickelt werden, welches die hier genannten Stichpunkte auf 3 bis 4 zentrale kommunikative Ansatzpunkte zusammenfassen. Es wurde angemerkt, dass sich insbesondere anhand der Storylines „Haushaltsgüter enthalten viele Rohstoffe“, „Rohstoffe sind wertvoll“ und „Rohstoffe sind knapp“ die genannten Key Messages kommunizieren lassen.

7.2 Der Aufbau der Web-Applikation

Die folgenden Überlegungen zur Bedienerführung, Funktionalität und Darstellungstiefe der Web-Applikation und die damit verbundene Thematisierung der verschiedenen zuvor genannten Key Messages basieren auf die im vorherigen Unterabschnitt formulierten Ergebnisse zur generellen Ausgestaltungen des Webtools und der innerhalb des Projekts in AP1 und AP2 berechneten Daten.

Die vorliegende Beschreibung zum graphischen Design⁶⁹ und zur Funktionalität des Webtools ist Basis für die HTML-5 Umsetzung. Generell sieht das Bedienkonzept des Tools keine strikte Bearbeitungsreihenfolge vor, die Anwenderinnen und Anwender können so ihren eigenen Interessen frei folgen.

Das „Wording“ einzelner Menüs und Buttons kann ggf. noch angepasst werden. Dieses gilt auch für die textbasierte Gestaltung der rohstoff- und güterspezifischen Fact-Sheets und Intros

⁶⁹ Die graphische Gestaltung des Webtools erfolgte durch s.cz. Kommunikationsdesign (Bremen).

zu den Menüs, die zurzeit erstellt werden und abschließend mit dem Auftraggeber abgestimmt werden sollten.

Das Design des Webtools entspricht in den wesentlichen Elementen den Corporate Design-Vorgaben, die auch der neu gestalteten Homepage des UBA Internetauftritts zugrunde liegen.

7.3 Analyisierte Haushaltsgüter und Rohstoffe

Innerhalb des Webtools werden die in der folgenden Tabelle gelisteten 25 langlebigen Haushaltsgüter dargestellt, welche sowohl unter dem Gesichtspunkt von Konsum- und Rohstoffrelevanz sortiert worden sind, weswegen zunächst Mobilitäts- und IuK-Güter gelistet werden.

Tab. 62: Liste der 25 für das Webtool relevanten langlebigen Haushaltsgüter

Lfd. Nr.	Langlebiges Haushaltsgut
1a	Eigener PKW
1b	PKW im Rahmen von Car-Sharing
2	Motorroller
3	Fahrrad
4	Telefon mobil / Smartphone
5	Fernseher
6	DVD Player / Recorder
7	Spielekonsole
8	PC stationär / Desktop
9	Monitor
10	PC mobil / Laptop
11	Drucker
12	Beamer
13	Waschmaschine
14	Kühlschrank
15	Gefrierschrank
16	Kühl- und Gefrierschrankkombination
17	Spülmaschine
18	Mikrowelle
19	Toaster
20	Elektroherd
21	Kaffeemaschine
22	Staubsauger
23	Föhn
24	Speiseservice

Quelle: Eigene Darstellung

Da der eigene PKW aufgrund seines hohen spezifischen Gewichts eine herausragende Bedeutung für den Rohstoffinventar eines Haushalts hat, wird vor dem Hintergrund der zu

führenden Diskussion zu Möglichkeiten eines sparsameren Ressourceneinsatzes auch die alternative Option der organisierten gemeinschaftlichen Nutzung eines oder mehrerer PKW. Bei dem sog. Car-Sharing nutzen zwischen 40-70 Personen einen PKW gemeinsam.⁷⁰

Innerhalb des Webtools werden außerdem 12 prioritäre Rohstoffe unterschieden. Diese Zahl resultiert aus folgenden Überlegungen: Da die Ermittlung der rohstoffspezifischen Verfügbarkeitskorridore innerhalb von AP1 (vgl. Tab. 20) für die metallischen Rohstoffe Stahl (hochlegiert und Edelstahl), Eisen und Stahl (niedrig- und unlegiert) lediglich zusammengefasst als Kategorie „Stahl“ erfolgt, ist dieser aggregierte Nachweis auch für das Webtool zu übernehmen. Da in AP1 für Bitumen kein Verfügbarkeitskorridor berechnet werden konnte, erfolgt innerhalb des Webtools ebenfalls keine explizite Berücksichtigung dieses Rohstoffes. Da zur Herstellung von Kunststoff primär auf Erdöl als fossilen Rohstoff zurückgegriffen wird (vgl. auch Berechnungen in AP1), erfolgt innerhalb des Webtools ebenfalls eine Bezugnahme auf Erdöl bei Berücksichtigung der Verfügbarkeitskorridore.

Tab. 63: Liste der 12 für das Webtool relevanten Rohstoffe

Lfd. Nr.	Rohstoff
1	Gold
2	Kupfer
3	Silber
4	Aluminium
5	Blei
6	Stahl
7	(Flach-)Glas
8	Platin
9	Zinn
10	Magnesium
11	Erdöl für Kunststoffe
12	Kautschuk

Quelle: Eigene Darstellung

Da für die Rohstoffe Palladium, Zink und Chrom in AP2 kein expliziter Nachweis der Rohstoffinventare für die haushaltsrelevanten langlebigen Konsumgüter erfolgt, kann auch keine weitergehende Berücksichtigung der in AP1 ermittelten Verfügbarkeitskorridore innerhalb des Webtools erfolgen.

7.4 Überblick über die Grundstruktur des Webtools

Das Webtool unterscheidet insgesamt fünf Auswahlmenüs, welche stets im oberen Bereich des Bildschirms ausgewählt werden können. Die Startseite des Webtools – Seite 1 des Menüs „Überblick“ - klärt die Nutzerinnen und Nutzer kurz über die grundsätzliche Idee des Tools auf. Die sich in den Haushaltsgütern verbergenden Rohstoffe werden als ein Ring bestehend aus Symbolen für die 12 Rohstoffe dargestellt, welcher den Haushalt – symbolisiert durch ein Haus

⁷⁰ Innerhalb des Webtools wird standardmäßig unterstellt, dass 60 Personen einen PKW gemeinsam nutzen.

mit Symbolen für die 25 Haushaltsgüter – umgibt. Durch diese kombinierte Darstellung lässt sich die Rohstoffdichotomie, d.h. die in den Produkten „verborgenen“ aber enthaltenen Rohstoffe, bereits auf der Eingangsseite des Webtools in intuitiver Weise andeuten.

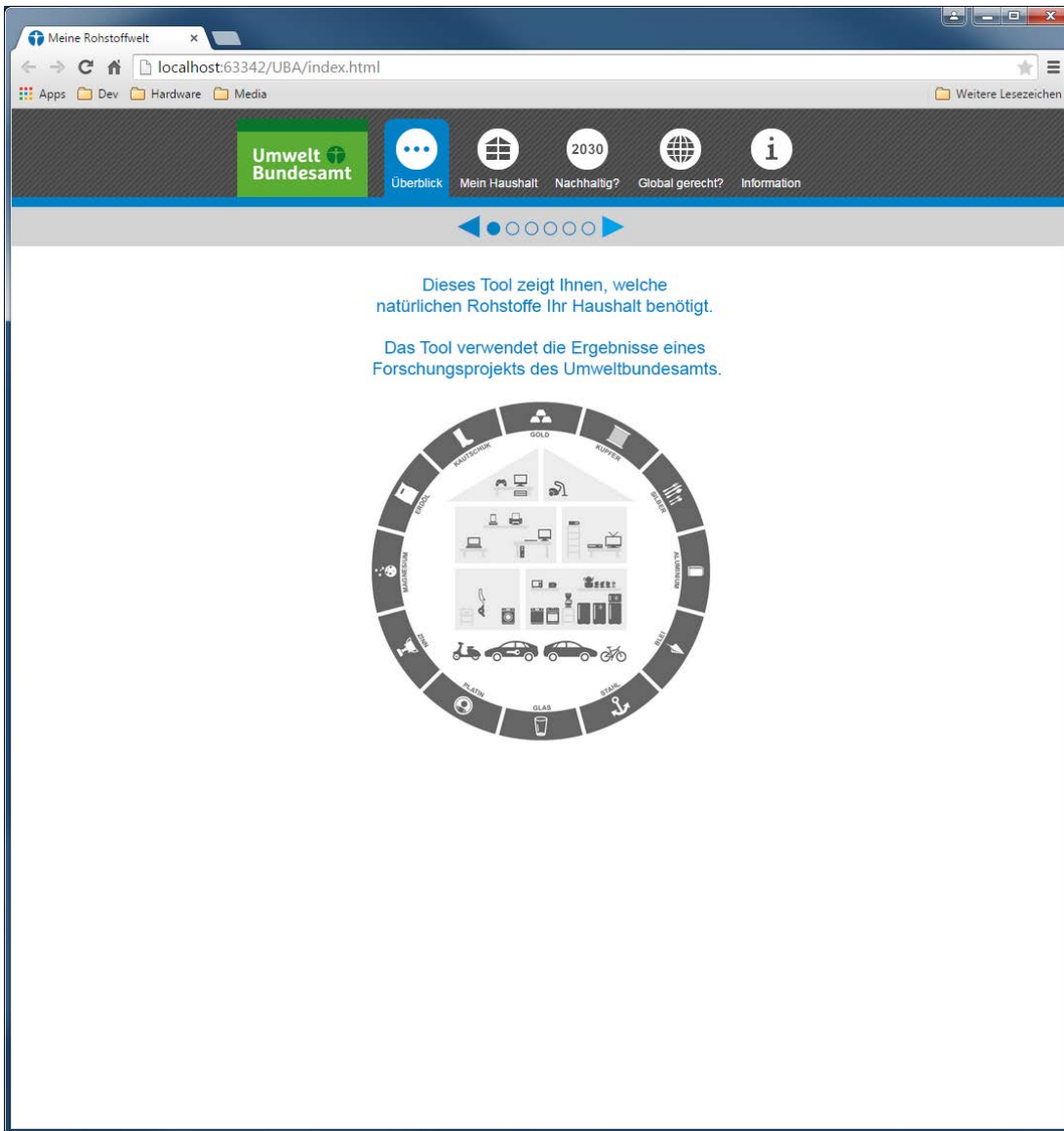
Innerhalb des Menüs „Überblick“ wird jenseits von Seite 1 auf einigen weiteren Bildschirmseiten (angedeutet durch die Punkte in Abb. 43) in übersichtlicher didaktisch klarer Weise die Funktionalität des Tools erläutert und Kernbotschaften bzw. Key-Messages des Projekts kommuniziert.

Jenseits des Menüs „Überblick“ verfügt das Webtool über 4 weiteren Auswahlmenüs, welche eine vertiefende ergebnisorientierte Aufbereitung der Fragestellung bzw. Key-Messages des Projektes ermöglichen. Durch dieses Vorgehen hat der Nutzer stets das gesamte Analysespektrum des Tools im Auge, was auch das einfache explorative Erkunden des Tools mit den innerhalb der einzelnen Auswahlmenüs thematisierten Kommunikationsclustern bzw. Key-Messages erleichtert.

Das zentrale Anliegen des Webtools besteht darin, dem Nutzer auf spielerische Weise zu zeigen, wie seine Konsumententscheidungen zur Nutzung verschiedener langlebiger Haushaltsgüter Auswirkungen auf den individuellen Rohstoffbedarf und damit auch letztlich auf die Rohstoffverfügbarkeit der betrachteten 12 Rohstoffe vor dem Hintergrund von Gerechtigkeits- und Nachhaltigkeitsüberlegungen hat. Die entsprechende Analyse erfolgt primär innerhalb der drei interaktiv angelegten Auswahlmenüs „Mein Haushalt“, „Global gerecht?“ und „Nachhaltig?“. Alle drei Auswahlmenüs sind einheitlich gestaltet und enthalten neben dem informatorisch angelegten Untermenü „Intro“ stets ein ergänzendes interaktives Untermenü. Neben der Ergebnisdarstellung – wiederum als kombinierte Darstellung aus den projektrelevanten 25 langlebigen Haushaltsgütern und den 12 prioritären Rohstoffen – kann der Nutzer über den Button „Meinen Haushalt berechnen“ ein Auswahltabelle aufrufen. In dieses kann er neben der Anzahl der Haushaltsmitglieder für alle 25 Haushaltsgüter eine individuelle Parametrisierung (u.a. Anzahl der jeweils genutzten Güter, Nutzungsdauer der einzelnen Güter) entsprechend seiner individuellen Lebenswirklichkeit bzw. Handlungsweise vornehmen. Nach Neuberechnung kann er sich die resultierenden Ergebnisse anschauen. Darüber hinaus kann sich der Nutzer innerhalb des interaktiven Untermenüs aber auch stets über einzelne Rohstoffe und die in den Haushaltsgütern enthaltenen Rohstoffinventare informieren. Außerdem erhält er zu den einzelnen Haushaltsgütern produktspezifische Handlungsempfehlungen, welche u.a. Hinweise auf eine sparsame Ressourcennutzung geben.

Das Menü „Projektinformation“ informiert über das dem Webtool zugrundeliegende UBA-Forschungsprojekt und gibt ergänzende thematisch relevante Links zu entsprechenden Arbeiten im In- und Ausland.

Abb. 43: Die Grundstruktur des Webtools – die Eingangsseite

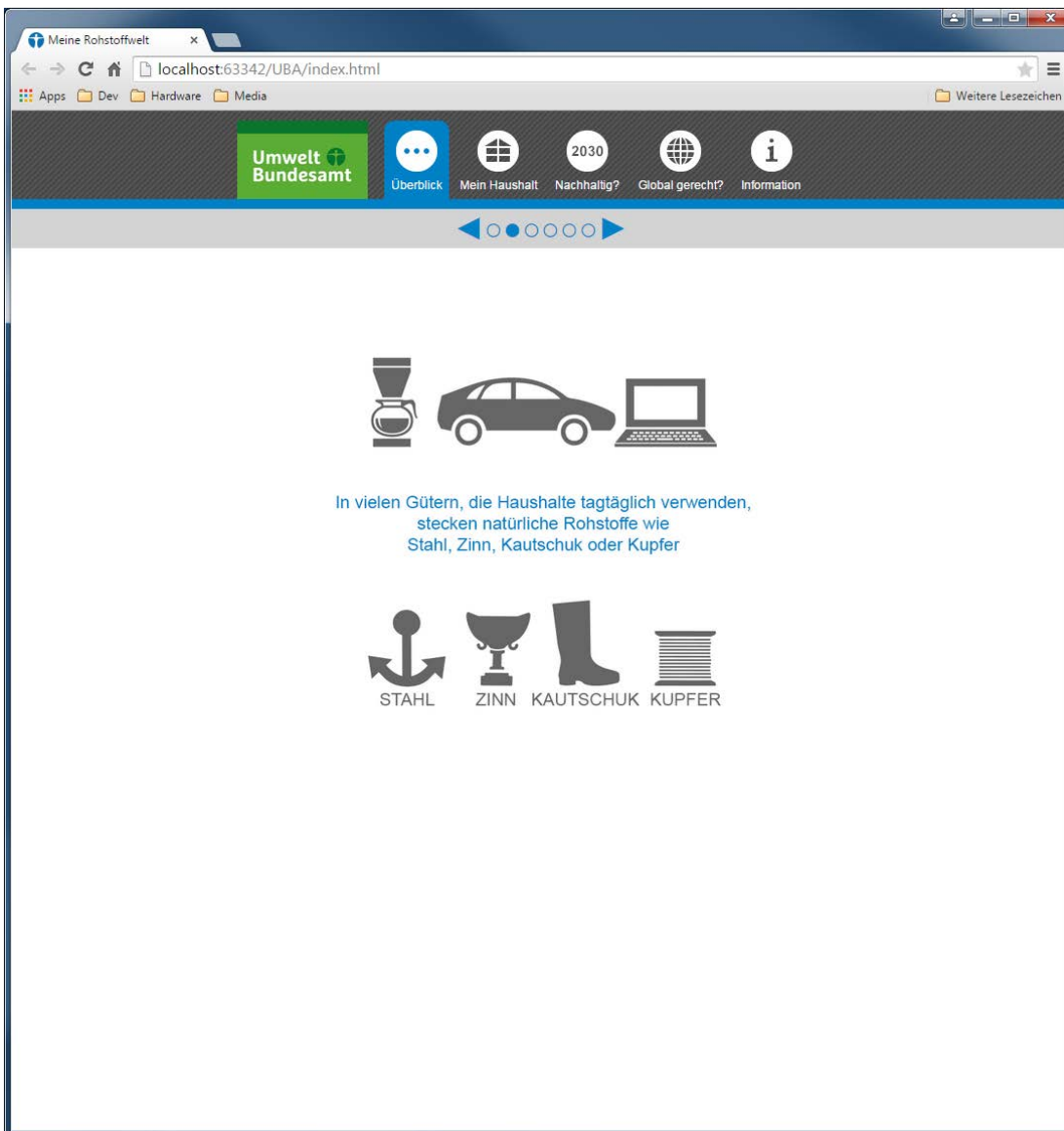


Quelle: Eigene Darstellung

7.5 Das Menü „Überblick“

Die Eingangsseite des Webtools ist gleichzeitig die Startseite des Menüs „Überblick“. Innerhalb des Überblicks werden auf einigen Seiten (angedeutet durch die Punkte) in übersichtlicher und didaktisch leicht verständlicher Weise die Funktionalität und die Kernbotschaften bzw. Key Messages des Tools kommuniziert. Auch wird auf den exemplarischen Charakter des Webtools hingewiesen.

Abb. 44: Ein Überblick über das Tool - Seite 2 des Menüs „Überblick“



Quelle: Eigene Darstellung

Der Überblick ist in seiner Seitenzahl nicht begrenzt, sollte sich aber – um den Nutzern einen schnellen Überblick zu ermöglichen – dennoch lediglich auf zentrale Storylines bzw. Botschaften beschränken.

7.6 Die drei interaktiven Auswahlmenüs des Webtools

Der interaktive Teil des Webtools wendet sich an Nutzerinnen und Nutzer mit Handlungsorientierung. Durch Variation verschiedener Berechnungsoptionen werden breite Bevölkerungsschichten für konkrete Handlungsoptionen sensibilisiert werden. Hier werden u.a. die Kernbotschaften "Erkenne die Problematik heutiger Ressourcenverbräuche unter den Gesichtspunkten Verteilungsgerechtigkeit und Nachhaltigkeit" sowie "Erkenne Deine Handlungsoptionen" kommuniziert.

Während das Auswahlmenü „Mein Haushalt“ im Hinblick auf den Rohstoffinventar langlebiger Haushaltsgüter eine wertfreie informative Analyse des eigenen Konsumverhaltens ermöglicht,

haben die beiden weiteren Menüs „Global gerecht?“ und „Nachhaltig?“ primär normativen Charakter. Alle drei interaktiv angelegten Auswahlmenüs sind in ihrem Aufbau einheitlich gestaltet und enthalten neben dem informatorisch angelegten Untermenü „Intro“ stets das ergänzende interaktive Untermenü „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“.

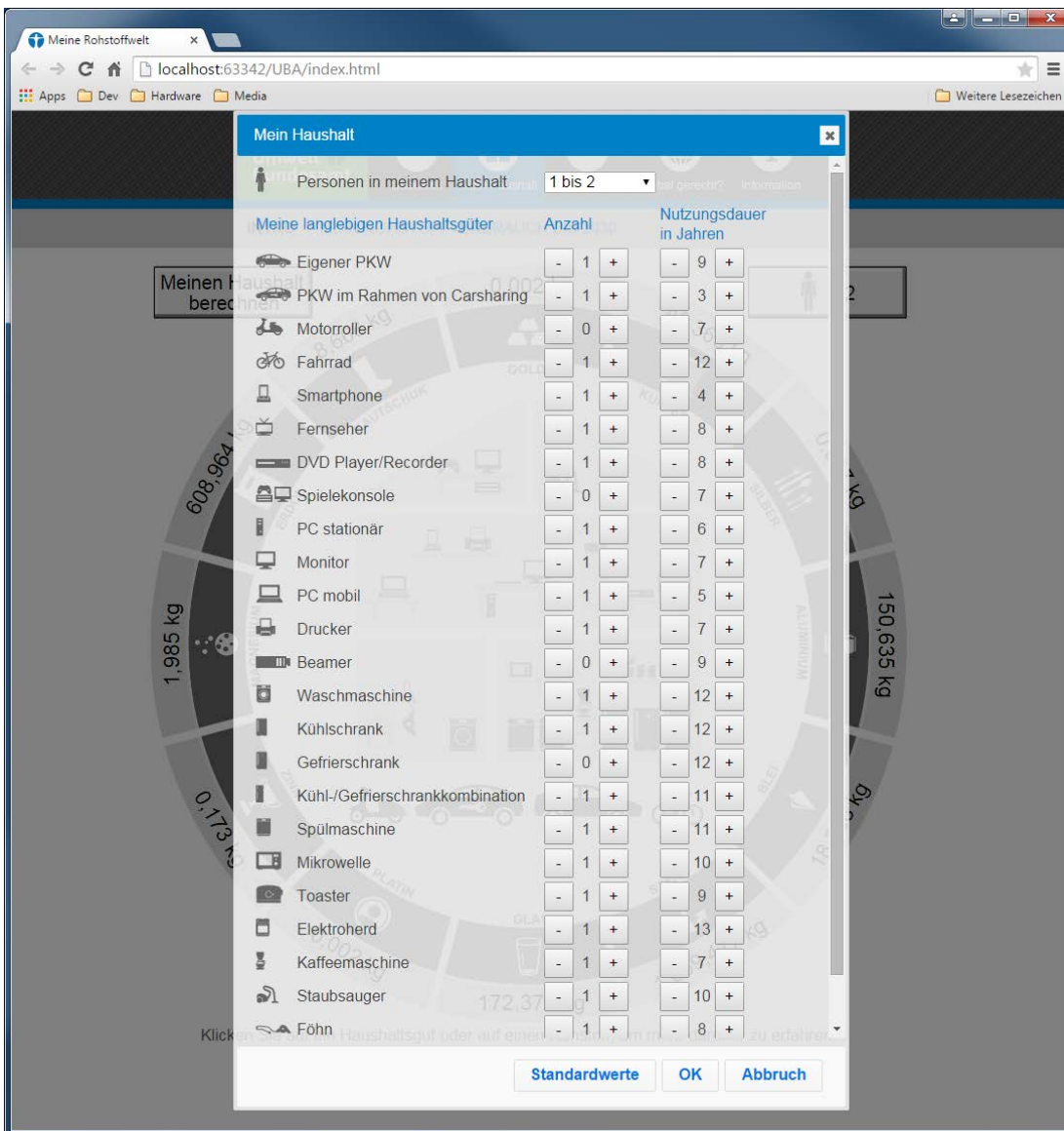
Die informatorischen Untermenüs „Intro“ (vgl. Abb. 48, 50 & 52) sind textbasiert und erläutern stets die innerhalb der jeweiligen Auswahlmenüs thematisierten Key-Messages bzw. die zu analysierenden Fragestellungen. Auch geben sie Hinweise zur Bedienung und Funktionalität des jeweils zugehörigen interaktiv gestalteten Untermenüs „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“. Ergänzend eine als Grafik eingebundene (und dem jeweiligen Auswahlmenü zugeordnete) Ergebnisdarstellung für den standardmäßig hinterlegten 2-Personen-Haushalt gezeigt, welche mittels einer ergänzenden Infobox die Interpretation des Ergebnisses in knappen Worten leicht verständlich erläutert.

Die interaktiv angelegten Untermenüs „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“ (vgl. Abb. 49, 51 & 53) sind einheitlich aufgebaut und enthalten stets die aktuell hinterlegte Ergebnisdarstellung. Sie besteht aus einer kombinierten Darstellung der 25 langlebigen Haushaltsgüter und den 12 ringförmig angeordneten Rohstoffen, welche den als „Haus“ symbolisierten Haushalt umgeben. In der Anfangskonfiguration zeigt die Eingangsseite die standardmäßig hinterlegten Ergebnisse für einen 2-Personen-Haushalt, welcher seine Güter nach einer angenommenen durchschnittlichen Nutzungsdauer ersetzt.

Der Button „Meinen Haushalt berechnen“ innerhalb des jeweiligen Untermenüs „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“

Über den separat angelegten Button „Meinen Haushalt berechnen“ innerhalb der jeweiligen Untermenüs „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“ kann der Nutzer in einem sich neu öffnenden Fenster ein Tableau ausfüllen. In diesem kann er neben der Anzahl der Haushaltsmitglieder für alle 25 Haushaltsgüter eine individuelle Parametrisierung (u.a. Anzahl der jeweils genutzten Güter, Nutzungsdauern) entsprechend seiner individuellen Lebenswirklichkeit bzw. Handlungsweise eintragen, wobei standardmäßig die Güterausstattung eines 2-Personen-Haushalts mit unterstellten produktspezifischen Nutzungsdauern hinterlegt ist.

Abb. 45: Interaktives Auswahltableau nach Anklicken des Buttons „Meinen Haushalt berechnen“



Quelle: Eigene Darstellung

Prinzipiell unterscheidet das Webtool in Abhängigkeit von der vom Nutzer angegebenen Personenzahl die standardmäßig hinterlegte Güterausstattung dreier Haushaltsgrößen: 1-2-Personen-Haushalte, 2-4-Personen-Haushalte, 5-und-mehr-Personen-Haushalte. Der Nutzer kann alle standardmäßig hinterlegten Werte sehr einfach durch Anklicken der Plus- bzw. Minus-Buttons individualisieren. Durch Anklicken des Buttons „Neu berechnen“ schließt sich das Fenster mit dem Auswahltableau. Durch Anklicken des Buttons „StandardEinstellung“ werden alle Einstellungen und Ergebnisse auf die die Werte des standardmäßig hinterlegten 2-Personen-Haushalts zurückgesetzt. Auch hier schließt sich das Fenster mit dem Auswahltableau.

Vor dem Hintergrund der von dem Nutzer eingestellten individuellen Haushaltsausstattung kann er als Ergebnis nun direkt in den Ergebnisgrafiken der Untermenüs „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“ das veränderte Gewicht seines Rohstoffinventars in kg bzw. seines Wertes in € bzw. seine veränderte Rohstoffverfügbarkeit im Hinblick auf jeden der 12 prioritären Rohstoffe (Angabe des Overshoot-Jahres) einsehen. Dabei wird das jeweilige

Overshoot-Jahr wird außerhalb des Rohstoffrings angegeben und entsprechend dem Ampel-Prinzip farbig unterlegt: ROT: < 2025, GELB: 2025 – 2029, GRÜN: >2030 (vgl. Abb. 51 und 53).

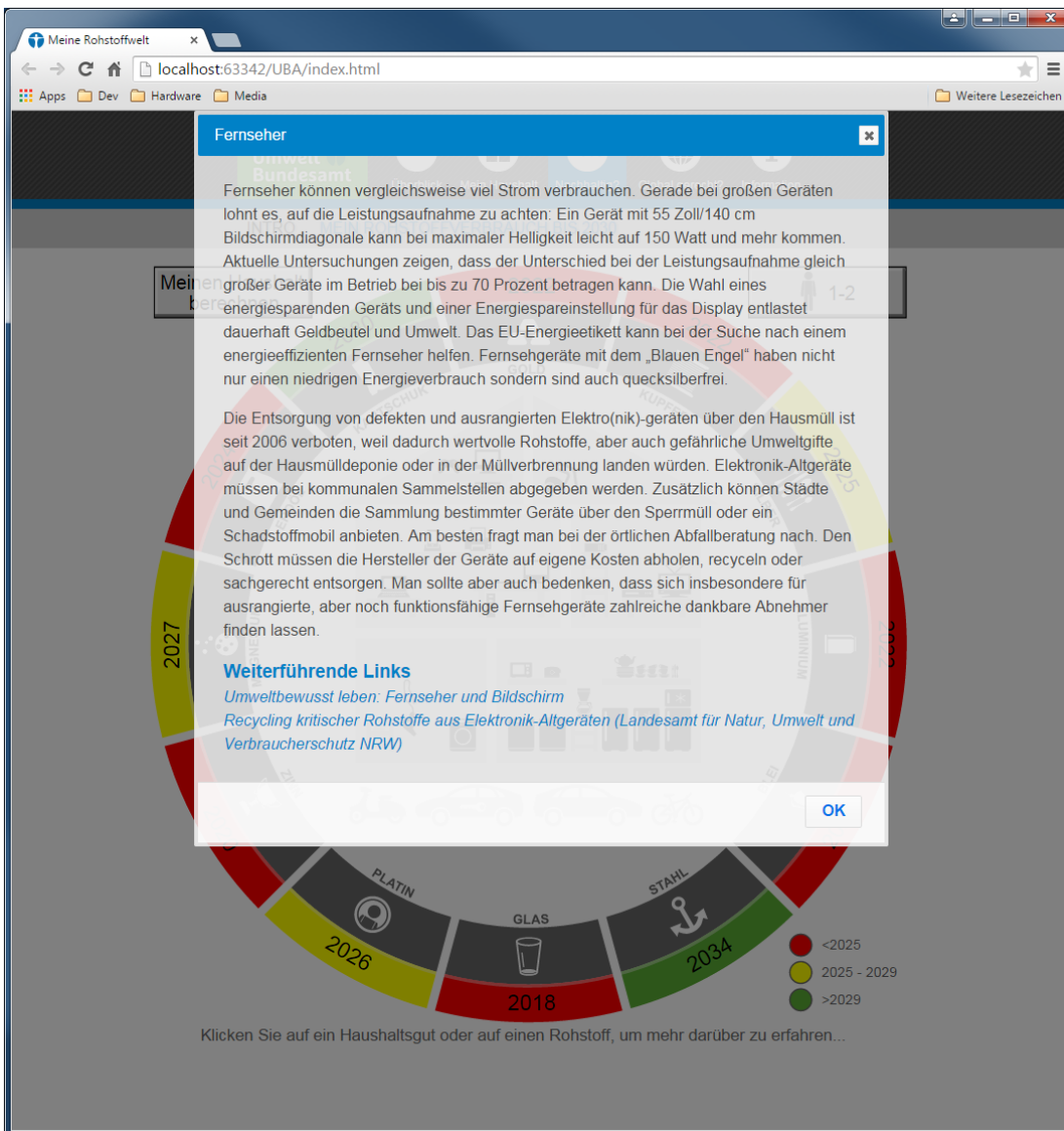
Insgesamt gewährleistet diese Funktionalität, dass der Nutzer spielerisch die Auswirkungen des eigenen Handelns vor dem Hintergrund von individuellen Verfügbarkeits- bzw. Verfügungskorridoren erkunden kann.

Ergänzende Informationen zu Rohstoffen und güterspezifischen Rohstoffinventaren innerhalb der jeweiligen Untermenüs „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“

Innerhalb des jeweiligen Untermenüs „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“ sowie innerhalb des zuvor beschriebenen interaktiven Auswahltableaus kann sich der Nutzer stets durch einfaches an- und doppelklicken der jeweiligen Rohstoff- und Gütericons über einzelne Rohstoffe und die in den Haushaltsgütern enthaltenen Rohstoffinventare informieren (Pop-Up-Windows). Die entsprechend hinterlegten komprimierten überblicksartigen Informationen wurden dazu sehr sorgsam recherchiert. Informative Angebote des UBA sowie der Verbraucherzentralen dienen – jenseits des Zwischenberichts – als wichtige ergänzende Quellen. Darüber hinaus gehende vertiefende Detailinformationen werden stets über einen Web-Link eingebunden.

- Durch Klick auf das Icon eines Haushaltsgutes (auch innerhalb des interaktiven Auswahltableau, vgl. Abb. 45) öffnet sich in einem separaten Fenster ein güterspezifisches Fact-Sheet (vgl. Abb. 46). Die quantitativen Informationen werden u.a. aus Inhalten der Tabellen 4 (Absatzmenge im Inland in Stk.) und 17 (Gewicht bzw. Massegehalt einzelner HH-güter in kg des 3. Zwischenberichtes zusammengestellt werden. Neben textbasierten und graphisch aufbereiteten Informationen zur produktspezifischen Rohstoffzusammensetzung werden an dieser Stelle auch jeweils dem Produkt zugeordnete Handlungsempfehlungen, die einen sparsamen Umgang mit Rohstoffen ermöglichen, hinterlegt. Entsprechende Informationen werden u.a. durch Aufbereitung der innerhalb des Verbraucher-Ratgebers des UBA unter <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltbewusstleben> hinterlegten Empfehlungen eingebunden bzw. verlinkt. Außerdem „leuchten“ durch einfaches anklicken eines Haushaltsgutes jene Rohstoffe innerhalb des Rohstoffrings auf, die in dem Haushaltsgut enthalten sind.

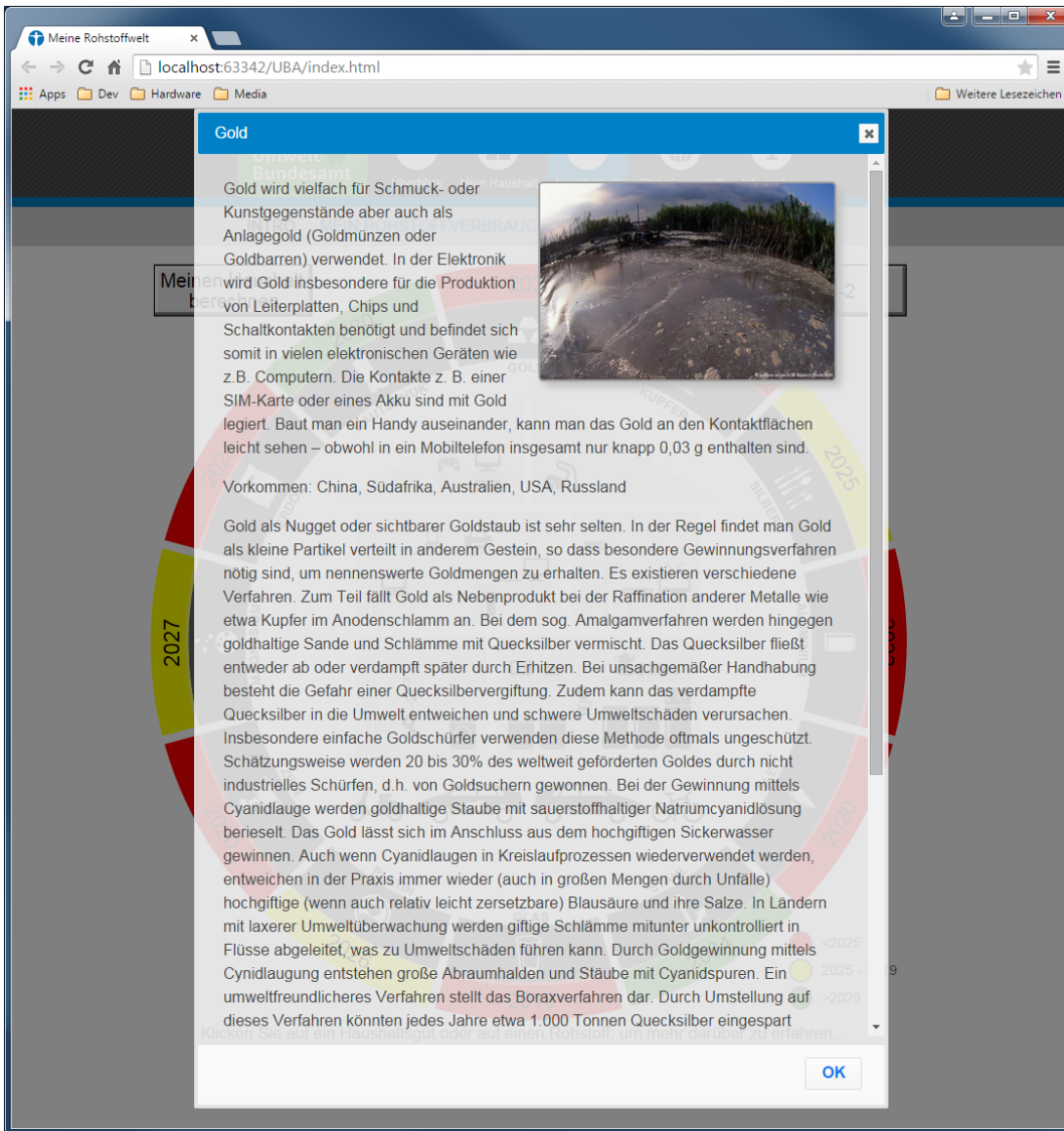
Abb. 46: Aufbau eines güterspezifischen Fact-Sheets



Quelle: Eigene Darstellung

- Durch Klick auf das Icon eines Rohstoffes gelangt man direkt zu den hinterlegten rohstoffspezifischen Fact-Sheets (im Sinne einer anschaulichen Übersicht der entsprechenden AP1-Ergebnisse, ergänzt um Informationen zu Rohstoffabbaugebieten, möglichen Umweltkonflikten und sozialen Kontexten sowie ggf. weiterführende Verlinkungen, vgl. Abb. 47). Das Erscheinungsbild der Fact-Sheets wird durch Fotos zum Rohstoff, den Abbaubedingungen und Umweltbelastungen etc. aufgelockert.

Abb. 47: Aufbau eines rohstoffspezifischen Fact-Sheets



Quelle: Eigene Darstellung

7.6.1 Das Menü „Mein Haushalt“

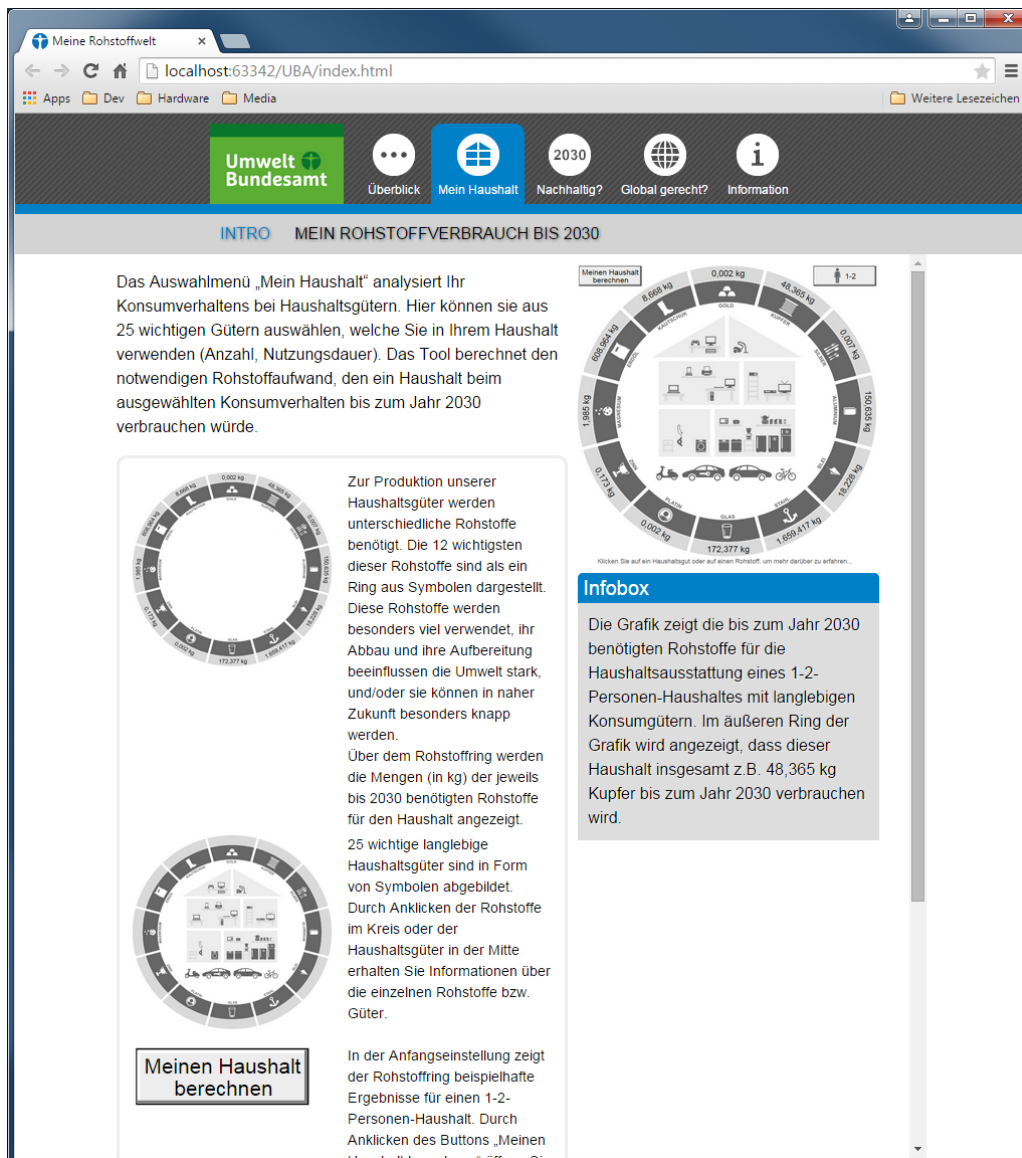
Da das Webtool einen möglichst breiten Anwenderkreis adressieren soll, zeigt das Auswahlmenü „Mein Haushalt“ im Detail die sich hinter der Güterwelt verbergende Rohstoffwelt. Der Nutzer des Webtools kann sich sowohl über die in den 25 langlebigen Haushaltsgütern enthaltenen Rohstoffinventare im Detail informieren als auch interaktiv den Rohstoffinventar der von ihm in seinem eigenen Haushalt genutzten Güter zusammenstellen. Das Menü ermöglicht somit eine nichtnormative informative Analyse der Rohstoffrelevanz des eigenen Konsumverhaltens und zeigt welche Bedeutung Rohstoffe für den eigenen Wohlstand haben.

Das Untermenü „Intro“

Das Untermenü „Intro“ gibt einen textbasierten Überblick über die innerhalb dieses Menüs dargestellten und innerhalb des ergänzenden Untermenüs „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“ analysierten Zusammenhänge und Key-Messages.

Die Infobox unterhalb der rechtsseitigen Abbildung erläutert kurz, wie die Ergebnisdarstellung des standardmäßig hinterlegten 2-Personen Haushalts) zu interpretieren bzw. zu verstehen ist.

Abb. 48: Das Untermenü „Intro“, welche die Eingangsseite des Menüs „Mein Haushalt“ ist

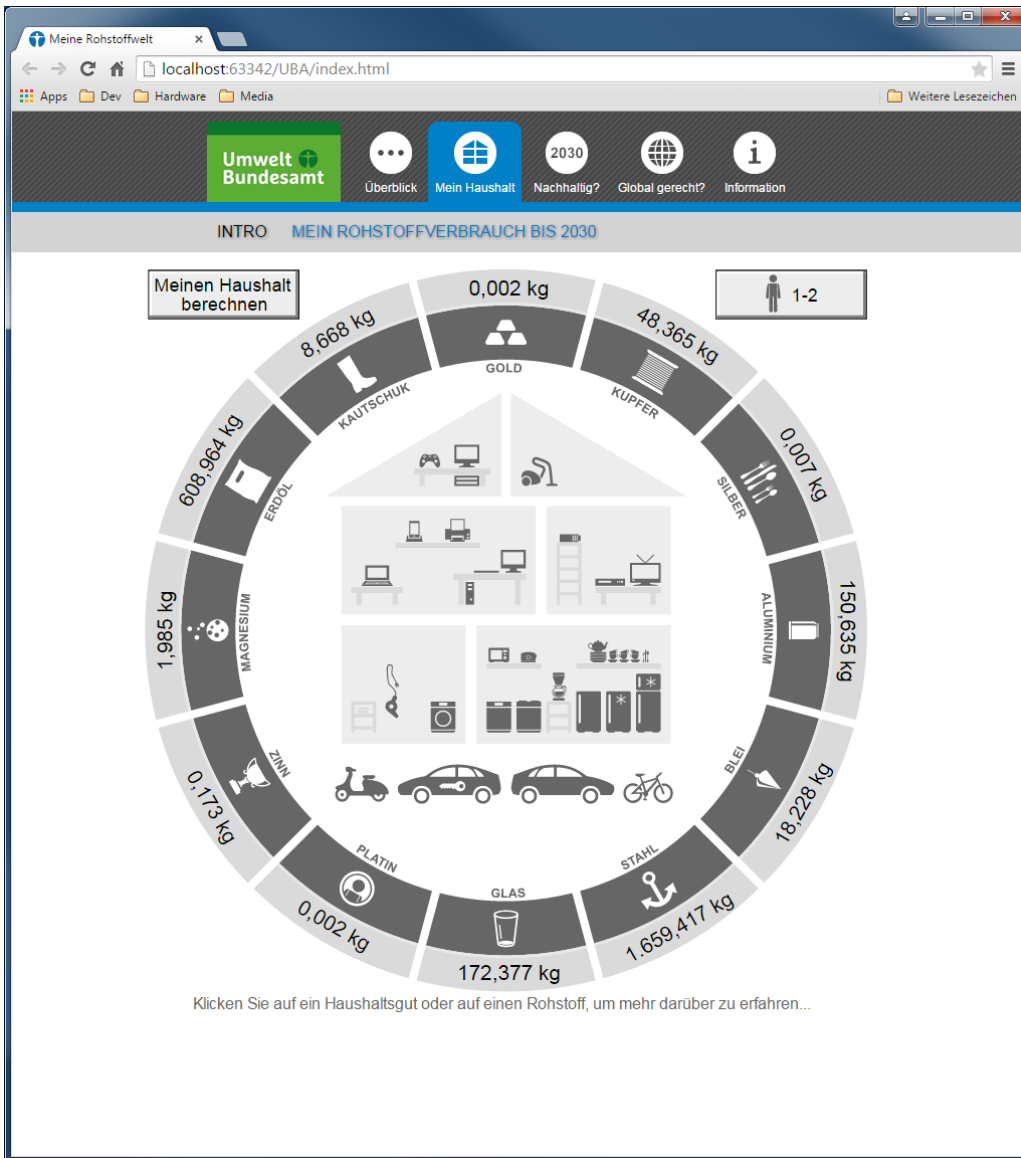


Quelle: Eigene Darstellung

Das Untermenü „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“

Innerhalb des Untermenüs „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“ kann sich der Nutzer über die Rohstoffinventare der 25 langlebigen Haushaltsgüter informieren. Durch diese Funktionalität wird eine zentrale Botschaft des Tools – "Erkenne die Rohstoffvielfalt gängiger Haushaltsgüter" – transportiert.

Abb. 49: Die Start- und Ergebnisseite des Untermenüs „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“, welches eigenständige Berechnungen durch den Nutzer ermöglicht



Quelle: Eigene Darstellung

Außerdem wird im Außenring die jeweilige rohstoffspezifische Menge (in kg) für den standardmäßig hinterlegten 2-Personen-Haushalt – oder aber für die durch Aufruf des Buttons „Meinen Haushalt berechnen“ individuell hinterlegte Haushaltsausstattung – angezeigt.

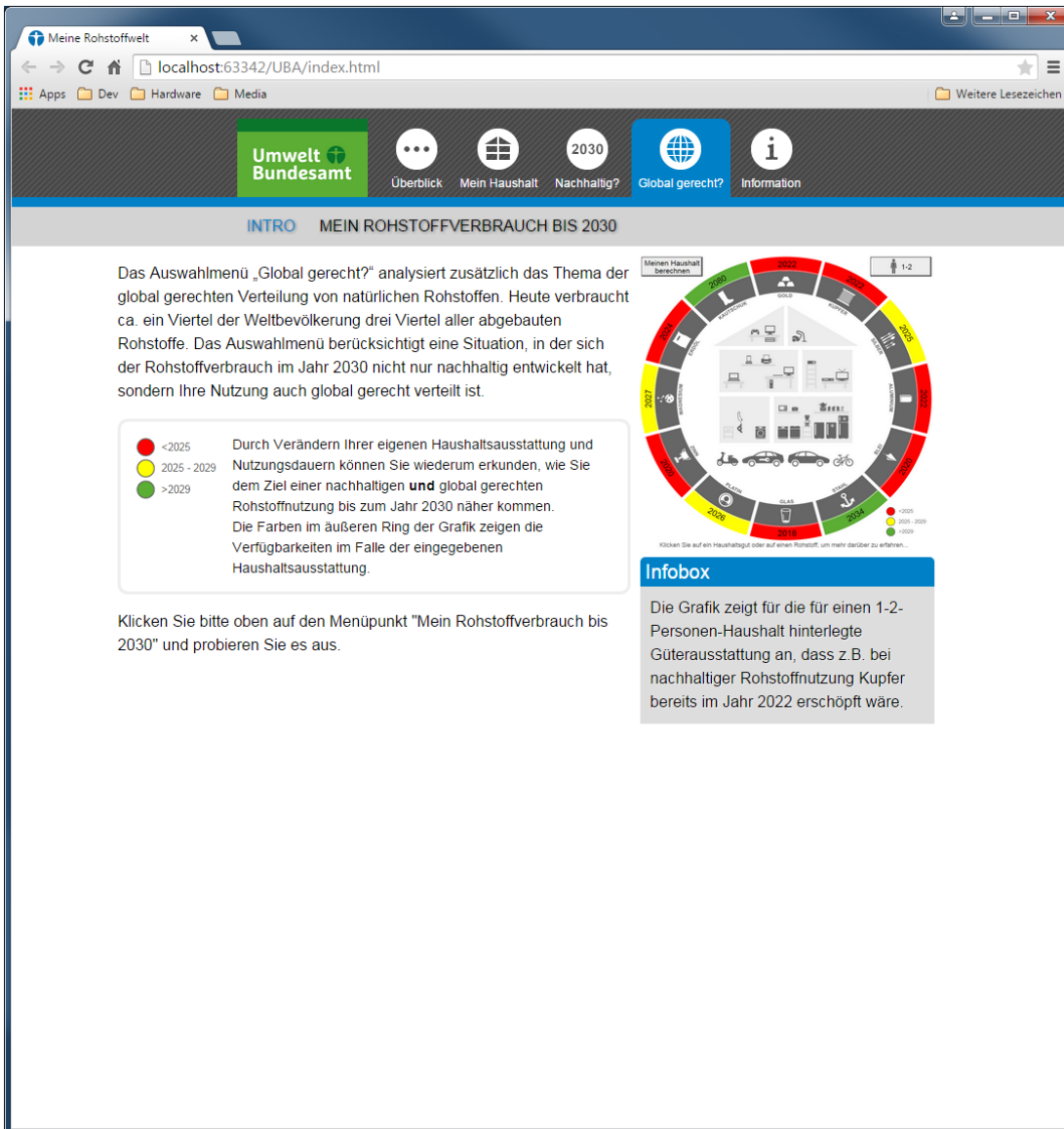
7.6.2 Das Menü „Global gerecht?“

Das Auswahlmenü „Global gerecht?“ thematisiert die Knappheit von Rohstoffen vor dem Hintergrund von globaler Gerechtigkeit und zeigt dem Nutzer auf, dass er durch sein Konsumverhalten Einfluss auf seine Rohstoffanspruchnahme nehmen kann. Die Berechnungen nehmen stets Bezug auf den unter der Prämisse globaler Verteilungsgerechtigkeit in einem Business-as-Usual (BAU) Szenario in AP 1 ermittelten **Verfügbarkeitskorridor**.

Das Untermenü „Intro“

Das Untermenü „Intro“ gibt einen Überblick über die innerhalb des ergänzenden interaktiven Untermenüs „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“ dargestellten und analysierten Zusammenhänge und Key-Messages. Die Infobox unterhalb der rechtsseitigen Abbildung (Ergebnisdarstellung für den standardmäßig hinterlegten 2-Personen Haushalt) erläutert kurz, wie diese zu interpretieren bzw. zu verstehen ist.

Abb. 50: Das Untermenü „Intro“ (gleichzeitig die Eingangsseite des Menüs „Global gerecht?“)

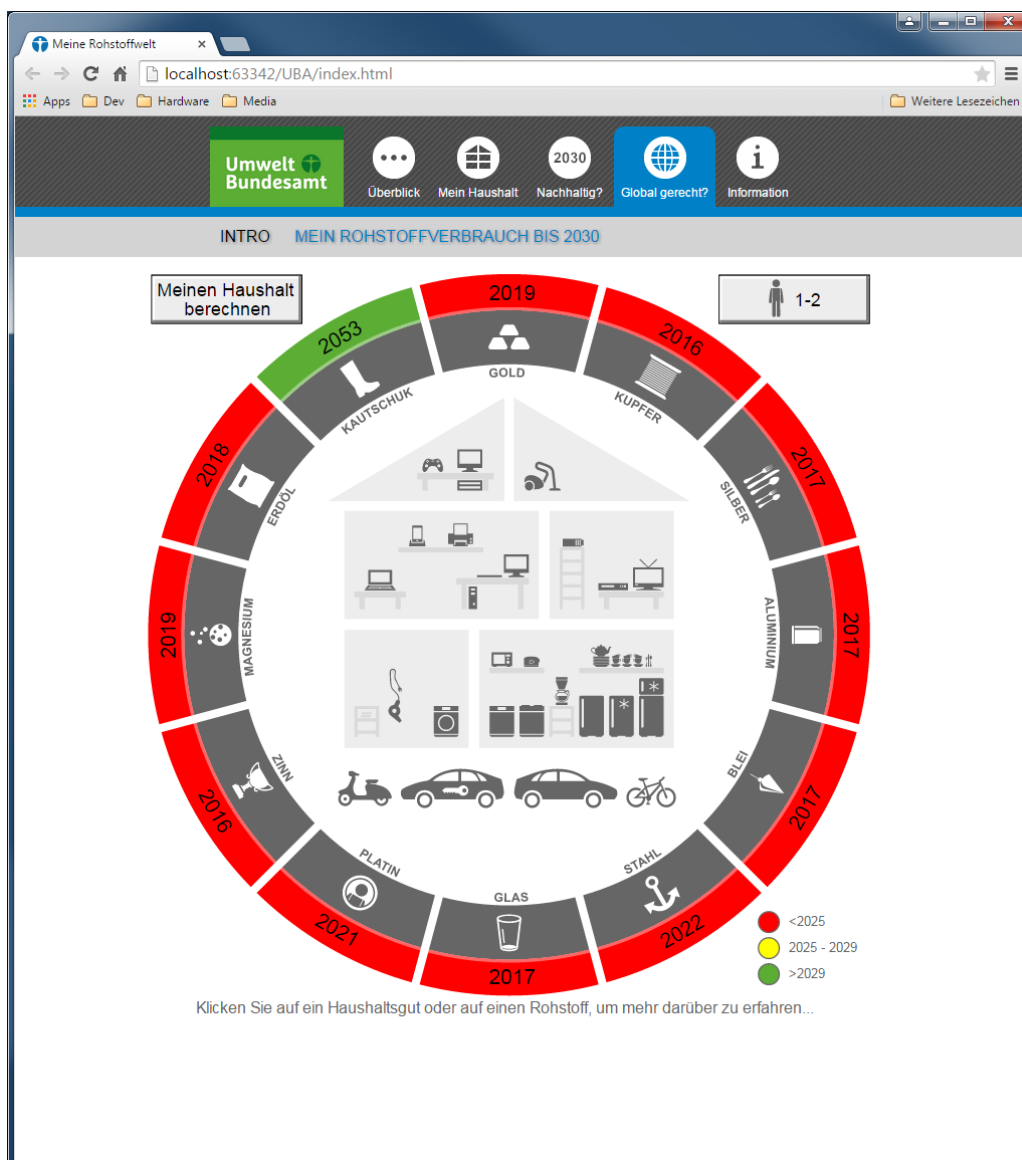


Quelle: Eigene Darstellung

Das Untermenü „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“

Jenseits des informatorischen Untermenüs „Intro“ wird das Thema „Global gerechte Rohstoffverteilung“ innerhalb des interaktiven Untermenüs „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“ mittels der in AP1 für das Jahr 2030 berechneten Verfügbarkeitskorridore aufbereitet.

Abb. 51: Die Start- und Ergebnisseite des Untermenüs „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“, welches eigenständige Berechnungen durch den Nutzer zum Thema Rohstoffknappheit und global gerechte Rohstoffverteilung ermöglicht



Quelle: Eigene Darstellung

Im Hinblick auf das individuell bis zum Jahr 2030 ermittelte Budgetkonto wird dem Nutzer des Webtools direkt das Ergebnis seiner Konsumentenscheidung bzgl. der Ausstattung seines Haushaltes mit langlebigen Gütern und der ihnen jeweils zugeordneten Nutzungsdauern angezeigt. Dabei wird das jeweilige Overshoot-Jahr außerhalb des Rohstoffrings angegeben und entsprechend dem Ampel-Prinzip farbig unterlegt: ROT: < 2025, GELB: 2025 – 2029, GRÜN: >2030.

7.6.3 Das Menü „Nachhaltig?“

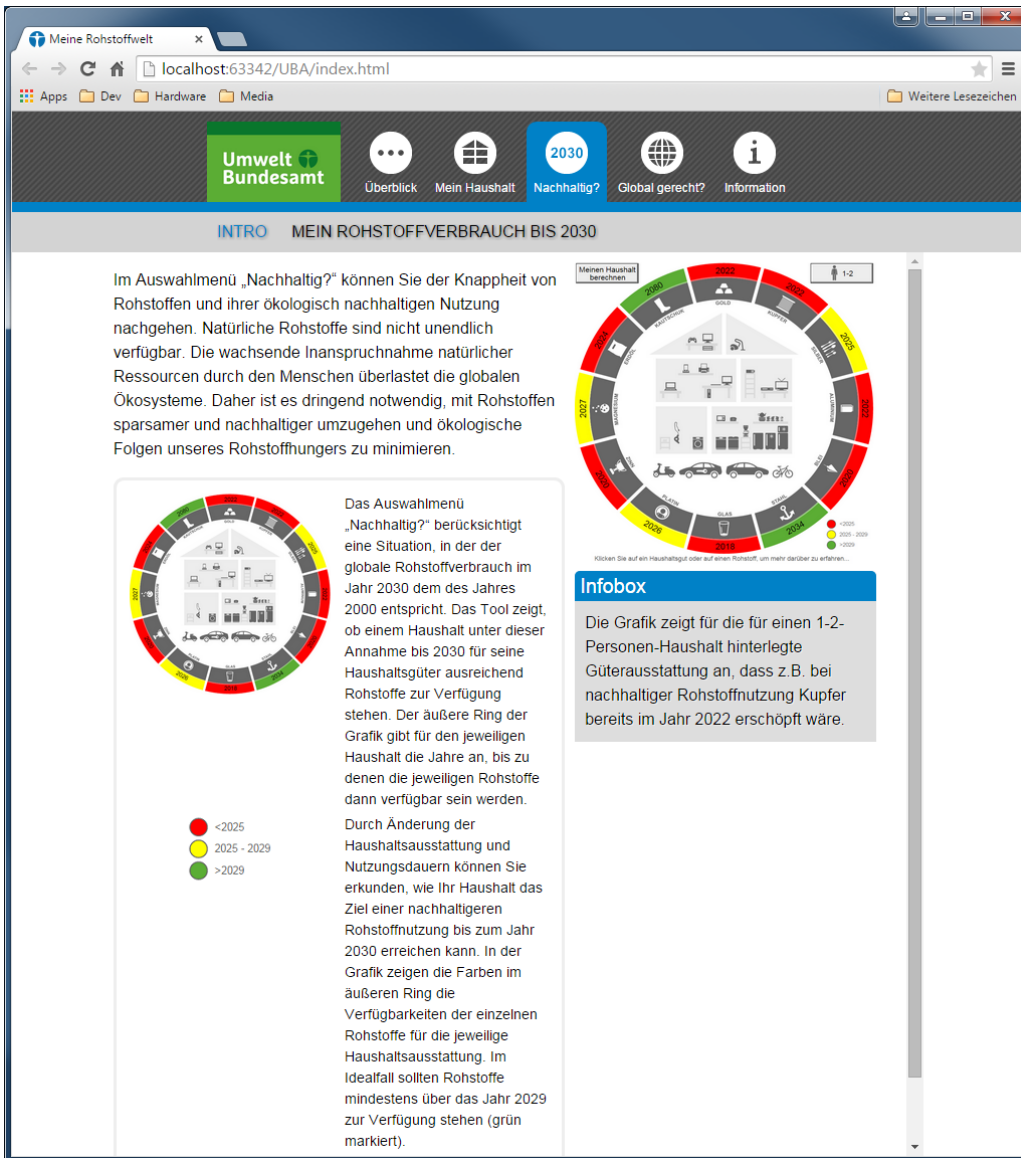
Das Auswahlmenü „Nachhaltig?“ thematisiert die Knappheit von Rohstoffen vor dem Hintergrund von Nachhaltigkeitsüberlegungen und zeigt dem Nutzer auf, dass er durch sein Konsumverhalten Einfluss auf seine Rohstoffinanspruchnahme nehmen kann. Die innerhalb des Webtools durchgeführten Berechnungen nehmen Bezug auf die in AP 1 unter der Prämisse nachhaltiger Ressourcenbewirtschaftung durchgeführten Berechnungen. Der entsprechende **Verfügungskorridor** unterstellt für das Jahr 2030 rohstoffspezifische Zielwerte entsprechend den Verbrauchsniveaus des Jahres 2000.⁷¹

Das Untermenü „Intro“

Das Untermenü „Intro“ gibt einen Überblick über die innerhalb des ergänzenden interaktiven Untermenüs „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“ dargestellten und analysierten Zusammenhänge und Key-Messages. Die Infobox unterhalb der rechtsseitigen Abbildung (Ergebnisdarstellung für den standardmäßig hinterlegten 2-Personen Haushalt) erläutert kurz, wie diese unter der Prämisse von Nachhaltigkeit zu interpretieren bzw. zu verstehen ist.

⁷¹ Mit einer solchen Zielperspektive „Verbrauchsniveau des Jahres 2000“ im Jahr 2030 wird in diesem Forschungsprojekt auf die derzeitige Diskussion im PolRess-Projekt Bezug genommen werden, bei der ebenfalls die Zielperspektive „Niveau des Jahre 2000“ diskutiert wird.

Abb. 52: Das Untermenü „Intro“ (gleichzeitig die Eingangsseite des Menüs „Ist mein Konsum nachhaltig?“)

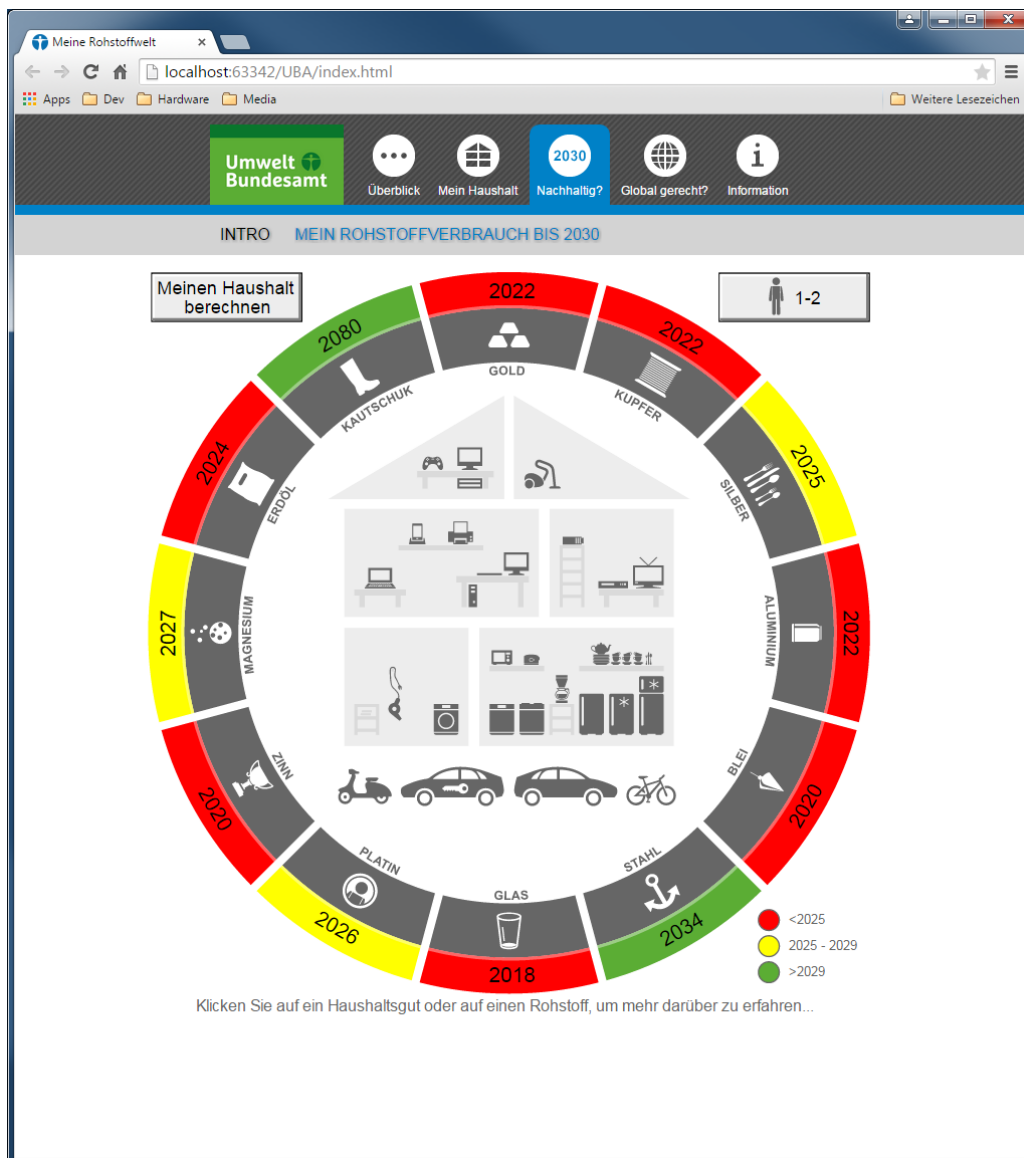


Quelle: Eigene Darstellung

Das Untermenü „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“

Jenseits des informatorischen Untermenüs „Intro“ wird das Thema „Nachhaltige Rohstoffnutzung“ innerhalb des interaktiven Untermenüs „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“ mittels der in AP1 für das Jahr 2030 berechneten Verfügungskorridore aufbereitet.

Abb. 53: Die Start- und Ergebnisseite des Untermenüs „Mein Rohstoffverbrauch bis 2030“, welches eigenständige Berechnungen durch den Nutzer zum Thema Rohstoffknappheit und nachhaltige Rohstoffnutzung ermöglicht



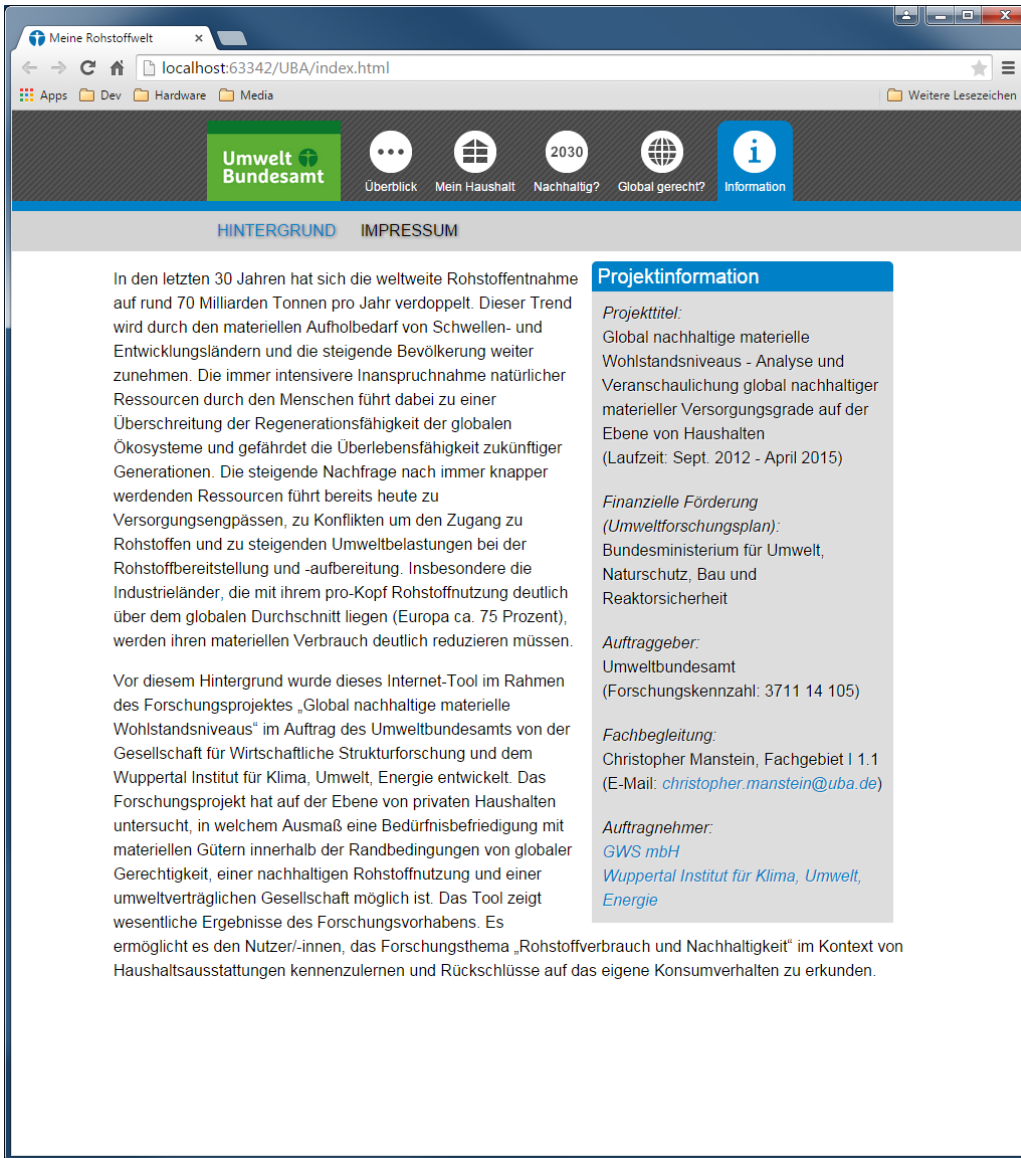
Quelle: Eigene Darstellung

Im Hinblick auf das für ihn individuell bis zum Jahr 2030 ermittelte Budgetkonto wird dem Nutzer des Webtools direkt das Ergebnis seiner Konsumentenscheidung bzgl. der Ausstattung seines Haushaltes mit langlebigen Gütern und der ihnen zugeordneten Nutzungsdauern entsprechend der obigen Abbildung angezeigt. Wie im Auswahlmenü „Global gerecht?“ wird wieder das jeweilige Overshoot-Jahr außerhalb des Rohstoffrings angegeben und entsprechend dem Ampel-Prinzip farbig unterlegt: ROT: < 2025, GELB: 2025 – 2029, GRÜN: >2030.

7.6.4 Das abschließende Menü „Projektinformation“

Das Auswahlmengü „Information“ informiert über das dem Webtool zugrundliegende UBA-Forschungsprojekt.

Abb. 54: Die Startseite des Menüs “Projektinformation”



Quelle: Eigene Darstellung

8 Arbeitspaket 5: Auswertung der Projektergebnisse

Das Projekt „Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus“ zielte darauf ab, Konzepte – Verfügbarkeits- und Verfügungskorridore – mit den entsprechenden methodische Berechnungen zur Bestimmung des Rohstoffverbrauchs langlebiger Haushaltsgüter zu entwickeln sowie global tragfähige Ausstattungen für verschiedene Haushaltstypen darzustellen. Auch wenn die im Rahmen dieses Projekts erbrachten Leistungen als Pilotstudie einzuordnen sind, so zeigt sich doch, dass am Ende dieses Forschungsvorhabens erstmalig ein in sich abgestimmter Ansatz zur Evaluation und Projektion materieller Wohlstandsniveaus vorliegt. Es wurden folgende Informationen zusammengetragen und berechnet:

- Rohstoffinventare von 24 langlebigen Konsumgütern für mindestens 12 prioritäre Rohstoffe
- Konsummuster nach 7 sozioökonomischen Haushaltstypen (13 langlebige Haushaltsgüter)
- Nutzungsdauern für 24 langlebige Konsumgütern
- Individuelle Verfügbarkeitskorridore (Prämisse „Business-as-Usual“) für 16 prioritäre Rohstoffe bis zum Jahr 2030
- Individuelle Verfügungskorridore (Prämisse „Globale Nachhaltigkeit“) für 16 prioritäre Rohstoffe bis zum Jahr 2030
- Individuelle Verfügungskorridore (Prämisse „Globale Gerechtigkeit“) für 16 prioritäre Rohstoffe bis zum Jahr 2030
- Ableitung von haushaltspezifischen Budgetkonten mit den jeweiligen Rohstoffinventaren für langlebige Konsumgüter bis zum Jahr 2030 unter den alternativen Prämissen zur globalen Rohstoffverfügbarkeit

Für die Güterkategorie der dauerhaften Konsumgüter wurde somit erstmals ein Datensatz entwickelt, welcher die angebotsseitigen Besonderheiten auf der individuellen Produktebene und die sich dahinter „verbergenden“ Rohstoffinventare mit den nachfrageseitigen Besonderheiten aufgrund von individuellen Konsummustern unter alternativen Prämissen der individuellen Rohstoffverfügbarkeit konsistent verknüpft.

Ergänzend wurden die gewonnenen Erkenntnisse in einer Internetanwendung für das Web-Angebot des UBA veranschaulicht. Die im Rahmen dieses Forschungsvorhaben entwickelte „Pilotversion“ eines Webtool ermöglicht seinen Nutzern durch Konfiguration der individuellen Haushaltsausstattung die Einhaltung der Nachhaltigkeitsschranken persönlich erkunden und spielerisch variieren zu können. Um das Webtool für weite Bevölkerungsteile attraktiv zu gestalten wurde im Zuge seiner Entwicklung jenseits eines intuitiven attraktiven Tooldesigns auch Wert auf die Bereitstellung von ergänzenden leicht verständlichen informativen Fact-Sheets gelegt. Letztere stellen nicht nur Handlungsempfehlungen zusammen, sondern informieren auch über rohstoff- und produktspezifische Besonderheiten.

Die im Rahmen dieser Pilotstudie gewonnenen Ergebnisse können zukünftig durch weiterführende aufwändigere Datenanalysen und Berechnungsalgorithmen systematisch ausgebaut werden. So könnte hierbei beispielsweise aufgezeigt werden, wie sich die in AP1 zu Grunde gelegte Datenbasis erweitern ließe. In Bezug auf die in AP2 gewählte Vorgehensweise

zur exemplarischen Fokussierung auf ausgewählte Haushaltstypen und soziale Milieus könnte aufgezeigt werden, wie sich dieser Analyserahmen zukünftig weiter verfeinern ließe. Auch könnte das im Rahmen dieses Forschungsvorhabens entwickelte Webtool zukünftig ggf. viel stärker in Richtung auf spezifische Nutzergruppen bzw. Anwender weiterentwickelt werden.

In den folgenden Unterabschnitten werden abschließend vertiefend Schlussfolgerungen im Hinblick auf eine mögliche Fortsetzung oder Vertiefung und Weiterentwicklung der geleisteten Arbeiten abgeleitet.

8.1 Verbesserung der statistischen Datenbasis zu produktspezifischen Rohstoffinventaren

Als grundlegendes Problem erwies sich die geringe Verfügbarkeit von Produktinventaren bzw. Produktkompositionen. Auch bei der vorgenommenen Vereinfachung der Systemgrenzen konnte in den seltensten Fällen ein Literatureintrag aufgefunden werden, der die benötigten Informationen bereithält. Dort wo Produkte erfasst wurden, handelte es sich zudem häufig um genau ein bestimmtes Produkt aus einer möglichen Palette von Produktvarianten. Typ (LCD oder CRT Fernseher), Alter, Anwendungseignung (z.B. Gaming- oder Büro-PC), Preis (z.B. Kunststoff- oder Aluminiumverkleidung eines Laptops) und Produktbandbreite (Kleinwagen oder gehobener Mittelklassewagen) haben aber maßgeblichen Einfluss auf sowohl Masse als auch Anteile der Rohstoffe. Diese Auswahl einer zufälligen Stichprobe an Produkten kann demnach nicht als Referenz für einen Durchschnittshaushalt verwendet werden. Mögliche Nachfolgeprojekte sollten diese Probleme im Blick haben, um eine genauere bzw. repräsentativere Datenerfassung vornehmen zu können. Hier empfiehlt es sich, den gewählten Ansatz mit Top-Down Vorgehensweisen (z.B. indem Gütermengen aus Konsumausgaben privater Haushalte konstruiert werden) zu kombinieren. Erfasste Einzelprodukt-Daten sollten zudem entweder mit Produktvarianten gemittelt oder mit anderen Daten abgeglichen werden (z.B. mit Stofffraktionsgewichten der Abfallverwertung und -sortierung).

8.2 Verbesserung der statistischen Datenbasis zu Haushaltsausstattungen nach sozioökonomischen Haushaltstypen bzw. -größenklassen

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde eine Verknüpfung von sozialen Daten mit physikalischen Daten bzw. die Differenzierung von prioritären Rohstoffinventaren nach Haushaltstypen vorgenommen. Die Ergebnisse haben deutliche Unterschiede zwischen typischen Haushalten in Deutschland hinsichtlich des Rohstoffaufkommens in Gebrauchs- und Verbrauchsgütern gezeigt. Dominante Merkmale im Ausstattungsbestand, allen voran der PKW als Gebrauchsgut bzw. Kraftstoff als korrespondierendes Verbrauchsgut, nivellieren diese Unterschiede nicht. Eine differenzierte Abbildungen der produktspezifischen Haushaltsausstattungen nach sozioökonomischen Haushaltstypen bzw. Haushaltsgrößenklassen ist unerlässlich. Für künftige Weiterentwicklungen wäre insbesondere der Nachweis von spezifische Untergruppen bzw. Produktvariationen zu übergeordneten Produktkategorien (z.B. für PKW, Fernseher, Zweiräder) hilfreich. Angesichts einer rohstoffintensiven Nutzung von Verbrauchsgütern wäre auch eine Berücksichtigung ihrer Nutzungsweisen und Verbraucherverhalten eine spannende Zukunftsaufgabe. So blieb im Rahmen dieses Projekts aufgrund fehlender Informationen etwa die Berücksichtigung von Nutzungszyklen und Konsumverhalten in der langen Frist nahezu unberücksichtigt. Dafür ist eine Datengrundlage nötig, die neben sozio-ökonomischen und sozio-kulturellen Merkmalen wie Einstellungen, auch

Konsumverhalten und soziale Praktiken sowie deren Wandel berücksichtigt. Letzteres ist wiederum nur hinreichend in Längsschnittuntersuchungen nachzuvollziehen.

8.3 Weiterentwicklung des Webtools in Richtung eines interaktiven didaktisch optimierten Lehrmittels für das Bildungswesen

Eine Aufwertung der bestehenden „Pilotversion“ des Webtools könnte kurzfristig insbesondere durch folgende Maßnahmen bewirkt werden:

- Erweiterung des Intros um einige ergänzende gut gestaltete Seiten, um so eine aus kommunikationswissenschaftlicher und didaktischer Perspektive optimalen Überblick zu den Analysemöglichkeiten des Webtools vor dem Hintergrund des „spielerisch“ erkundeten Webtools einarbeiten zu können.
- Verstärkter Einsatz von Bildern innerhalb der informatorischen Fact-Sheets. Für die entsprechend einzubinden Bilder sind in webbasierten Bilddatenbanken zu erwerben. Geeignete Anbietern wären u.a. fotolia.com, photocase.com.

Auch ist die Erstellung einer englischsprachigen Version des Webtools prinzipiell möglich. Jenseits von kleineren zusätzlichen Programmieraufwendungen würden lediglich zusätzliche Kosten zur Übersetzung der informatorischen Textbeiträge anfallen.

Zur besseren kommunikativen Einbindung des Webtools in unterschiedliche Bildungskontexte sind primär folgende Maßnahmen denkbar:

- Integration des Webtools auf dem nationalen Bildungsserver.
- Erstellen eines Flyers, welcher Funktionalität und Idee des Webtools erläutert.
- Präsentation des Webtools auf einigen zielgruppenspezifischen Veranstaltungen und Messen im In- und Ausland: Dieses erfordert die Erstellung einer geeigneten Powerpoint-Präsentation sowie eines Posters.
- Kontaktaufnahme mit „klassischen“ Schulbuchverlagen mit Expertise in den Unterrichtsfächern Geographie und Wirtschaft bzw. im Themenfeld Nachhaltigkeit (u.a. Westermann-Verlag, Friedrich-Verlag).
- Veröffentlichen eines deutschsprachigen Beitrags zur Funktionalität und Idee des Webtools und Möglichkeiten seiner Integration in den Unterricht in den für Lehrer üblicherweise wahrgenommenen Fachzeitschriften.

8.4 Weiterentwicklung des Webtools in Richtung eines alltagstauglichen Informationsinstruments für breite Bevölkerungsschichten

Eine Aufwertung der bestehenden „Pilotversion“ des Webtools könnte mittelfristig insbesondere durch solche Maßnahmen bewirkt werden, die einen realitätsnahen Einsatz im Rahmen von Konsumententscheidungen ermöglichen:

- Weiterentwicklung der ergänzenden informatorischen Komponenten des Webtools
- Erweiterung der Produkte um produktspezifische Untergruppen
- Erweiterung der prioritären Rohstoffe

8.5 Weiterentwicklung des Webtools in Richtung eines interaktiven optimierten Tools für die angewandte Politikberatung

Insbesondere eine Weiterentwicklung des Tools für den Einsatz im Zuge der Politikberatung könnte erforderlich machen, dass – wie bereits in AP3 erläutert – die Ergebnisse von Szenarien-Analysen aus umweltökonomischen Modellen – z.B. des Modells GINFORS – zu alternativen bzw. möglichen rohstoffspezifischen Zielwerten in Verfügungskorridoren in einem separaten Menü des Webtools hinterlegt werden müssten.

9 Quellenverzeichnis

- Achzet, B.; Reller, A.; Zepf, V.; Rennie, C.; BP; Ashfield; M.; Simmons; J. (2011): Materials Critical to the Energy Industry – An Introduction.
- ADAC e.V. (2013): Tabelle: Verbrauch nach Klassen und Kraftstoff. Testzeitraum: 1.1.2009 - 31.03.2012. Umfang: 520 Fahrzeuge. Zur Verfügung gestellt durch Matthias Gall (ADAC e.V.) am 21.08.2013.
- Angerer, G.; Marscheider-Weidemann, F.; Erdmann, L.; Scharp, M.; Handke; V.; Marwede, M. (2009): Rohstoffe für Zukunftstechnologien. Studie im Auftrag des BMWi.
- Avid Boustan et al. (2010): Appliance Remanufacturing and Energy Savings. Environmentally Benign Manufacturing Laboratory, Sloan School of Management.
- Ayres, R. Warr, B. (2010): The Economic Growth Engine: How Energy and Work Drive Material Prosperity.
- BGR (2005): Rohstoffwirtschaftliche Steckbriefe für Metall- und Nichtmetallrohstoffe. Anlage 2. zu BMWA (2005). Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Hannover
- BGS (2012): European Mineral Statistics 2006-2010. British Geological Survey. Keyworth. Nottingham.
- BITKOM (2010): Die Zukunft der Consumer Electronics.
- BMW (2005): Bericht zur aktuellen rohstoffpolitischen Situation und zu möglichen rohstoffpolitischen Handlungsoptionen. Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit.
- BMWi (2013): Gesamtausgabe der Energiedaten - Datensammlung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Zugriff unter <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiedaten/gesamtausgabe.html>.
- British Petroleum (2013): BP Statistical Review of World Energy June 2013, <http://www.bp.com/statisticalreview>
- Bringezu, S.; Schütz, H.; Saurat, M.; Moll, S.; Acosta-Fernández, J.; Steger, S. (2009): Europe's Resource Use. Basic Trends, Global and Sectoral Patterns and Environmental and Socioeconomic Impacts. In Sustainable Resource Management. Global Trends, Visions and Policies; Bringezu, S., Bleischwitz, R. (Eds.); Greenleaf: Sheffield, UK; pp. 52–154.
- Bringezu, S.; Schütz, H. (2013): Indikatoren und Ziele zur Steigerung der Ressourcenproduktivität, PolRes Arbeitspapier AS 1.4.
- Buchert et al. (2012): Recycling kritischer Rohstoffe aus Elektronik-Altgeräten. Öko-Institut. Presentation.
- Buhl, J. (2014): Revisiting Rebound Effects from Material Resource Use. Indications for Germany Considering Social Heterogeneity. In: *Resources*, 3(1), Pages 106-122.
- BUND/MISEREOR (1997). Zukunftsfähiges Deutschland: ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung : Studie des Wuppertal-Instituts für Klima, Umwelt, Energie GmbH. Basel u.a.: Birkhäuser.
- BVSE (2008): Textilrecycling in Deutschland. Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. 2008.
- CICR (2011): Vision 2030.
- Cleveland, C. et al. (2000): Aggregation and the role of energy in the economy. In: Volume 32, Issue 2, February 2000, Pages 301–317.

- Consultic Group (2013): Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2011 (Kurzfassung),
http://www.bvse.de/pdf/oeffentlich/Kunststoff/Endbericht_2011_31_08_2012_Kurzversion.pdf
- Defila, R. et al. (Hrsg.) (2011). Wesen und Wege nachhaltigen Konsums: Ergebnisse aus dem themenschwerpunkt „Vom Wissen zum Handeln - Neue Wege zum nachhaltigen Konsum“. München: oekom.
- DERA (2012a): Deutschland – Rohstoffsituation 2011. DERA Rohstoffinformation No. 13
- DERA (2012b): DERA-Rohstoffliste 2012, Angebotskonzentration bei Metallen und Industriemineralien – Potenzielle Preis- und Lieferrisiken. DERA Rohstoffinformation No. 10
- DLR (2012): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Schlussbericht. BMU - FKZ 03MAP146.
- Dittrich, M. et al. (2013): Update of national and international resource use indicators, UBA-Texte 08/2013.
- EEA (2013): Environmental pressures from European consumption and production. A study in integrated environmental and economic analysis. EEA Technical report No 2/2013
- Erdmann, L.; Behrendt, S.; Feil, M. (2011): Kritische Rohstoffe für Deutschland. Studie im Auftrag der KfW Bankengruppe.
- EU Kommission (2010): Building on the Eco-design Directive, EuP Group Analysis (I) ENTR Lot 3 Sound and Imaging. Equipment Task 1–7 Report.
- EU Commission (2010): Critical Raw Materials – Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials.
- FAO (2012): WORLD AGRICULTURE TOWARDS 2030/2050. The 2012 Revision
- FAO (2003): World agriculture: towards 2015/2030. AN FAO PERSPECTIVE
- Federico, A., Musmeci, F. & Proietti Mancini, D. (2001): MIPS of the Italian Mobile Telephone Network. Paper presented at the Conference Challenges of a Changing Earth, Amsterdam 10–13 July 2001. ENEA Casaccia. Roma, Italy .
- Fraunhofer IZM (2007): EuP Preparatory Studies “Imaging Equipment” (Lot 4) Final Report on Task 4 “Technical Analysis” Compiled by Fraunhofer IZM and PE Europe.
- Gebhardt, B. et al. (Hrsg.) (2003): Nachhaltiger Konsum zwischen Modellprojekt und Verallgemeinerbarkeit. Berlin: Mensch & Buch Verlag.
- Graedel, T. E., et al. (2012). "Methodology of metal criticality determination." Environmental science & technology 46(2): 1063-1070
- Grunwald, A. et al (Hrsg.) (2001): Forschungswerkstatt Nachhaltigkeit – Wege zur Diagnose und Therapie von Nachhaltigkeitsdefiziten, Berlin, Edition Sigma.
- Giljum, S., Lutter, S., Bruckner, M. & Aparcana, S. (2013): State-of-play of National Consumption-based Indicators. A review and evaluation of available methods and data to calculate footprint-type (consumption-based) indicators for materials, water, land and carbon. Download unter: http://ec.europa.eu/environment/enveco/resource_efficiency/pdf/FootRev_Report.pdf

- Hakkarainen, E., Lettenmeier, M. & Saari, A. (2005): Polkupyöräliikenteen aiheuttama luonnonvarojen kulutus Suomessa (PyöräMIPS). (Bicycle MIPS – Natural Resource Consumption in Finnish Bicycle Traffic, in Finnish) Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 55/2005. Ministry of Transport and Communications, Helsinki, Finland.
- Halada, K. (2008): Forecasting of the Consumption of Metals up to 2050. In Materials Transactions, Vol. 49, No. 3 (2008) pp. 402 to 410.
- Hischier R., Classen M., Lehmann M. and Scharnhorst W. (2007): Life Cycle Inventories of Electric and Electronic Equipment: Production, Use and Disposal. Final report ecoinvent data v2.0 No. 18. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH.
- Holborn (2002a): Spezifikation Diesel. Holborn Europa Raffinerie GmbH Spezifikationen, Februar 2002. Download unter:
http://www.antonwiller.de/intern/portal01/htdocs/ftp_documents/30_spezifikation_diesel.pdf (letzter Zugriff: 09.10.2013).
- Holborn (2002b): Spezifikation unverbleiter Ottokraftstoff. Holborn Europa Raffinerie GmbH Spezifikationen, April 2002. Download unter:
http://www.antonwiller.de/intern/portal01/htdocs/ftp_documents/29_spezifikation_benzin.pdf (letzter Zugriff: 09.10.2013).
- Hortmeyer, Elke (2013): email-Verkehr, Head of Economic Research and Communications, Bremer Baumwollbörse, Bremen.
- Hujanen & Salokannel. (2007): MIPS calculation of a toaster. Unpublished course report. Lahti University of Applied Science, environmental engineering.
- ICAC FAO (2011): World Apparel Fiber Consumption Survey - Europe. ISBN: 9780979390371, Washington (USA), 2011.
- IEA (2013): World Energy Outlook 2013.
- IKEA (2012): Produktkatalog.
- International Resource Panel (2014): Assessing Global Land Use: Balancing Consumption with Sustainable Supply. A Report of the Working Group on Land and Soils of the International Resource Panel. Bringezu S., Schütz H., Pengue W., O'Brien M., Garcia F., Sims R., Howarth R., Kauppi L., Swilling M., and Herrick J.
- International Resource Panel (2011a): Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth, A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. Fischer-Kowalski, M., Swilling, M., von Weizsäcker, E.U., Ren, Y., Moriguchi, Y., Crane, W., Krausmann, F., Eisenmenger, N., Giljum, S., Hennicke, P., Romero Lankao, P., Siriban Manalang, A., Sewerin, S.
- International Resource Panel (2011): Recycling Rates. A Status Report.
- Korhonen & Majaniemi. (2007): MIPS calculation of a coffee cooker. Unpublished course report. Lahti University of Applied Science, environmental engineering.
- Kotakorpi, E.; Lähteenoja, S.; Lettenmeier, M. (2008): Household MIPS. Natural Resource Consumption of Finnish Households and Its Reduction; The Finnish Environment 43en/2008; Ministry of the Environment: Helsinki, Finland.

- Kuehr, R., Williams, E. (eds.) (2003). Computers and the Environmental – Understanding and managing their impacts. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Kunert, U. und Radke, S. (2011): Kraftfahrzeugverkehr 2010: Weiteres Wachstum und hohe Bedeutung von Firmenwagen. DIW Wochenbericht Nr. 48/2011 vom 30. November 2011.
- Lee, B.; Preston, P.; Kooroshy, J.; Bailey, R.; Lahn, G. (2012): Resources Futures. A Chatham House Report
- Leinonen, Pöllänen & Sipilä. (2007): MIPS calculation of a hairdryer. Unpublished course report. Lahti University of Applied Science, environmental engineering.
- Lettenmeier, M.; Rohn, H.; Liedtke, C.; Schmidt-Bleek, F. (2009): Resource Productivity in 7 steps. How to Develop Eco-innovative Products and Services and Improve Their Material Footprint; Wuppertal Spezial 41; Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy: Wuppertal.
- Lettenmeier, M.; Hirvilammi, T.; Laakso, S.; Lähteenoja, S.; Aalto, K. (2012): Material Footprint of Low-Income Households in Finland—Consequences for the Sustainability Debate. Sustainability 4, 1426-1447.
- Lettenmeier, M.; Liedtke, C.; Rohn, H. (2014): Eight Tons of Material Footprint - Suggestion for a Resource Cap for Household Consumption in Finland. In: Resources 3, 488-415.
- Leuenberger, M., Frischknecht, R., ESU-services Ltd. (2010): Life Cycle Assessment of Two Wheel Vehicles Implemented in ecoinvent data v2.2.
- Matthes, F. C.; Ziesing, H.J.; (2005): Sicherheit der rohstoffversorgung – eine politische Herausforderung?! Studie für die Bundestagsfraktion von Bündnis90/Die Grünen.
- Mercedes Benz (2009): Umwelt-Zertifikat Mercedes-Benz C-Klasse. Mercedes Benz.
- Mitchell, A. (1984). The nine American lifestyles: who we are and where we're going. New York: Warner Books.
- Moisio, T., Lähteenoja, S., Lettenmeier, M. (2008). TavaramIPS – Kodin tavaroiden luonnonvarojen kulutuksen arviointi (Goods MIPS – Assessing the use of natural resources in household goods. In Finnish). Publications of the National Consumer Research Centre 6/2008.
- Mottschall und Quack (2011): PROSA Mikrowellenkochgeräte für den Hausgebrauch. Öko-Institut.
- Nemry, F., Leduc, G., Mongelli, I., Uihlein, A. (2008): Environmental Improvement of Passenger Cars (IMPRO-car). Joint Research Centre, European Commission.
- NRC (2008): Minerals, Critical Minerals and the U.S. Economy. National Research Council
- NSG (2011): NSG Group and the Flat Glass Industry 2011
- Ovaskainen, Saku (2002): Determining the eco-efficiency of repair service using MIPS-indicator. Bachelor's study, environmental engineering, 107 pages. Lahti Polytechnic Faculty of Technology.
- Peters, A.; Sonnberger, M.; Dütschke, E.; Deuschle, J. (2012). Theoretical perspective on rebound effects from a social science point of view. Working Paper to prepare empirical psychological and sociological studies in the REBOUND project. Fraunhofer ISI.
- Ritthoff, Michael, Holger, Rohn, Christa Liedtke & Thomas Merten (2002): Calculating MIPS. Resource productivity of product and services. 53 s. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Wuppertal.

- Salo, Ville & Michael Lettenmeier (2006): SähkölaiteMIPS - Käyttöiän ja energiatehokkuuden vaikutus sähkölaitteiden aiheuttamaan materiaalipanokseen. (Electric device MIPS - Influence of lifetime and energy efficiency on the material input of electric and electronic devices. In Finnish). Helsinki Metropolitan Area Reuse Centre Ltd. , Helsinki.
- Singhal, Pranshu (2005): Integrated Product Policy Pilot Project. Stage I Final Report: Life cycle environmental Issues of Mobile Phones.
- Sociodimensions (2010): Socio-Milieus 2010. sociodimensions Markt- und Sozialforschung GbR, Heidelberg.
- Sorensen (2007): Personal email with Tiina Moisio (s. Moisio et al. 2008).
- Sorrel, S. (2010). Mapping rebound effects from sustainable behaviours. Key Concepts and Literature Review. SLRG Working Paper 01-10.
- Statistisches Bundesamt (2011): Umweltökonomische Gesamtrechnungen: Weiterentwicklung der Berechnungen zum Energieverbrauch und zu den CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs im Rahmen des NAMEARechenansatzes – Methodenbericht.
- Statistisches Bundesamt (2012): Ausstattungsgrad und Ausstattungsbestand von Haushalten (Laufende Wirtschaftsrechnungen): Deutschland, Stichtag, Gebrauchsgüter, Soziale Stellung d. Haupteinkommensbeziehers. destatis.de
- Steinberger, J./Roberts, J. T. (2010): From constraint to sufficiency: the decoupling of energy and carbon from human needs, 1975-2005. Ecological Economics
- Stern, D (2011): The role of energy in economic growth in “Ecological Economics Reviews.” Robert Costanza, Karin Limburg & Ida Kubiszewski, Eds. Ann. N.Y. Acad. Sci. 1219: 26–51.
- Tuztas, M. (keine Jahresangabe): Life Cycle of a Smartphone. Icycle. Presentation. Slide 9.
- UGR (2012): Umweltökonomische Gesamtrechnung 2012. Umweltnutzung und Wirtschaft - Tabellen zu den umweltökonomischen Gesamtrechnungen Teil 6: Sektorale Berichtsmodul (Verkehr und Umwelt, Landwirtschaft und Umwelt, Waldgesamtrechnung). Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2012.
- USGS (2013): Mineral Commodity Summaries 2013. United Geological Survey. Reston. Virginia.
- USGS (2013): Review of Selected Global Mineral Industries in 2011 and an Outlook to 2017.
- VDKI (2012): Jahresbericht 2012 - Fakten und Trends 2011/2012. Verein der Kohleimporteure. ISSN 1612-5371.
- von Geibler, Justus, Michael Kuhndt & Volker Türk (2003): The environmental impacts of mobile computing. A case study with Hewlett Packard. Final report. Wuppertal Institute for Climate, Energy, Environment, Wuppertal.
- Wdk (verschiedene Jahrgänge): Die Kautschukindustrie.
- Wittmer, D.; Scharp, M.; Bringezu, S.; Ritthoff, M.; Erren, M.; Lauwig, C.; Giegrich, J. (2011): Umweltrelevante metallische Rohstoffe. Ressourceneffizienz Paper 2.1. MaRes-Projekt.
- Wuppertal Institute RG3, 2011: J. Acosta-Fernandez und H.Schütz. Auf der Basis der EW-MFA datensatz (WI), IO-Tabelle 2005 für DE (Eurostat). Die Berechnungen wurden durchgeführt für: EEA 2012: Environmental Pressures from European Consumption and Production - A study in integrated environmental and economic analysis. EEA Technical Report No 2/2013.

Global nachhaltige materielle Wohlstandsniveaus

WWF (2010): Bekleidung und Umwelt. WWF Deutschland, Berlin, Juli 2010.

Zhu Jianxin (keine Jahresangabe): Physical/Chemical Composition and Hazardous Characteristics of Electronic Waste. Presentation.

