

2019

Projekt MatCH – Synthese

Material- und Energieflüsse der schweizerischen Volkswirtschaft

Mit Bewertung der Umweltbelastungen



Synthese des Projekts MatCH 'Materialressourcen Schweiz'

Teil 1: MatCH – Bau

Teil 2: MatCH – Mobilität

Teil 3: MatCH – Produktion & Konsum



Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt BAFU
Abteilung Abfall und Rohstoffe
3003 Bern

Begleitung BAFU

Bernhard Hammer

Auftragnehmer

Empa - Materials Science & Technology
Abteilung Technologie und Gesellschaft
Lerchenfeldstrasse 5
9014 St. Gallen

Autoren

Dr. Cecilia Matasci, Marcel Gauch, Heinz Böni

Hinweis: Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU verfasst.
Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Titelbild: Von links nach rechts: Baustelle im Kanton Zug ([Internet](https://www.iStockphoto.com)); Strassenbahn und Auto auf einer Brücke von Zürich, Schweiz (www.iStockphoto.com); Einkaufswagen in einer Reihe (www.iStockphoto.com).

Zusammenfassung

Um die Effizienz des Verbrauchs von Material- und Energieressourcen in der Schweiz zu ermitteln, werden im Rahmen des Projektes MatCH die Material- und Energieflüsse in der schweizerischen Volkswirtschaft auf Stufen einzelner Konsumbereiche dargestellt. Damit wird eine Grundlage geschaffen, um die Material- und Energieeffizienz über eine gewisse Zeitspanne beurteilen und mittels Szenarien künftige Entwicklungen abschätzen zu können. Daraus sollen 'hot-spots', insbesondere Potentiale zur Rückführung von Stoffen in eine Kreislaufwirtschaft, ermittelt und Massnahmen abgeleitet werden können.

Der zu Grunde gelegte Ansatz ist: Was fliesst in die Schweiz (Importe), was wird national produziert (inländische Gewinnung) und was fliesst aus der Schweizer Volkswirtschaft ab ('Verbrauch', Entsorgung und Export). Der Schweizerische Konsum, hier gemessen als inländischer Materialverbrauch (DMC "Domestic Material Consumption"), wird berechnet als Summe von Import und inländischer Gewinnung abzüglich Export (Abbildung A).

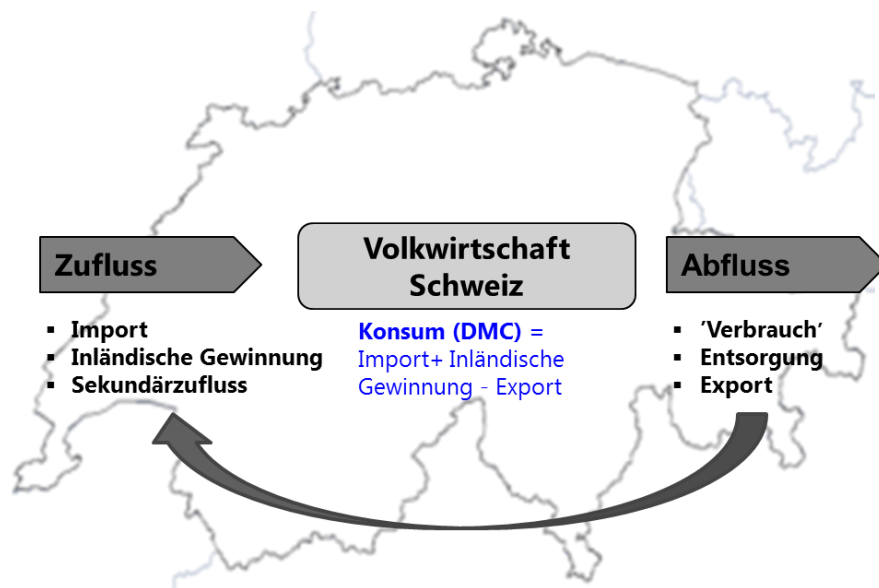


Abbildung A: Darstellung des Zu- und Abflusses über die Systemgrenze Schweiz. Der Konsum (DMC) ist die Differenz von Import plus inländischer Gewinnung abzüglich Export. 'Verbrauch' bezeichnet die Flüsse, welche in Energie und/oder in Gase umgewandelt werden (z.B. Nahrungsmittel, Energieträger). Ein Teil der entsorgten Materialien fliesst ins System als Sekundärmaterial zurück.

Der vorliegende Bericht "*Material- und Energieflüsse der schweizerischen Volkswirtschaft*" (kurz 'Synthesebericht') deckt die gesamte Volkswirtschaft der Schweiz ab und fasst die drei Berichte der MatCH-Trilogie (Bau (Gauch et al. 2016), Mobilität (Gauch et al. 2017) und Produktion & Konsum (Matasci, Gauch, and Böni 2018)) zusammen.

Zur Bestimmung der Zusammensetzung der Güter wurden 18 Materialkategorien festgelegt. Dazu gehören nicht nur feste Materialien wie mineralische Rohstoffe, Metalle, Kunststoffe, etc., sondern auch Brennstoffe, Treibstoffe und Elektrizität (umgerechnet in Tonnen Öl-Äquivalente (toe)) und Nahrungsmittel. Die Arbeit erfolgte in 4 Schritten (Abbildung B):

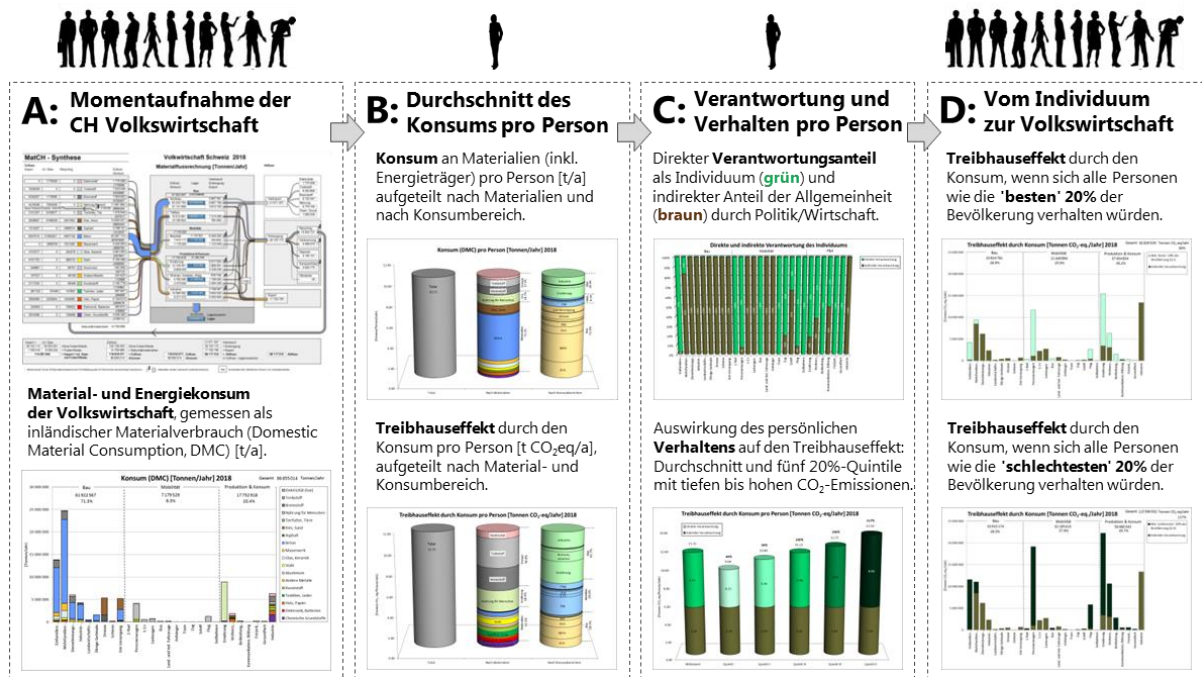


Abbildung B: Struktur dieses Berichtes. Links und rechts: Analyse der ganzen Volkswirtschaft, Zentrum: Analyse auf Ebene des Individuums (Grafiken symbolisch).

- **A - Momentaufnahme der gesamten schweizerischen Volkswirtschaft:** Erfassung und Darstellung des Lagers sowie sämtlicher Material- und Energieflüsse und deren Umweltbelastungen¹ aus den MatCH Studien Bau (Gauch et al. 2016), Mobilität (Gauch et al. 2017) und Produktion & Konsum (Matasci, Gauch, and Böni 2018).
- **B - Durchschnitt des Konsums pro Person:** Aufteilung des schweizerischen Gesamtkonsums und dessen Umweltbelastung als Durchschnitt pro Person.
- **C - Verantwortung und Verhalten pro Person:** Differenzierung der Anteile, für welche ein Individuum tendenziell direkt (z.B. Reisen, Ernährung) und indirekt (z.B. Strassenbau, allgemeine Wohlfahrt) verantwortlich ist. Der direkt beeinflussbare Teil des Konsums hängt tendenziell ab von der persönlichen Einstellung, gesellschaftlichen Normen und vom persönlichen Verhalten, beim indirekten Teil ist man stärker abhängig von politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Das individuelle Verhalten kann durch sogenannte Verhaltenstypen charakterisiert werden. Die Verhaltenstypen werden in fünf Bevölkerungs-Quintile eingeteilt. Nicht abgebildet werden kann mit dem vorliegenden Ansatz das Zusammenspiel zwischen den Akteuren.
- **D - Vom Individuum zur Volkswirtschaft:** Die Volkswirtschaft ist die Summe des Verhaltens sämtlicher Individuen. Aufgrund der Differenzierungen in Teil C wird in Teil D auf die gesamte Volkswirtschaft zurückgeschlossen: Wie hoch wären die CO₂-Emissionen der Schweiz, wenn sich alle Individuen wie das 'beste' oder 'schlechteste' Fünftel der Bevölkerung verhalten würden?

¹ Die untersuchten Umweltbelastungen sind: Treibhauseffekt (t CO₂-eq./a), nicht erneuerbarer gesamter Energiebedarf (TJ/a) und Gesamt-Umweltbelastung (Mio. UBP/a).

Resultate

Materialflussrechnung der Volkswirtschaft

Die Resultate der Studie werden basierend auf den MatCH Berichten Bau (2016), Mobilität (2017) und Produktion & Konsum (2018) für das Jahr 2018 dargestellt. Die jährlichen Zu- und Abflüsse an Materialien in der Schweiz werden in Abbildung C und D gezeigt. Die Summe von Import und inländischer Gewinnung (total 104 Mio. t/a) bildet zusammen mit dem rezyklierten Anteil Sekundärmaterialien aus dem Entsorgungsprozess (15 Mio. t/a) den Zufluss in die Volkswirtschaft. Knapp die Hälfte der zufließenden Materialien verbleibt im System (52 Mio. t/a) und lässt damit das ca. 3.2 Mia. Tonnen 'schwere' Lager jährlich um 1.6% wachsen. Der Abfluss setzt sich zusammen aus einem Anteil von 22 Mio. t/a, welcher 'verbraucht' wird (z.B. Nahrung, Energieträger), der Entsorgung (27 Mio. t/a) und dem Export (18 Mio. t/a). Der inländische Materialkonsum (DMC) beträgt jährlich 87 Mio. Tonnen, berechnet aus dem Zufluss ohne Exportanteil und ohne Sekundärmaterialien².

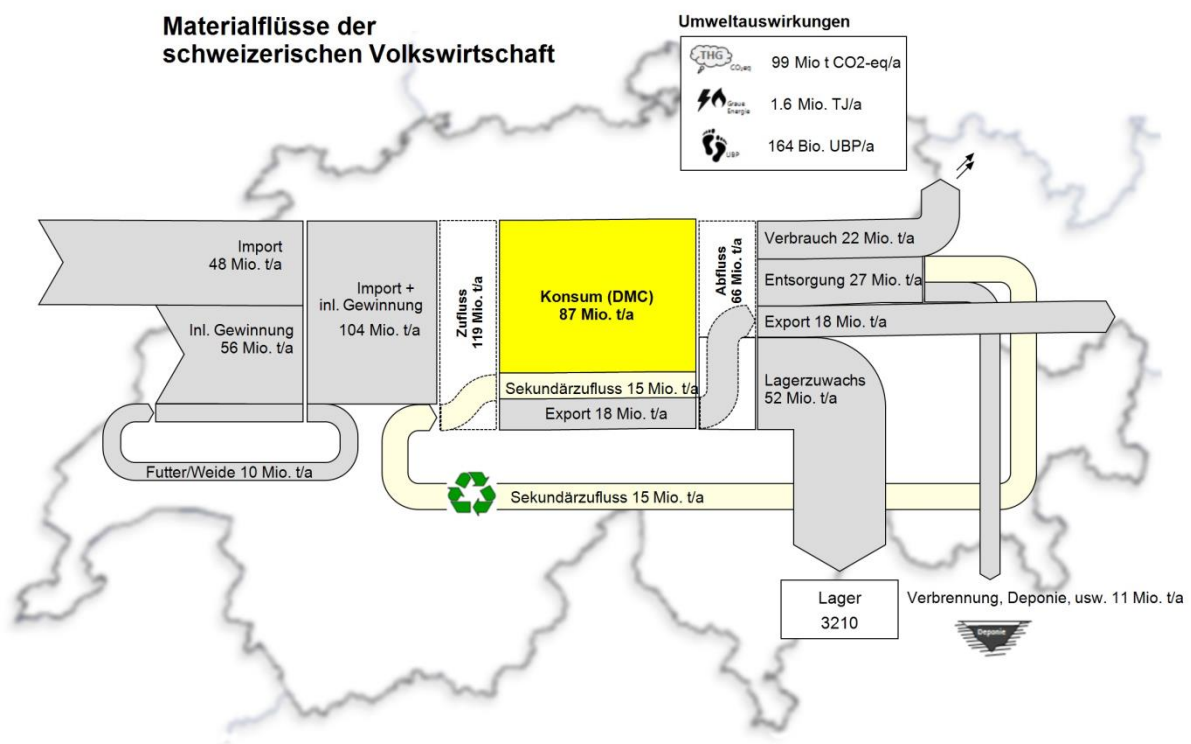


Abbildung C: Massenflüsse der Schweiz im Überblick.

² Die Berechnung des DMC folgt üblichen Definitionen, bei welchen Sekundärmaterialien nicht mitberücksichtigt werden. Mit zunehmender Bedeutung der Kreislaufwirtschaft müsste die Konsumdefinition ergänzt werden. Eurostat (https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/cei_srm030) schlägt den Begriff 'Overall Material Use' (Gesamtmaterialverwendung) für die Summe des DMC und der Sekundärmaterialien vor.

Im Detail wurden für die Studie 18 Materialkategorien und 28 Konsumbereiche unterschieden. Fasst man alle Konsumbereiche zu 3 Hauptbereichen zusammen und unterscheidet noch Hoch- und Tiefbau, Mobilität sowie Ernährung, Wohnen/Arbeiten/Alltag und Industrie, lassen sich die detaillierten Flüsse gemäss Abbildung D aufzeichnen.

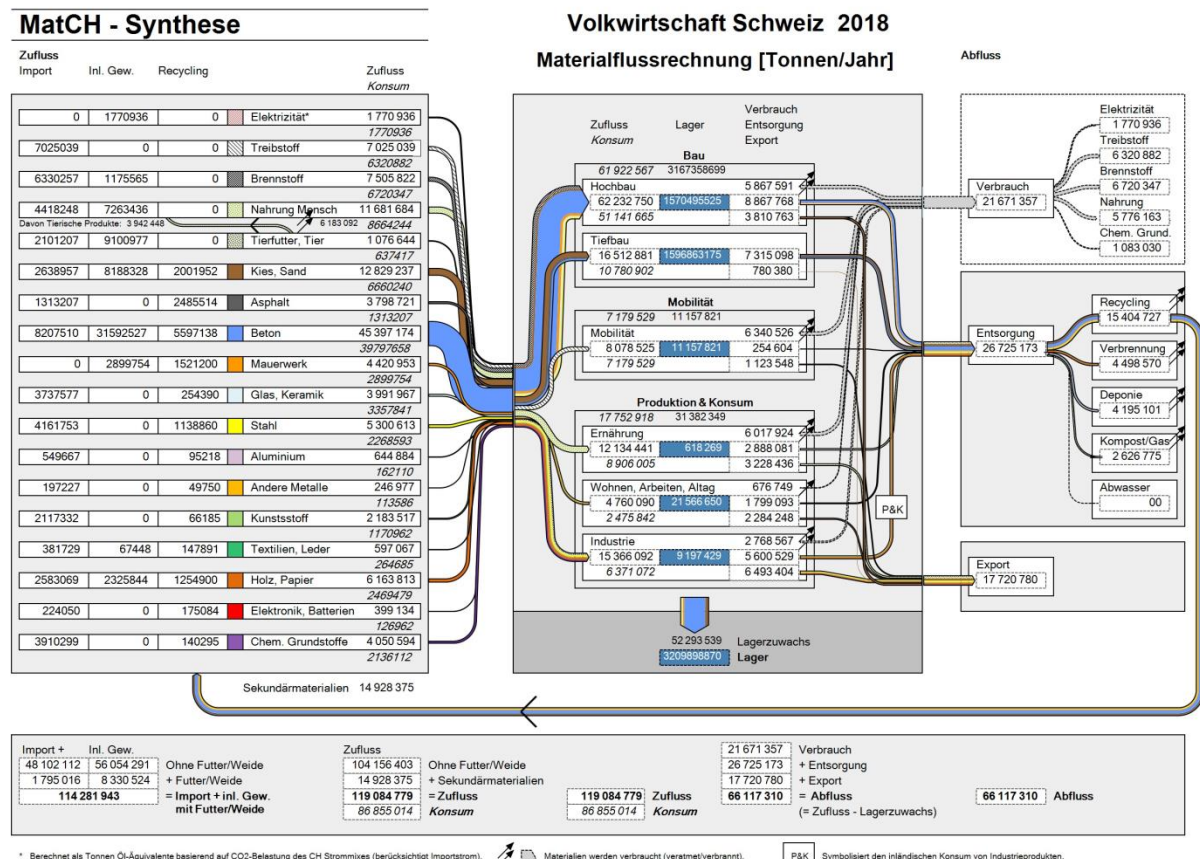


Abbildung D: Übersicht der Material- und Energieflüsse sowie des Lagers für das Jahr 2018.

Zusammensetzung der Lagermasse

Die Abschätzung der Masse an Gütern, welche sich gesamthaft in der Schweiz befinden (Lagermasse), ist mit grossen Unsicherheiten behaftet. Im Bereich Mobilität kann mit recht guter Genauigkeit von unten nach oben (bottom-up) gerechnet werden. Die Materialmasse im Baubereich basiert auf vorgängigen Studien (Wüest & Partner 2015; Rubli 2016). Die gelagerte Masse bei Produktion & Konsum entspricht dem jährlichen Konsum multipliziert mit der Nutzungsdauer des entsprechenden Produkts. Aus der Auswertung ist die Darstellung nach Materialien oder nach Konsumbereichen möglich.

Die gesamte Masse an Gütern in der Schweiz beträgt 3.2 Mia. Tonnen für das Jahr 2018. Das grösste Lager ist Beton (1.3 Mia. t) sowie Kies und Sand (1.1 Mia. t) im Hoch- und Tiefbau. Die Masse des Lagers im Bausektor bildet mit 3.2 Mia. Tonnen rund 98.7% der gesamten Lagermasse, ungefähr hälftig aufgeteilt auf Hochbau und Tiefbau. Die Masse an Fahrzeugen im Mobilitätsbereich macht mit 11.2 Mio. Tonnen rund 0.3% aus, beim Bereich Produktion & Konsum sind es 31.4 Mio. Tonnen mit einem Anteil von 1.0% an der gesamten Lagermasse (Abbildung E).

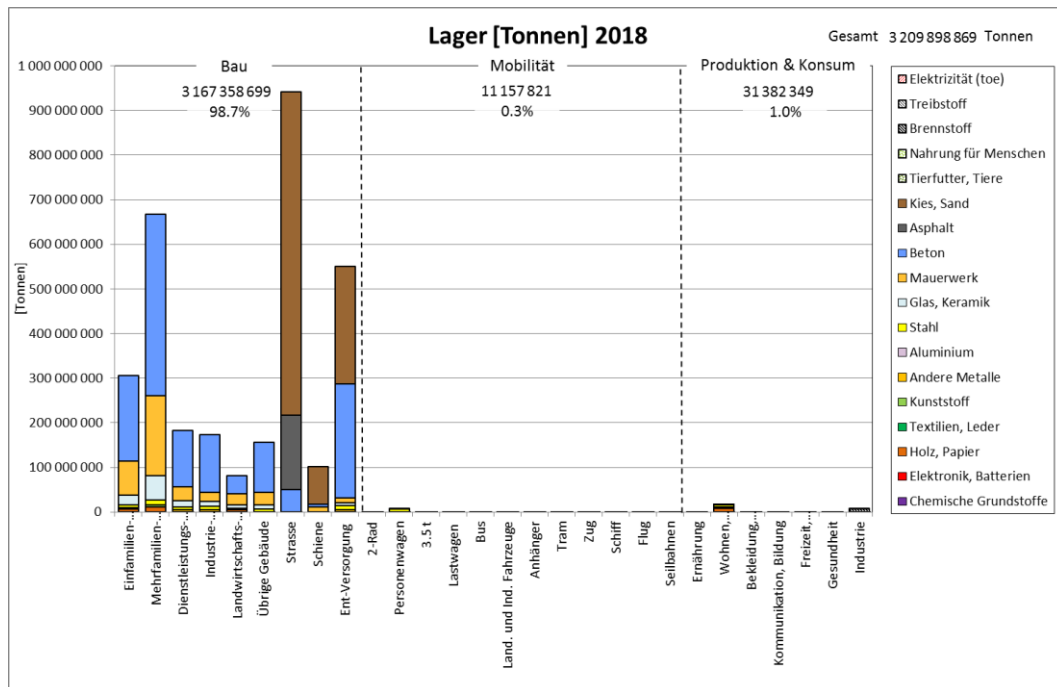


Abbildung E: Gesamte gelagerte Masse an Materialien und Energie in der Schweiz. Darstellung nach 28 Konsumbereichen.

Jährlicher Konsum und dessen Zusammensetzung

Wird der inländische Konsum (Domestic Material Consumption DMC) betrachtet, also die jährliche Differenz zwischen dem Import plus der inländischen Gewinnung und dem Export der Schweiz, können die Massenströme an Materialien in verschiedenen Konsumbereichen dargestellt werden. Die jährlich benötigte Gesamtmasse um die Volkswirtschaft Schweiz in Betrieb zu halten beträgt 86.9 Mio. Tonnen, darin nicht inbegriffen ist Tierfutter (Weideertrag, Getreide, usw., etwa 10.1 Mio. t/a) sowie Wasser (630 Mio. t/a) und Gold (800 t/a)³. Am meisten verbraucht wird Beton, welcher fast die Hälfte der gesamten Masse ausmacht (39.8 Mio. t/a, 45.8%, Tabelle A). Jährlich fließen 61.9 Mio. Tonnen (71.3%) an Materialien in den Bausektor, 7.2 Mio. Tonnen (8.3%) in die Mobilität und schliesslich 17.8 Mio. Tonnen (20.4%) in Produktion & Konsum (Abbildung F).

³ Wasser wurde wegen Verzerrungen durch enorm hohe Flüsse ausgeschlossen (jedoch in (Matasci, Gauch, and Böni 2018) analysiert). Bei den anderen Metallen wurde Gold wegen Verzerrungen durch starke Umweltauswirkungen separat in (Matasci, Gauch, and Böni 2018) untersucht.

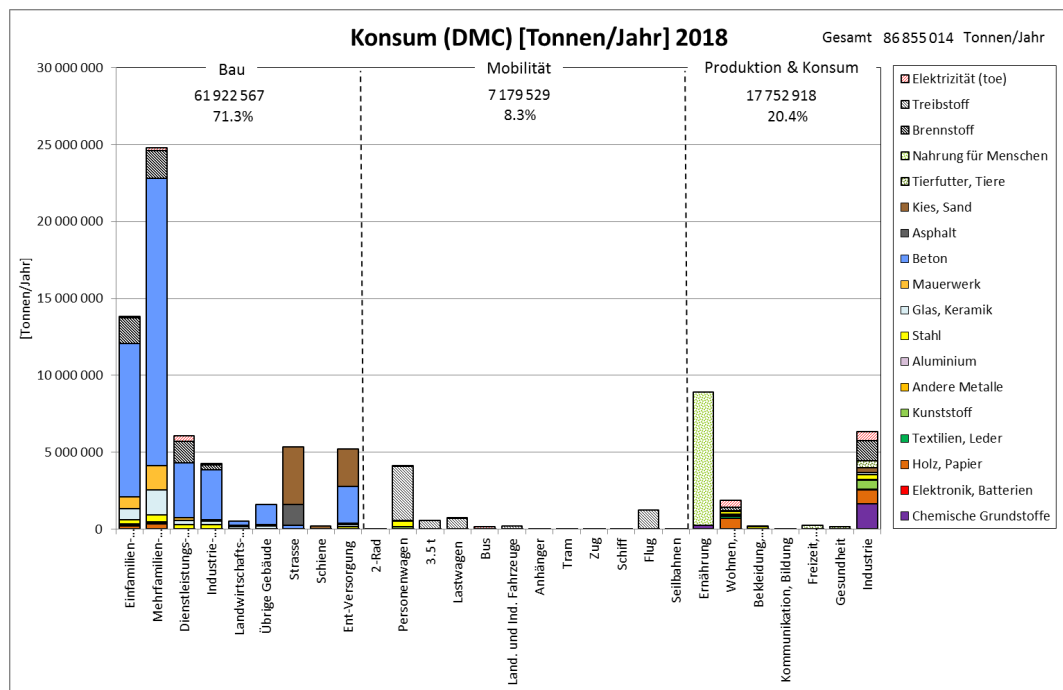


Abbildung F: Übersicht des inländischen Konsums an Materialien und Energie in der Schweiz. Darstellung nach 28 Konsumbereichen.

Treibhauseffekt durch den Material- und Energiekonsum

Hinter jedem Material, das in roher oder verarbeiteter Form in die Schweiz gelangt oder in der Schweiz hergestellt wird, steckt eine Lieferkette mit energetischem und stofflichem Aufwand. Weist man jeder der betrachteten 18 Materialkategorien eine Umweltbelastung zu, lässt sich beispielsweise der Treibhauseffekt in den verschiedenen Konsumbereichen inklusive der verursachenden Materialien gemäss Abbildung G darstellen.

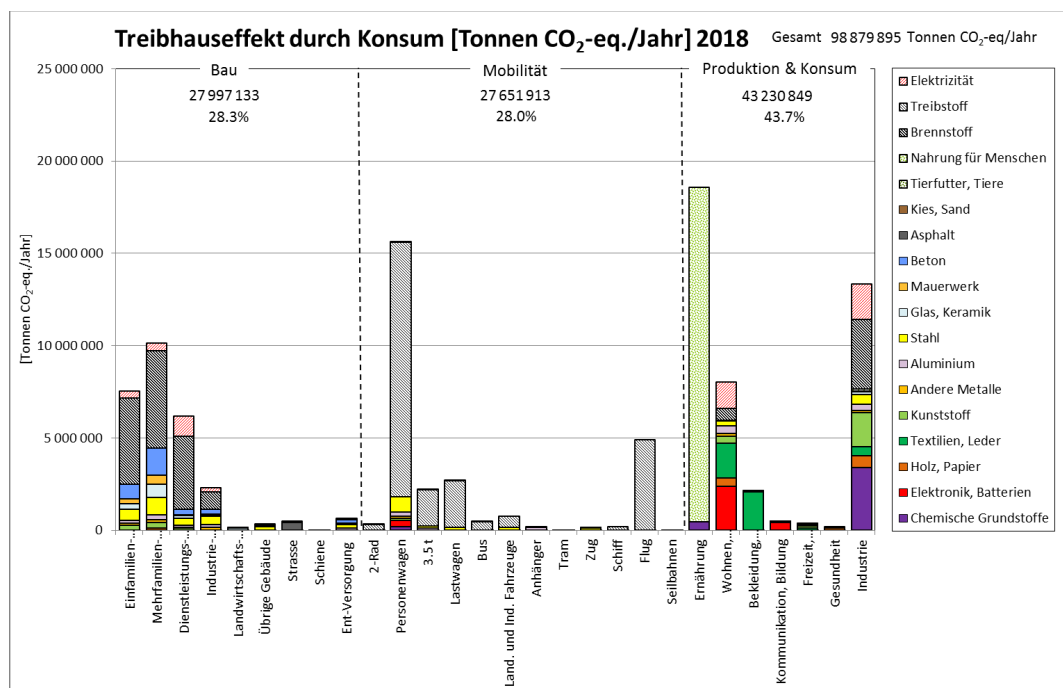


Abbildung G: Treibhauseffekt durch den Konsum in Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Jahr, differenziert nach dem Materialanteil in 28 Konsumbereichen.

Übersicht Umweltauswirkungen durch den Material- und Energiekonsum

Die Massenflüsse wurden mit einer vereinfachten Ökobilanz auf ihre Umweltrelevanz hin beurteilt. Betrachtet man nicht nur Massenflüsse, sondern auch die damit verbundenen ökologischen Wirkungen, wird deutlich, dass die Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen sowie der Konsum von Nahrungsmitteln in den drei untersuchten Indikatoren der Umweltbelastung (Treibhauseffekt, nicht-erneuerbarer gesamter Energiebedarf, Gesamt-Umweltbelastung) die grössten Auswirkungen verursachen (Tabelle A). Beim Treibhauseffekt verursacht der Energiekonsum allein die Hälfte der Emissionen. Bei der Gesamtumweltbelastung sind die Anteile zwischen Energie, Nahrung und den anderen Materialien ähnlich aufgeteilt (jeweils etwa ein Drittel, Abbildung H).

Total Konsum (DMC) 2018	Konsum (DMC)		Treibhauseffekt		Gesamter Energiebedarf *		Gesamt-Umweltbelastung	
Kategorie	Tonnen/Jahr	Prozentsatz	Tonnen CO ₂ -eq/Jahr	Prozentsatz	TJ/Jahr	Prozentsatz	Mio. UBP/Jahr	Prozentsatz
Elektrizität (toe)	1 770 936	2.0%	5 578 447	5.6%	370 777	23.3%	15 018 632	9.2%
Treibstoff	6 320 882	7.3%	24 650 940	24.9%	371 154	23.3%	22 197 080	13.6%
Brennstoff	6 720 347	7.7%	19 235 131	19.5%	307 648	19.3%	13 799 483	8.4%
Nahrung für Menschen	8 664 244	10.0%	18 098 675	18.3%	106 647	6.7%	46 931 095	28.7%
Tierfutter, Tiere	637 417	0.7%	200 872	0.2%	1 330	0.1%	807 599	0.5%
Kies, Sand	6 660 240	7.7%	202 330	0.2%	2818	0.2%	703 845	0.4%
Asphalt	1 313 207	1.5%	380 569	0.4%	8 470	0.5%	446 130	0.3%
Beton	39 797 658	45.8%	3 149 360	3.2%	22 352	1.4%	3 672 898	2.2%
Mauerwerk	2 899 754	3.3%	887 779	0.9%	7 589	0.5%	809 784	0.5%
Glas, Keramik	3 357 841	3.9%	1 624 580	1.6%	20 013	1.3%	1 995 526	1.2%
Stahl	2 268 593	2.6%	4 755 441	4.8%	53 424	3.4%	10 543 785	6.4%
Aluminium	162 110	0.2%	2 196 032	2.2%	20 591	1.3%	3 236 756	2.0%
Andere Metalle	113 586	0.1%	986 106	1.0%	11 827	0.7%	13 486 578	8.2%
Kunststoff	1 170 962	1.3%	3 284 073	3.3%	80 481	5.1%	3 087 145	1.9%
Textilien, Leder	264 685	0.3%	4 459 994	4.5%	58 283	3.7%	6 992 232	4.3%
Holz, Papier	2 469 479	2.8%	1 505 996	1.5%	22 321	1.4%	2 540 512	1.6%
Elektronik, Batterien	126 962	0.1%	3 268 733	3.3%	43 272	2.7%	11 065 236	6.8%
Chemische Grundstoffe	2 136 112	2.5%	4 414 836	4.5%	82 566	5.2%	6 426 447	3.9%
Total Energie	14 812 164	17.1%	49 464 519	50.0%	1 049 580	65.9%	51 015 195	31.2%
Total Nahrung	9 301 662	10.7%	18 299 547	18.5%	107 977	6.8%	47 738 694	29.2%
Total übrige Materialien	62 741 189	72.2%	31 115 829	31.5%	434 006	27.3%	65 006 873	39.7%
Total	86 855 014	100.0%	98 879 895	100.0%	1 591 564	100.0%	163 760 762	100.0%

* Nicht erneuerbar

Tabelle A: Gesamter jährlicher Konsum (DMC) an Materialien und Energie in der Schweiz mit damit verbundenen Umweltauswirkungen (toe: Tonnen Öl-Äquivalente).

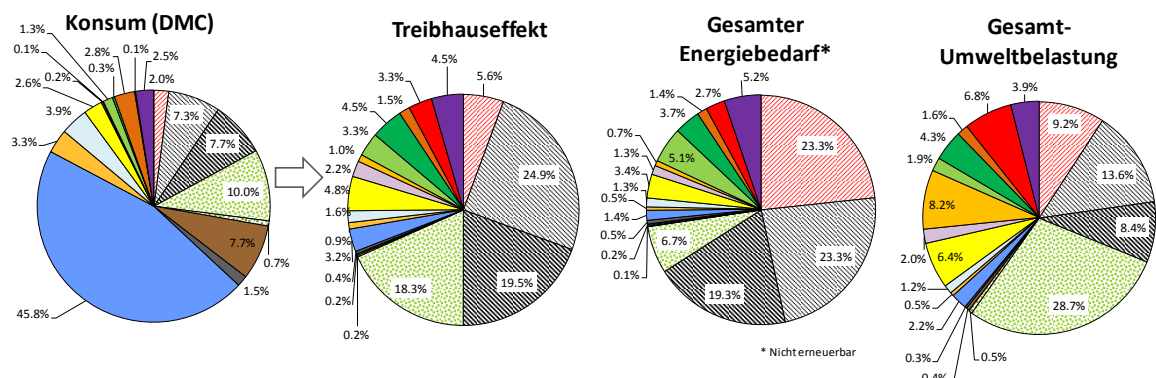


Abbildung H: Anteile verschiedener Materialien am Material- und Energiefluss (Konsum, links) bzw. den daraus entstehenden Umweltauswirkungen in der Schweiz 2018 in drei Kategorien. Farblegende siehe Tabelle A: Gestreift = Energie, gepunktet = Nahrung, volle Farben = Materialien.

Obwohl in der vorliegenden Studie eine vereinfachte Ökobilanz angewandt wurde, stimmen die Grössenordnungen mit der Studie von (Frischknecht et al. 2018) überein. Die höheren Werte von Frischknecht et al. stammen zum grossen Teil aus zusätzlichen Erwärmungseffekten der stratosphärischen Emissionen von Flugzeugen.

Konsum, Verantwortung und Verhalten eines Individuums

Abbildung I zeigt den jährlichen Konsum einer Person als Masse (erste und zweite Säule links) und den Treibhauseffekt, welcher durch diesen Konsum ausgelöst wird. Der Treibhauseffekt ist in der dritten und vierten Säule nach Materialien und nach Konsumbereichen dargestellt. In der fünften Säule ist die direkte vs. indirekte Verantwortung abgebildet. Bei den letzten beiden Säulen wird sichtbar, welches die (tendenziell) direkten und indirekten Verantwortungsanteile sind bei einem Verhalten wie die 'besten' 20% der Bevölkerung sowie bei einem Verhalten wie die 20% der Bevölkerung mit den höchsten Treibhausgas-Emissionen.

Der indirekte Anteil ist die in der Schweiz bereitgestellte Basis-Infrastruktur wie Strassen und Gesundheitswesen. Er dient allen Individuen und ist deshalb gleich hoch. Der direkte Anteil hängt ab vom persönlichen Verhalten und ist deshalb beeinflussbar. In der Summe beträgt die Variation zwischen eher ökologischem und eher unökologischem Verhalten knapp 20% im Vergleich zum Durchschnitt.

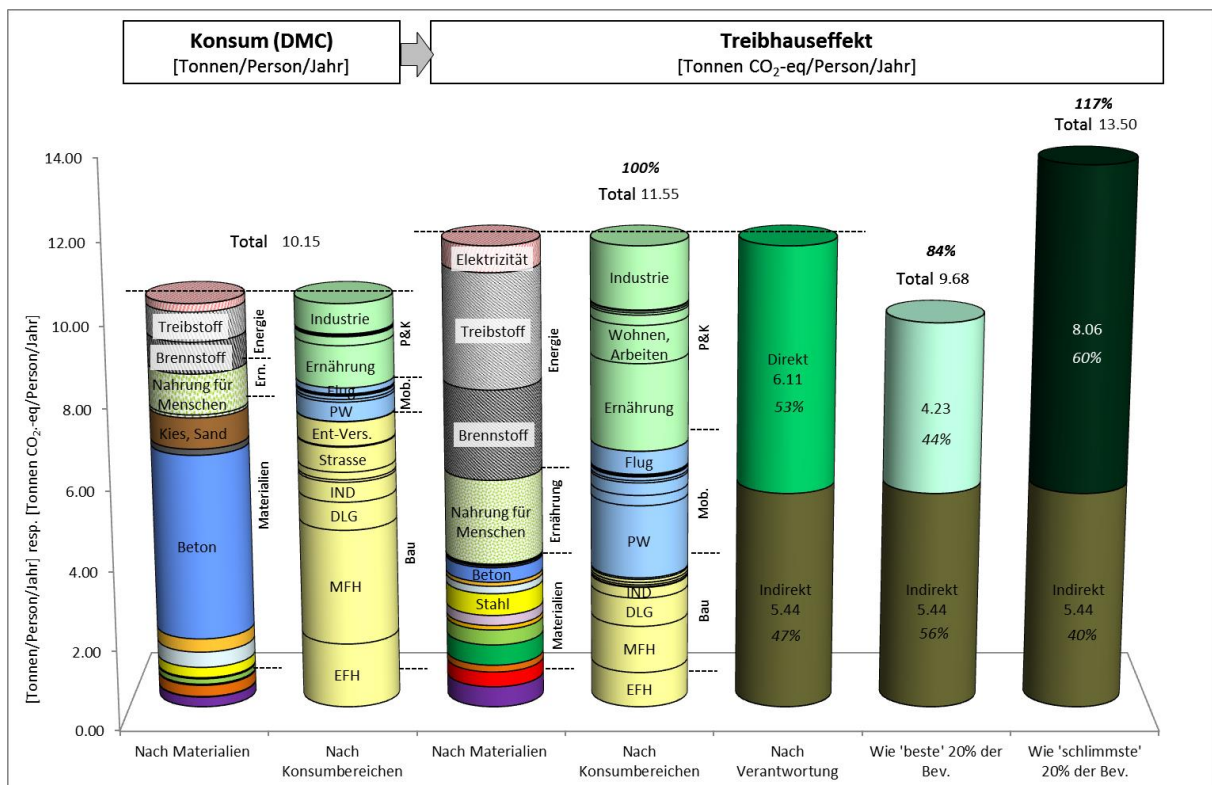


Abbildung I: Konsum und Treibhauseffekt durch ein Individuum, differenziert nach Materialien, Konsumbereichen, Verantwortung und Verhalten. P&K: Produktion & Konsum.

Vom Individuum zur Volkswirtschaft

Würden sich alle Einwohner wie Quintil I (die 'besten' 20% der Bevölkerung im Jahr 2018) verhalten, könnte die gesamte Umweltbelastungen auf 82.9 Mio. Tonnen CO₂-eq./Jahr (84%) reduziert werden. Würden sich im Gegenteil alle wie Quintil V (die 'schlimmsten' 20% der Bevölkerung) verhalten, würden die gesamten Treibhausgasemissionen auf 115.6 Mio. t/a (117%) ansteigen. Anders ausgedrückt: Im Vergleich mit dem ökologischsten 20%-Bevölkerungsanteil liegt der Treibhausgas-Fussabdruck des 20% Bevölkerungsanteils mit eher unökologischem Verhalten um fast 40% höher. Mögliche künftige Verbesserungen wurden in (Frischknecht et al. 2018) abgeschätzt. Grundlegendere weitere Potenziale wären noch auszuloten.

Inhalt

Zusammenfassung	1
Verzeichnis der Abbildungen	12
Verzeichnis der Tabellen	14
1 Einleitung	15
1.1 Motivation und Zielsetzung	15
1.2 Untersuchungsrahmen	15
1.3 Modell der Volkswirtschaft Schweiz	18
1.4 Literatur und Datengrundlagen	19
1.5 Darstellung der Resultate	20
2 Methodik	21
2.1 Strukturierung der Studie	21
2.2 Material- und Energieflüsse der gesamten Volkswirtschaft	22
2.3 Von Massenflüssen zu Umweltauswirkungen	24
2.4 Strukturierung der Material- und Energieflüsse	25
2.5 Darstellung der gesamten Volkswirtschaft	30
2.6 Durchschnitt des Konsums pro Person	30
2.7 Verantwortung und Verhalten pro Person	31
2.8 Rückaggregation vom Individuum auf die Volkswirtschaft	36
3 Resultate	37
3.1 Momentaufnahme der CH-Volkswirtschaft	37
3.2 Konsum und Umweltbelastungen pro Person	56
3.3 Verantwortung und Verhalten pro Person	58
3.4 Vom Individuum zur Volkswirtschaft	61
4 Schlussfolgerungen	66
5 Literaturverzeichnis	68
Anhang	70
A I Begriffe	70
A II Abkürzungen	73
A III Konsumbereiche (Systemübersicht)	75
A IV Detaillierte Energieverteilung	77
A V Entsorgung	78
A VI Resultate nach Materialkategorien	80
A VII Verhaltens-Archetypen aus Frömelt et al. (2018) im Detail	83
A VIII Vergleich mit anderen Quellen	84

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1-1:	Vereinfachte Darstellung des Materiallagers und der Zu-/Abflüsse des Systems 'Volkswirtschaft Schweiz' mit den sechs aggregierten Konsumbereichen (siehe Erklärung in Anhang III).	16
Abbildung 1-2:	Übersicht Projekt MatCH als Zusammenfassung der drei Bereiche Bau, Mobilität und Produktion & Konsum.	18
Abbildung 1-3:	Zusammenstellung der Hauptpublikationen und Erhebungen zum schweizerischen Konsum mit Darstellung der gegenseitigen Verknüpfungen.	19
Abbildung 2-1:	Teilbereiche der Synthesestudie: Von den Material- und Energieflüssen der gesamten Volkswirtschaft (A) wird ein Durchschnittskonsum pro Kopf gerechnet (B), dieser wird aufgrund der Analyse von direkter und indirekter Verantwortung aufgeteilt (C) und verschiedenen Verhaltenstypengruppen zugeordnet. Darauf basierend kann wieder auf die Volkswirtschaft hochgerechnet werden (D).	21
Abbildung 2-2:	Matrix der Konsumbereiche (in 3 Ebenen) und der Materialkategorien.	25
Abbildung 2-3:	Strukturierung der Konsumbereiche bei MatCH-Bau, MatCH-Mobilität und MatCH-Produktion & Konsum und Strukturierung bei MatCH-Synthese.	26
Abbildung 2-4:	Konsum von Energieträgern aus den MatCH Berichten. Die Zahlen des Syntheseberichts über alle Bereiche entsprechen dem Bericht MatCH – Produktion & Konsum.	28
Abbildung 2-5:	Aufteilung der Endenergie für das Jahr 2017 inkl. Tanktourismus und internationalem Flugverkehr in resp. PJ/Jahr (kursiv) und Tonnen/Jahr. Elektrizität wurde in Tonnen Öl-Äquivalente (toe) umgerechnet. Quellen: (BFE 2009; Gauch et al. 2017; BFE 2018a, 2018b).	29
Abbildung 2-6:	Direkte und indirekte Verantwortung einer Person für die verschiedenen Konsumbereiche.	33
Abbildung 3-1:	Material- und Energieflüsse der Volkswirtschaft Schweiz. Eine detaillierte Beschreibung der Flüsse und des Lagerbestands ist in Tabelle 3-1 zu finden.	37
Abbildung 3-2:	Konsum von Materialien in drei Konsumbereichen auf Ebene 1.	38
Abbildung 3-3:	Konsum von Materialien in 28 Konsumbereichen auf Ebene 3.	38
Abbildung 3-4:	Gelagerte Massen und deren Materialzusammensetzung in drei Konsumbereichen auf Ebene 1.	39
Abbildung 3-5:	Gelagerte Massen und deren Materialzusammensetzung in 28 Konsumbereichen auf Ebene 3.	39
Abbildung 3-6:	Entsorgung von Materialien in drei Konsumbereichen auf Ebene 1.	40
Abbildung 3-7:	Entsorgung von Materialien in 28 Konsumbereichen auf Ebene 3. Vergleich mit dem gestrichelt dargestellten Konsum in jedem Bereich.	40
Abbildung 3-8:	Gesamter Treibhauseffekt (Tonnen CO ₂ -Äquivalente/Jahr) der Volkswirtschaft Schweiz inklusive der vorgelagerten Prozesse, Nutzung und Entsorgung. Zahlen: Siehe Tabelle 3-2.	45
Abbildung 3-9:	Treibhausemissionen durch Konsum von Materialien in den drei Konsumbereichen auf Ebene 1.	46
Abbildung 3-10:	Treibhausemissionen durch Konsum von Materialien in 28 Konsumbereichen auf Ebene 3.	46
Abbildung 3-11:	Gesamter Energiebedarf (TJ, inklusive 'Graue Energie') der Volkswirtschaft Schweiz inklusive der vorgelagerten Prozesse, Nutzung und Entsorgung. Zahlen: Siehe Tabelle 3-3.	48
Abbildung 3-12:	Nicht erneuerbarer Gesamter Energiebedarf des Konsums von Materialien in drei Konsumbereichen auf Ebene 1.	49
Abbildung 3-13:	Nicht erneuerbarer Gesamter Energiebedarf des Konsums von Materialien in 28 Konsumbereichen auf Ebene 3.	49

Abbildung 3-14:	Gesamt-Umweltbelastung (Mio. UBP/a) der Volkswirtschaft Schweiz inklusive der vorgelagerten Prozesse, Nutzung und Entsorgung. Zahlen: Siehe Tabelle 3-4. 51	
Abbildung 3-15:	Gesamte Umweltbelastung des Konsums von Materialien in drei Konsumbereichen auf Ebene 1.....	52
Abbildung 3-16:	Gesamte Umweltbelastung des Konsums von Materialien in 28 Konsumbereichen auf Ebene 3.....	52
Abbildung 3-17:	Massenflüsse der Schweiz im Überblick.	54
Abbildung 3-18:	Anteile verschiedener Materialien am Konsum (DMC) und dessen Umweltauswirkungen in der Schweiz 2018. Farblegende: Siehe obige Tabelle 3-5. Gestreift = Energie; gepunktet = Nahrung; volle Farben = Materialien.....	55
Abbildung 3-19:	Pro-Kopf Konsum (DMC) in Tonnen/Jahr als Total (links), aufgeteilt nach Materialien (Mitte) und nach Konsumbereichen (rechts).	56
Abbildung 3-20:	Treibhauseffekt durch den Pro-Kopf Konsum in Tonnen CO ₂ -eq./Jahr als Total (links), aufgeteilt nach Materialien (Mitte) und nach Konsumbereichen (rechts).....	56
Abbildung 3-21:	Gesamter Energiebedarf durch den Pro-Kopf Konsum in Terajoules/Jahr als Total (links), aufgeteilt nach Materialien (Mitte) und nach Konsumbereichen (rechts).....	57
Abbildung 3-22:	Gesamt-Umweltbelastung durch den Pro-Kopf Konsum in Mio. UBP/Jahr als Total (links), aufgeteilt nach Materialien (Mitte) und nach Konsumbereichen (rechts).....	57
Abbildung 3-23:	Direkte und indirekte Verantwortung für Treibhausgasemissionen, schweizerischer Durchschnitt pro Person (Tonnen CO ₂ -eq./Jahr).....	58
Abbildung 3-24:	Treibhauseffekt pro Person im Durchschnitt (Mittelwert links) und in den fünf Quintilen. Die durch Wirtschaft und Politik dominierte Einflussmöglichkeit (braun) ist identisch für alle Quintile, der direkte Verantwortungsanteil einer Person (Grüntöne) variiert je nach Verhalten.	59
Abbildung 3-25:	Differenzierung des Treibhauseffektes pro Person nach den Konsumbereichen Bau, Mobilität und Produktion & Konsum.	60
Abbildung 3-26:	Aufteilung des Treibhauseffektes durch Konsum (Tonnen CO ₂ -eq./Jahr) auf direkte und indirekte Verantwortung der Wohnbevölkerung in den Konsumbereichen Bau, Mobilität und Produktion & Konsum.	61
Abbildung 3-27:	Aufteilung des Treibhauseffekts durch Konsum (Tonnen CO ₂ -eq./Jahr) zwischen direkter und indirekter Verantwortung der Wohnbevölkerung für 28 Konsumbereiche.....	62
Abbildung 3-28:	Quintile-Anteile für CO ₂ -Emissionen (Tonnen CO ₂ -eq./Jahr). Unterschiedlicher Beitrag der fünf Quintile: Was wäre wenn sich alle wie das erste oder letzte Quintile verhalten würden? (Ca. 98.9 Mio. t CO ₂ -eq./a = 100%, Durchschnitt).	63
Abbildung 3-29:	Treibhauseffekt für die Schweiz, wenn sich die gesamte Wohnbevölkerung wie Quintil I ('beste' 20%) verhalten würde. (Ca. 82.9 Mio. t CO ₂ -eq./a = 84% im Vergleich zum Durchschnitt).	64
Abbildung 3-30:	Treibhauseffekt für die Schweiz, wenn sich die gesamte Wohnbevölkerung wie Quintil V ('schlechteste' 20%) verhalten würde. (Ca. 115.6 Mio. t CO ₂ -eq./a = 117% im Vergleich zum Durchschnitt).	64
Abbildung 3-31:	Konsum und Treibhauseffekt der Bevölkerung, differenziert nach Materialien, Konsumbereichen, Verantwortung und Verhalten.	65
Abbildung A-1:	Die Wege des Abfalls in der Entsorgung.....	78
Abbildung A-2:	Prozentuale Aufteilung (Transferkoeffizienten) der Materialkategorien auf vier mögliche Entsorgungspfade. Aggregation aus der drei Berichten.....	79
Abbildung A-3:	Entsorgung von Materialien in verschiedene Entsorgungswege (farbig) mit Verhältnis zu den jährlich konsumierten Massen (weiss schraffiert).	79
Abbildung A-4:	Konsum (DMC) von Materialien pro Jahr.	80
Abbildung A-5:	Materialmassen im Lager für 2018.....	80
Abbildung A-6:	In die Entsorgung gelangender Materialanteil (farbig) mit Verhältnis zur jährlich konsumierten Masse (weiss schraffiert).	81

Abbildung A-7:	Treibhauseffekt durch Konsum differenziert nach Materialkategorien.	81
Abbildung A-8:	Gesamter Energiebedarf (nicht erneuerbar) durch Konsum nach Materialkategorien.	82
Abbildung A-9:	Gesamt-Umweltbelastung durch Konsum nach Materialkategorien.	82
Abbildung A-10:	Die 28 Verhaltens-Archetyphen von (Froemelt, Dürrenmatt, und Hellweg 2018b). Die Treibhausgasemissionen pro Person weichen aufgrund von Abrundungen leicht von den ursprünglichen Zahlen ab. Schraffiert: Visualisierung der Aufteilungen in fünf Quintile gemäss MatCH.	83
Abbildung A-11:	Vergleich Konsum (DMC) mit BFS (Materialflüsse in der Schweiz 2017). Weiss schraffiert: Biomassekonsum MatCH inkl. Futter/Weide.	84
Abbildung A-12:	Vergleich Massenflüsse mit STAT-TAB 2016. Weiss schraffiert: Inkl. Futter/Weide.	84
Abbildung A-13:	Vergleich des Treibhauseffekts durch den Konsum (DMC) in der Schweiz mit anderen Studien.	85
Abbildung A-14:	Vergleich der Gesamten Umweltbelastung durch den Konsum (DMC) in der Schweiz mit anderen Studien.	86

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1-1:	Untersuchungsrahmen, Ziele und Abgrenzungen zu anderen Studien.	15
Tabelle 1-2:	Übersicht der in der Studie verwendeten Statistiken und Studien für die Quantifizierung des Lagers (Bau und Mobilität).	20
Tabelle 1-3:	Übersicht der in der Studie verwendeten Hauptstatistiken für die Quantifizierung der Flüsse. P&K: Produktion & Konsum.	20
Tabelle 2-1:	Unterschiedliche methodische Ansätze für die Ermittlung der Fluss- und Lagermengen der drei MatCH-Studien.	22
Tabelle 2-2:	Ausgewählte Methoden zur Beurteilung von Umweltauswirkungen in MatCH.	24
Tabelle 2-3:	18 Materialkategorien gemäss MatCH - Synthese.	27
Tabelle 2-4:	Definition von direkte und indirekte Verantwortung.	31
Tabelle 2-5:	Einschätzung der direkten und indirekten Verantwortung einer Person für die verschiedenen Konsumbereiche (kurzfristig).	32
Tabelle 2-6:	Aufteilung der Verhaltens-Archetyphen von Frömel et al. (2018) auf 20%-Anteile (Quintile I – V).	35
Tabelle 3-1:	Zusammenfassung des Lagerbestandes und der Flüsse für die verschiedenen Kategorien und Materialien (dargestellt für das Jahr 2018).	41
Tabelle 3-2:	Treibhauseffekt ($t\ CO_2\text{-eq./a}$) in der Versorgungskette der Volkswirtschaft für das Jahr 2018.	47
Tabelle 3-3:	Nicht erneuerbarer gesamter Energiebedarf (TJ/a) für das Jahr 2018.	50
Tabelle 3-4:	Gesamt-Umweltbelastung (Mio. UBP/a) für das Jahr 2018.	53
Tabelle 3-5:	Gesamter Konsum (DMC) und daraus resultierende Umweltauswirkungen der Volkswirtschaft Schweiz 2018 (toe: Tonnen Öl-Äquivalente).	55
Tabelle A-1:	Die 28 Konsumbereiche und 32 Gütergruppen in MatCH - Synthese.	76
Tabelle A-2:	Gesamtenergiestatistik des BFE für das Jahr 2017 inkl. Tanktourismus und internationalem Flugverkehr (PJ/a) (BFE 2018b).	77
Tabelle A-3:	Aufteilung des inländischen Endenergieverbrauchs 2017 nach Verwendungszwecken und Verbrauchssektoren in $PJ/Jahr$ inkl. Tanktourismus und int. Flugverkehr (BFE 2018a). Blau: Baustuktur; Grün: Prozesse, Violett: Mobilität.	77
Tabelle A-4:	Übersicht der in der Studie für den Vergleich verwendeten Publikationen. Die Nummerierung in der ersten Kolonne bezieht sich auf Abbildung 1-3.	85

1 Einleitung

1.1 Motivation und Zielsetzung

Um die Effizienz im Umgang mit Material- und Energieressourcen darzustellen, werden im Projekt "MatCH – Materialressourcen Schweiz" die Material- und Energieflüsse in die schweizerische Volkswirtschaft im Detail auf Stufe einzelner Konsumbereiche dargestellt. Dadurch wird eine Grundlage geschaffen, um die Material- und Energieeffizienz über eine Zeitspanne beurteilen und mittels Szenarien künftige Entwicklungen abschätzen zu können.

1.2 Untersuchungsrahmen

Untersuchungsrahmen	Gesamte schweizerische Volkswirtschaft, inklusive Import, inländische Gewinnung, Export und Recycling, gültig für das Jahr 2018.
Ziele	▪ Übersicht über die Material- und Energieflüsse in der Schweiz, gekoppelt mit deren Umweltbelastungen. ▪ Vollständige und übersichtliche Darstellung der Massenbilanzen in Sankey-Diagramm. ▪ Die Massenbilanzen in jedem Abschnitt (Zufluss, Konsum, Abfluss) sollen ausgeglichen sein. ▪ Differenzierung zwischen direkter und indirekter Verantwortung der Individuen sowie Unterschiede zwischen Verhaltenstypen. ▪ Möglichkeit zur Identifizierung von Schwachpunkten und Verbesserungsoptionen für Material- und Energiekreisläufe dank Übersicht von Massenflüssen und Umweltauswirkungen. ▪ Planungsinstrument für Flüsse, Indikatoren und Abfallvermeidungsstrategien.
Einschränkungen / Bemerkungen	Datengrundlage: Drei MatCH-Berichte aus 2016 (Bau), 2017 (Mobilität) und 2018 (Produktion & Konsum). Erfassung grenzüberschreitender und Schweiz-interner Massenflüsse ausgedrückt als inländischer Materialkonsum (DMC) ⁴ . Die mit dem DMC fehlende Fussabdruck-Perspektive wird in einem zweiten Schritt eingenommen, indem die Umweltbelastungen mit einem vereinfachten Ökobilanzansatz berechnet werden (Treibhauseffekt, nicht erneuerbarer gesamter Energiebedarf, Gesamt-Umweltbelastung), womit auch Emissionen im Ausland erfasst werden. Der Bund verwendet für das Monitoring der Nachhaltigen Entwicklung ⁵ den inländischen Rohstoffverbrauch RMC ⁶ (Raw Material Consumption). In der vorliegenden Studie wird der DMC für die Darstellung der Massen verwendet, weil für den RMC wie für alle Fussabdruck-Indikatoren Modell-Annahmen notwendig sind.
Abgrenzungen zu anderen Studien	Frisknecht et al. (2018): Hauptzweck: <i>Umwelt-Fussabdrücke des Schweizer Konsums</i> Güterkategorien nach Eidgenössische Zollverwaltung (EZV) aggregiert und zugewiesen auf 65 SITC-2 Kategorien (Standard International Trade Classification), wovon Ökobilanzdaten existieren. Sonderbetrachtung Gold, Berechnung diverser Impactkategorien inkl. Biodiversität. Betrachtung von Massenflüssen inkl. versteckten Flüssen im In- und Ausland (RMC). Frisknecht et al. (2014) und Jungbluth et al. (2011): Umweltbelastung von Produktion und Konsum der Schweiz. Obwohl in der vorliegenden Studie eine vereinfachte Ökobilanz angewandt wurde, stimmen die Grössenordnungen mit der Studie von Frisknecht et al. (2018) überein.

Tabelle 1-1: Untersuchungsrahmen, Ziele und Abgrenzungen zu anderen Studien.

⁴ Der inländische Materialkonsum (abgekürzt DMC, Domestic Material Consumption) ergibt sich aus der Summe der genutzten inländischen Gewinnung und der Importe von Materialien und Produkten, abzüglich der Exporte. Der DMC entspricht den Erfassungsmethoden von internationalen Statistiken und lässt sich mit diesen vergleichen. Bei den mit dem DMC durchgeführten Analysen geht die Auslagerung von ressourcenintensiven Herstellungsprozessen ins Ausland scheinbar mit einer Abnahme des Materialkonsums im Inland einher.

⁵ <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/nachhaltige-entwicklung/monet/alle-nach-themen/produktion-konsum/material-fussabdruck.html>.

⁶ Der inländische Rohstoffverbrauch (abgekürzt RMC, Raw Material Consumption) berücksichtigt neben der inländischen Gewinnung auch die Menge aller Rohstoffe, die im Ausland für die Herstellung und den Transport der in der Schweiz verbrauchten oder genutzten Güter und Dienstleistungen verwendet werden.

In dieser Studie wird die Volkswirtschaft Schweiz innerhalb der Schweizer Grenze inklusive Import, inländische Gewinnung, Export und Recycling betrachtet. Datengrundlage sind amtliche statistische Daten der jährlich importierten und exportierten sowie in der Schweiz gewonnenen Güter.

In Nutzung stehende Güter werden als 'Lager' und Bewegungen dieser Güter innerhalb der Schweiz und über die Landesgrenze hinaus werden als 'Flüsse' bezeichnet. Die den Materialkategorien innerhalb der einzelnen Güter zugewiesenen Umweltbelastungen (Ökobilanzdaten) berücksichtigen den gesamten Lebenszyklus von der Extraktion der Rohmaterialien über die Verarbeitung und Nutzung bis zur Entsorgung. Diese Betrachtung beinhaltet somit auch die ausländischen Umweltauswirkungen. Für Massenflüsse gilt die Landesgrenze als Systemgrenze, für Umweltauswirkungen ist die Systemgrenze global.

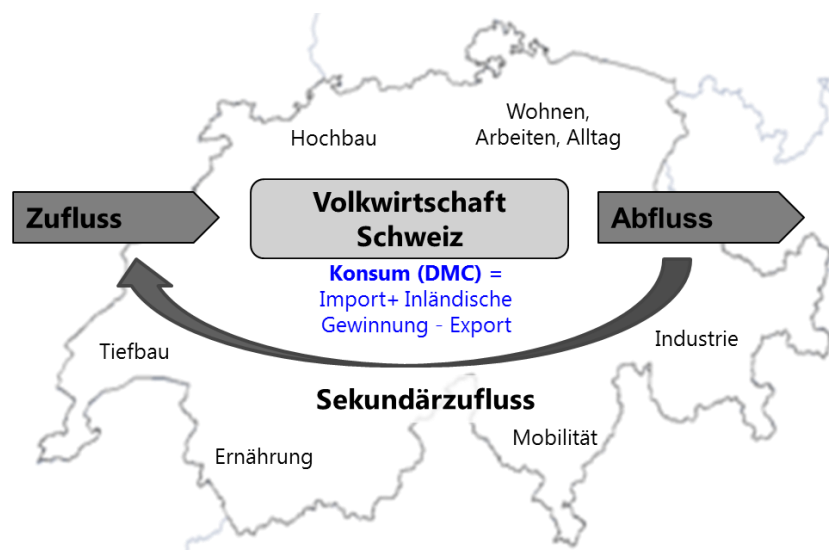


Abbildung 1-1: Vereinfachte Darstellung des Materiallagers und der Zu-/Abflüsse des Systems 'Volkswirtschaft Schweiz' mit den sechs aggregierten Konsumbereichen (siehe Erklärung in Anhang III).

Die Daten zu den vier Teilbereichen Zufluss, Lager und Abfluss sowie Konsum (dargestellt in Abbildung 1-1) wurden anhand unterschiedlicher Ansätze und auf der Basis unterschiedlicher Datenquellen ermittelt:

- Der **Zufluss** setzt sich aus den jährlich importierten Gütern, den im Inland gewonnenen Gütern und den aus der Entsorgung stammenden rezyklierten Materialien zusammen.
- Das **Lager** umfasst die Masse an sämtlichen Gütern, welche in der Schweiz im Gebrauch sind.
- Im **Abfluss** wird analysiert, was jährlich entnommen (Export, Entsorgung) oder verbraucht wird. Durch Aufbereitung (Recycling) kann ein Teil der Materialien aus der Entsorgung erneut eingesetzt werden. Ein Teil kann nicht mehr in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden und geht in eine Deponie, eine Verbrennungsanlage (d.h. Kehrrichtverbrennungsanlage KVA, Zementwerk, Industriefeuerung, Sonderabfallverbrennungsanlage SAVA) oder in eine Kompostierungs-/Biogasanlage. Als 'Verbrauch' wird derjenige Teil bezeichnet, dessen Masse sich in Verbrennungsgase (Energieträger) oder Kalorien (Nahrungsmittel) umwandelt (dissipative Nutzung von Produkten).

- **Der Konsum (Domestic Material Consumption DMC)** wird als diejenige Masse bezeichnet, welche jährlich von der Schweizerischen Volkswirtschaft im Inland konsumiert wird. Sie ist die Differenz zwischen den importierten und inländisch gewonnenen Produkten und dem Export. Der Materialkonsum DMC unterscheidet sich vom Material-Fussabdruck RMC (inländischer Rohstoffverbrauch, Raw Material Consumption), welcher auch die versteckten Flüsse von Materialien im Inland und Ausland mit einbezieht. Zur Analyse der Materialströme wurde der DMC gewählt, weil der Einbezug indirekter Materialströme gemäss RMC mit Modellierungen und entsprechenden Annahmen verbunden ist. Die Indikatorenwahl ist dem Zweck der vorliegenden Studie geschuldet. Der DMC eignet sich dagegen nicht als Performance-Indikator der ökologischen Nachhaltigkeit von Konsum und Produktion der Schweizer Volkswirtschaft. Für letztere ist der gesamte Produktlebenszyklus einzubeziehen (Fussabdruck-Indikatoren, vgl. z.B. (Bundesrat 2018), Seiten 22-23 und das MONET-Indikatorensystem⁷). In der vorliegenden Studie wurden dafür der Treibhauseffekt, der gesamte nicht-erneuerbare Energiebedarf sowie die Gesamt-Umweltbelastung in UBP hinzugezogen.

⁷ <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/nachhaltige-entwicklung/monet.html>.

1.3 Modell der Volkswirtschaft Schweiz

Der vorliegende Bericht entstand als Synthese von drei bereits publizierten Berichten, welche jeweils Teilaspekte der Volkswirtschaft abdecken (Abbildung 1-2):

- **Bau:** Beinhaltet die Material- und Energieflüsse sowie die Umweltauswirkungen der baulichen Infrastruktur der Schweiz (Gauch et al. 2016).
- **Mobilität:** Betrachtet die Mobilität als Summe sämtlicher Verkehrsmittel welche sich zu Land, zu Wasser und in der Luft in der Schweiz bewegen (Gauch et al. 2017).
- **Produktion & Konsum:** Erfasst die Material- und Energieflüsse sowie die Lagermassen des (restlichen) Produktions- und Konsumbereichs der Schweiz (Matasci, Gauch, and Böni 2018) inklusive Güter des privaten Konsums, öffentliche Dienstleistungen und industrieller Sektor.

Fasst man die drei MatCH-Berichte zusammen, ergibt sich ein umfassendes Bild der Material- und Energieflüsse sowie der Lagermassen der schweizerischen Volkswirtschaft (Abbildung 1-2).

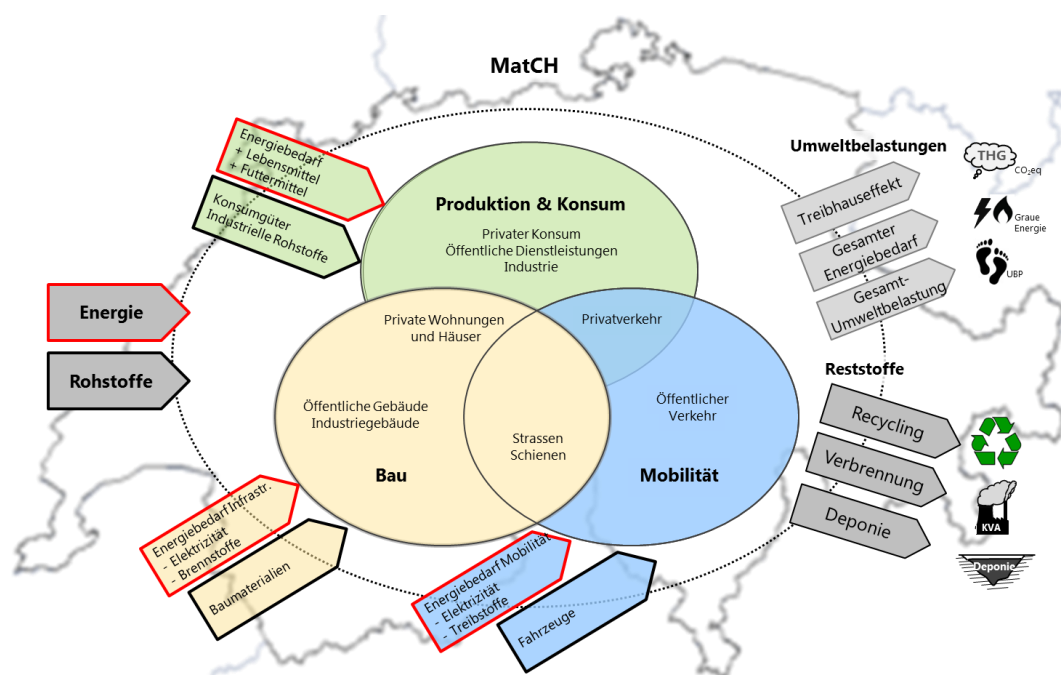


Abbildung 1-2: Übersicht Projekt MatCH als Zusammenfassung der drei Bereiche Bau, Mobilität und Produktion & Konsum.

1.4 Literatur und Datengrundlagen

1.4.1 Allgemeine Literatur

Grundlage der vorliegenden Studie bilden Arbeiten, die entweder die Massenflüsse in der Schweiz (Rubli und Jungbluth 2005) oder die Umweltbelastungen verschiedener Konsumbereiche (Kaenzig und Jolliet 2006; N. Jungbluth, Stucki, and Leuenberger 2011; Frischknecht et al. 2014, 2018) analysiert haben (Abbildung 1-3). Im Rahmen dieser Studie wurden sie als Basis für die Strukturierung der Methodik (Kapitel 2) und zum Vergleich mit den ermittelten Materialflüssen verwendet (Anhang VIII). In Abbildung 1-3 sind die Datenquellen und Erhebungsgrundlagen dargestellt. Einige Publikationen dienen zudem als Grundlage für die Berechnung von Szenarien (Harbi S. et al. 2007; Steinemann, Meins, and Guyer 2008; N. Jungbluth, Itten, and Stucki 2012; Kissling-Näf et al. 2013; Meier et al. 2018).

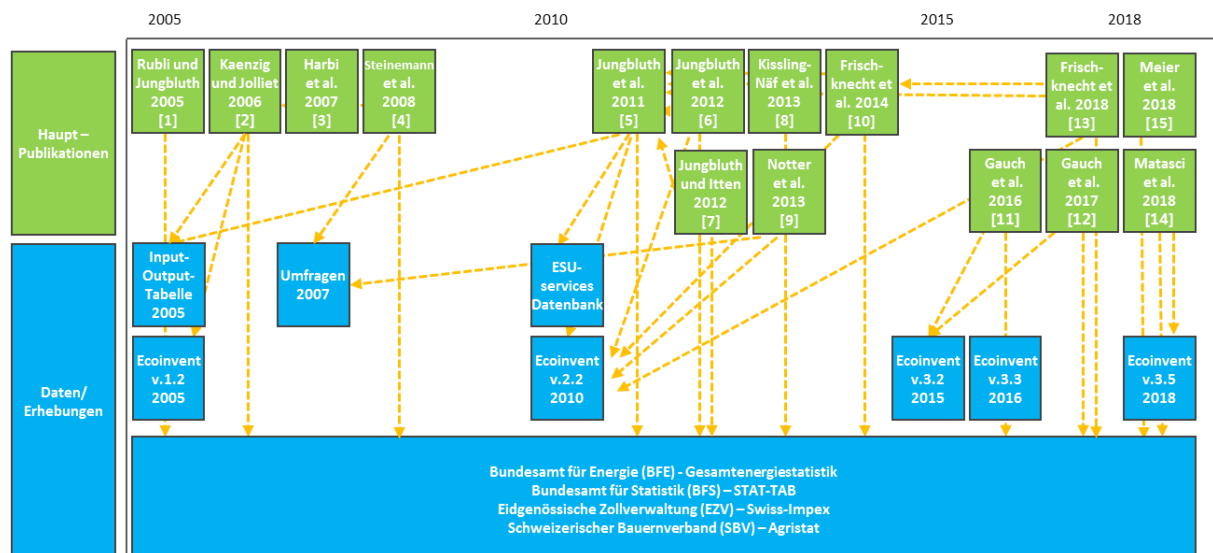


Abbildung 1-3: Zusammenstellung der Hauptpublikationen und Erhebungen zum schweizerischen Konsum mit Darstellung der gegenseitigen Verknüpfungen.

Auf internationaler Ebene gibt es einige erwähnenswerte Publikationen, welche die Materialflüsse und ihre Umweltbelastungen auf globaler Ebene (Tukker et al. 2014), Europa (Nita, Castellani, and Sala 2017; Nuss et al. 2017; Ecofys 2017), Frankreich (CGDD 2013) oder für Städte wie Rotterdam (Gladek et al. 2017) analysiert haben. In (Neumann et al. 2018) wurde für Deutschland ein quantitatives Modell zur Simulation der potentiellen Auswirkung gesellschaftlicher Wandelprozesse auf die Umwelt, die Ressourceninanspruchnahme, die Wirtschaft und Wohlfahrt der Bevölkerung entwickelt.

1.4.2 Spezifische Datenquellen

Daten für die Quantifizierung der Lagermengen sind vorhanden für die Bereiche Bau und Mobilität (Tabelle 1-2). Für die Güter aus dem Bereich Produktion & Konsum gibt es keine Information über deren Bestand in der Schweiz. Es existieren hingegen umfassende statistische Daten über die der Schweiz jährlich zufließenden und die in der Schweiz produzierten

Güter (Swiss-Impex, STAT-TAB, Tabelle 1-3). In MatCH - Bau und in MatCH - Mobilität wurde deswegen eine Lager-Perspektive angenommen, während für MatCH - Produktion & Konsum ein anderer Ansatz gewählt werden musste. Für MatCH - Produktion & Konsum wurde eine Materialfluss-Perspektive eingenommen, aus welcher mit Hilfe von Annahmen über die Lebens- bzw. Nutzungsdauer einzelner Güter approximativ auf den Lagerbestand zurückgerechnet werden konnte.

Die Massenflüsse der Energieträger Treibstoff und Brennstoff konnten direkt den entsprechenden Statistiken entnommen werden (Swiss-Impex, STAT-TAB (Brennholz)), die Daten zu Elektrizität stammen aus der Gesamtenergiestatistik (BFE 2018b) und wurden als Masse in Tonnen Öl-Äquivalente (toe) umgerechnet (siehe für die Methodik (Gauch et al. 2017)). Zahlen des BFS (STAT-TAB, etc.) wurden dazu für einen Vergleich der Massenflüsse benutzt (siehe Anhang VIII).

Teil	Statistik	Herausgeber	Güter
Bau	-	(Wüest & Partner 2015)	Gebäude (Masse Hochbau)
	-	(Rubli 2016)	Strasse, Schienen und Entsorgung/Versorgung (Masse Tiefbau)
Mobilität	<i>Fahrzeugbestand</i>	BFS Bundesamt für Statistik	Fahrzeuge (Anzahl)

Tabelle 1-2: Übersicht der in der Studie verwendeten Statistiken und Studien für die Quantifizierung des Lagers (Bau und Mobilität).

Teil	Statistik	Herausgeber	Güter
P&K, Mobilität	Swiss-Impex <i>Import, Export</i>	EZV Eidgenössische Zollverwaltung	Sämtliche Produkte und Energieträger, welche bei einer Grenzüberschreitung erfasst werden (Gewicht).
P&K	STAT-TAB <i>Inländische Gewinnung</i>	BFS Bundesamt für Statistik	Landwirtschaftliche Produkte (z.B. Masse Gemüse, Getreide). Anbau aus Natur (Masse Industrie und Brennholz, Pflanzen, Weide, Futterpflanzen) Abbau aus Natur (Masse Steine und Erden).
Alle	Gesamtenergiestatistik <i>Endenergieverbrauch</i>	BFE Bundesamt für Energie	Elektrizität (Energie, umgerechnet in Tonnen Öl-Äquivalente).
P&K	Agristat <i>Produktion landwirtschaftlicher Güter</i>	SBV Schweizerischer Bauernverband	Fleischprodukte, Milch, Eier (Masse). Bestand an Nutztieren (Anzahl).

Tabelle 1-3: Übersicht der in der Studie verwendeten Hauptstatistiken für die Quantifizierung der Flüsse. P&K: Produktion & Konsum.

1.5 Darstellung der Resultate

Die Resultate der Arbeiten bestehen aus zwei Teilen:

- dem vorliegenden Bericht
- einer ergänzenden Excel Datei, auf welcher die Berechnungen und Darstellungen im Bericht basieren. Die Excel-Tabellen können auf Anfrage von den Autoren zur Verfügung gestellt werden.

2 Methodik

2.1 Strukturierung der Studie

Die Arbeit wurde gemäss folgender Abbildung in vier Teile gegliedert (Abbildung 2-1):

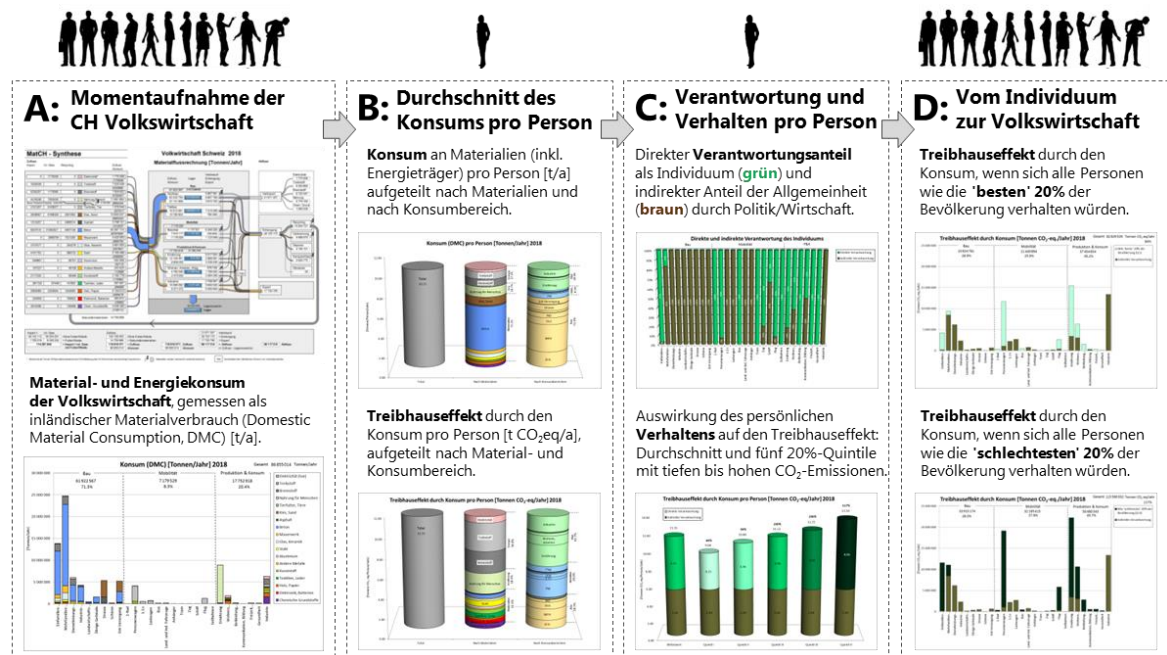


Abbildung 2-1: Teilbereiche der Synthesestudie: Von den Material- und Energieflüssen der gesamten Volkswirtschaft (A) wird ein Durchschnittskonsum pro Kopf gerechnet (B), dieser wird aufgrund der Analyse von direkter und indirekter Verantwortung aufgeteilt (C) und verschiedenen Verhaltenstypengruppen zugeordnet. Darauf basierend kann wieder auf die Volkswirtschaft hochgerechnet werden (D).

- **A - Momentaufnahme der gesamten schweizerischen Volkswirtschaft (Kap. 2.5, 3.1):** Erfassung und Darstellung des Lagers sowie sämtlicher Material- und Energieflüsse und deren Umweltbelastungen⁸ aus den MatCH Studien Bau (Gauch et al. 2016), Mobilität (Gauch et al. 2017) und Produktion & Konsum (Matasci, Gauch, and Böni 2018).
- **B - Durchschnitt des Konsums pro Person (Kap. 2.6, 3.2):** Aufteilung des schweizerischen Gesamtkonsums und dessen Umweltbelastung als Durchschnitt pro Person.
- **C - Verantwortung und Verhalten pro Person (Kap. 2.7, 3.3):** Differenzierung der Anteile, für welche ein Individuum direkt (z.B. Reisen, Ernährung, Wohnansprüche) und indirekt (z.B. Strassenbau, allgemeine Wohlfahrt) verantwortlich ist. Der direkt beeinflussbare Teil des Konsums hängt ab von der persönlichen Einstellung und vom persönlichen Verhalten, beim indirekten Teil ist man abhängig von politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Die Verhaltenstypen werden in fünf Bevölkerungs-Quintile eingeteilt.
- **D - Vom Individuum zur Volkswirtschaft (Kap. 2.8, 3.4):** Die Volkswirtschaft ist die Summe des Verhaltens sämtlicher Individuen. Wie hoch wären die CO₂-Emissionen, wenn sich alle Individuen wie das 'beste' oder 'schlechteste' Fünftel der Bevölkerung verhalten würden?

⁸ Die untersuchten Umweltbelastungen sind: Treibhauseffekt (t CO₂-eq./a), nicht erneuerbarer gesamter Energiebedarf (TJ/a) und Gesamt-Umweltbelastung (Mio. UBP/a).

2.2 Material- und Energieflüsse der gesamten Volkswirtschaft

Die aktuellen Material- und Energieströme der gesamten Volkswirtschaft sind in den drei Berichten, welche jeweils Teilaspekte der Volkswirtschaft abdecken, dargestellt. Da die Grundlagen und die Verfügbarkeit von Daten für die drei Teile unterschiedlich waren, musste die angewandte Methodik jeweils variiert werden (Kapitel 1.4.2, Tabelle 2-1).

Bau 	Lager	<i>Startwert:</i> Studien zum Infrastrukturbestand (Gebäude, Strassen, Schienen, Kanäle, etc.) inkl. Zuordnung der einzelnen Materialzusammensetzungen.
	Zufluss	Ein Teil der Infrastruktur muss jährlich erneuert werden, dazu wächst das Lager. Keine Differenzierung zwischen Import und inländischer Gewinnung; nur die konsumrelevanten Flüsse sind dargestellt.
	Lagerzuwachs	Findet statt. Wachstumsrate abhängig von der Konjunktur (aus Arealstatistik).
	Abfluss	Materialien fließen zur Entsorgung (Recycling, Verbrennung oder Deponie); Energieträger (Brennstoffe) werden in CO ₂ und Wasser umgewandelt.
	Recycling	Ein Teil der entsorgten Materialien kann recycelt und wieder in das Lager als Sekundärmaterialien eingebracht werden. Reduzierung des Bedarfs an Primärmaterialien.
	Energie	Bedarf an Elektrizität und Brennstoff für den Betrieb (Strom, Heizung, Warmwasser) der Infrastruktur.
	Bezugsjahr	2015
Mobilität 	Lager	<i>Startwert:</i> Statistik der Anteil Fahrzeuge in 78 Mobilitätskategorien, Zuordnung der einzelnen Materialzusammensetzungen.
	Zufluss	Ein Teil des Lagers (Fahrzeugpark) muss jährlich erneuert werden, dazu wächst das Lager. Summe des Abflusses und des Lagerzuwachs.
	Lagerzuwachs	Findet statt. Gerechnet aus BFS-Statistiken.
	Abfluss	Abhängig von der Nutzungsdauer. Alte Fahrzeugen gehen entweder zur Entsorgung im Inland oder werden exportiert (u.a. als Gebrauchtfahrzeuge). Der exportierte Anteil kann aus der BFS-Statistik abgeleitet werden. Ein 'unbekannter' Teil verschwindet ohne Registrierung. Energieträger (Treibstoffe) werden in CO ₂ und Wasser umgewandelt.
	Recycling	Verwertung rezyklierter Materialien in anderen Konsumbereichen oder im Ausland, da es praktisch keine inländische Fahrzeugproduktion gibt. Im Inland nur Teileverwertung.
	Energie	Bedarf an Elektrizität und Treibstoffen für den Betrieb (Bewegung) der Flotte.
	Bezugsjahr	2016
P&K 	Lager	Der Bestand (keine Statistiken verfügbar) wird anhand der Nutzungszeit geschätzt.
	Zufluss	<i>Startwert:</i> Import, inländische Gewinnung und Sekundärmaterialien. Statistik für Import, inländische Gewinnung und Export von Waren prinzipiell vom BFS. Zuordnung der einzelnen Materialzusammensetzungen.
	Lagerzuwachs	Findet nicht statt (Hypothese). Es wird daraus gegangen, dass der Zufluss gleich ist wie der Abfluss, sonst würden sich Gegenstände über die Zeit ansammeln.
	Abfluss	Verbrauch, Entsorgung und Export. Exportstatistiken sind von den BFS-Statistiken verfügbar. Aufspaltung der Entsorgung in Recycling, Verbrennung, Deponierung, Kompost/Gas und Abwasser.
	Recycling	Ein Teil der entsorgten Materialien kann in der Industrie inländisch recycelt und wieder in das Lager als Sekundärmaterialien eingebracht werden. Reduzierung des Bedarfs an Primärmaterialien.
	Energie	Alle Energieträger auf Basis von Import-, inländische Gewinnung und Export-Statistiken (Elektrizität in toe). Hier wird der Energiebedarf aller Bereiche (inkl. Bau und Mobilität) mit analysiert, weshalb die drei Berichte zwar bezüglich Materialien, nicht aber bezüglich Energie summiert werden können (siehe Abbildung 1-2).
	Bezugsjahr	2018

Tabelle 2-1: Unterschiedliche methodische Ansätze für die Ermittlung der Fluss- und Lagermengen der drei MatCH-Studien.

Für die Synthesestudie sind neue Erkenntnisse in die Daten zu den drei Ursprungsberichten zurückgeflossen, um die Konsistenz in allen Sektoren der Schweizer Wirtschaft zu verbessern. Diese Rückanpassungen sind jedoch geringfügig:

Generelle Rückanpassungen:

- Darstellung des Zuflusses als Import, inländische Gewinnung und Recycling (Sekundärzufluss). Darstellung des Abflusses als Verbrauch, Entsorgung und Export.
- Konsistente Anwendung des Begriffs ‚Verbrauch‘ für den Konsum von Energie und anderen Materialien, die bei der Nutzung ‚verschwinden‘ (z.B. Energieträger, Nahrung).
- Neuaufteilung von aggregierten Kategorien wie Metalle, Nichteisenmetalle oder Mineralische Stoffe anhand ‚Rezept‘ auf standardisierte Kategorien wie Stahl, Aluminium, Andere Metalle, Mauerwerk, Glas/Keramik.
- Energieflüsse prinzipiell gleich behandelt wie bei Bericht Produktion & Konsum (Kapitel 2.4.4), basierend auf Import/Export Statistiken.
- Massenbilanzen sind ausgeglichen: Zufluss und Lagerzuwachs entsprechen dem Abfluss.

Bei Bau:

- Der Zufluss wird auf Import und inländische Gewinnung aufgeteilt (in MatCH-Bau wurde vereinfacht wegen der nationalen Dominanz auf eine Detaillierung verzichtet und nur der inländische Konsum dargestellt) und schliesst auch Materialien, die exportiert werden (Kies, Sand und Beton⁹) mit ein.

Bei Mobilität:

- Der Konsum ist als Import plus inländische Gewinnung definiert; ohne Abzug von Export (Export besteht praktisch ausschliesslich aus gebrauchten Fahrzeugen).
- Der Fluss ‚Unbekannt‘ ist als Export berücksichtigt.
- Aggregation von Elektronik und Batterien (Elektronik, Batterien) sowie Reifen/Gummi und Betriebsstoffen (chemische Grundstoffe).
- Teilverwertung wird als Teil des Recyclings berechnet.
- Annahme genommen, dass Materialien aus dem Recyclingprozess in der Schweiz (Industrie) bearbeitet werden.

⁹ Export von anderen Materialien mit kleineren Flüssen wie Holz oder Schrott-Stahl wurden hier nicht berücksichtigt.

2.3 Von Massenflüssen zu Umweltauswirkungen

Die Massenflüsse der Schweiz haben verschiedene Umweltauswirkungen wie Schädigung des Ökosystems (z.B. auf Boden, Wasser, Luft), Einfluss auf die Gesundheit (z.B. Atemwegsbelastung durch Feinstaub) oder Verminderung nicht-erneuerbarer Ressourcen (z.B. Erdöl) zur Folge. Verschiedene Methoden erlauben eine Quantifizierung dieser Umwelteinflüsse. Mittels Ökobilanzdaten (Ökoinventare gemäss Ecoinvent v.3.2 – v.3.5) können jedem Massenfluss Indikatoren der Umweltauswirkung zugeordnet werden. Die Betrachtungen umfassen den gesamten Lebensweg der Stoffe (von der Wiege bis zur Bahre – "cradle-to-grave"). Damit soll beurteilt werden, welche Stoffe in welchem Abschnitt des Lebenszyklus umweltmässig relevant sind. Es handelt sich jedoch nicht um eine vollständige Ökobilanz, da die betrachteten Güterklassen nicht individuell, sondern zusammengefasst und reduziert auf ihre Bestandteile hin betrachtet wurden. In dieser Studie wurden die drei Methoden gemäss Tabelle 2-2 angewandt.¹⁰

Treibhauseffekt CO ₂ -Rucksack (IPCC 2013 GWP 100a V1.00)	Die Methodik (gemäss dem Weltklimarat der Vereinten Nationen (IPCC) 2013 GWP 100a V1.00) beurteilt das Treibhauspotenzial (Global Warming Potential (GWP)) für ein Produkt oder eine Dienstleistung, indem die Emissionen verschiedener Treibhausgase über den Lebensweg beurteilt werden. Die Emissionen werden als kg CO ₂ -Äquivalente (CO ₂ -eq.) dargestellt. Häufig wird der Begriff CO ₂ -Fussabdruck (Carbon Footprint oder CO ₂ -Rucksack) für den Wert verwendet.
Gesamter Energiebedarf (ne) Energiebedarf, nicht erneuerbar (CED V1.09)	Der (nicht erneuerbare) gesamte Energiebedarf (kumulierter, nicht erneuerbarer Energieaufwand - Cumulative, non-renewable Energy Demand (CED V1.09)) ist besonders geeignet zur Darstellung der Energieintensität eines Produktes oder einer Dienstleistung. Der Wert, ausgedrückt in der direkten Energieeinheit Megajoule MJ, zeigt den nicht erneuerbaren gesamten Energieaufwand (fossil, nuklear und aus Holz von Primärwald), welcher für die Bereitstellung eines Produktes aufgewendet werden musste (inklusive der vorgelagerten Prozesse, Nutzung und Entsorgung). Der Wert wird häufig auch als Energetischer Fussabdruck bezeichnet.
Gesamt-Umweltbelastung Ökologische Knappheit (Ecological Scarcity 2013 V1.01)	Die Methode der ökologischen Knappheit (Ecological Scarcity 2013 V1.01) ermöglicht es seit 1990 in einer Ökobilanz die gesamte Umweltbelastung zu bewerten. Zentrale Grösse der Methode sind die Ökofaktoren, welche die Umweltbelastung einer Schadstoffemission respektive Ressourcenentnahme in der Einheit Umweltbelastungspunkte (UBP) pro Masseneinheit angeben (Frischknecht and Büsser Knöpfel 2013). Die Methode bewertet und aggregiert verschiedene Umweltauswirkungen zu einem Gesamtfaktor.

Tabelle 2-2: Ausgewählte Methoden zur Beurteilung von Umweltauswirkungen in MatCH.

¹⁰ Änderungen im Vergleich zu den drei Berichten der MatCH-Trilogie: Die Berechnung der Umweltbelastung der Sekundärflüsse wurde verfeinert und enthält nun auch den Energiebedarf und die Umweltbelastung der Rohstoffaufbereitung von Materialien bis zum Markt (vorher nur bis zum Punkt der Entsorgung).

2.4 Strukturierung der Material- und Energieflüsse

2.4.1 Matrix: Konsumbereiche x Materialien

Durch Gegenüberstellung der Konsumbereiche Bau, Mobilität sowie Produktion & Konsum mit den Materialkategorien kann für jede Kombination ermittelt werden, welche Art von Materialien in welchem Konsumbereich beziehungsweise umgekehrt, in welchen Konsumbereichen welche Arten von Materialien vorhanden sind. Abbildung 2-2 visualisiert die möglichen Kombinationen.

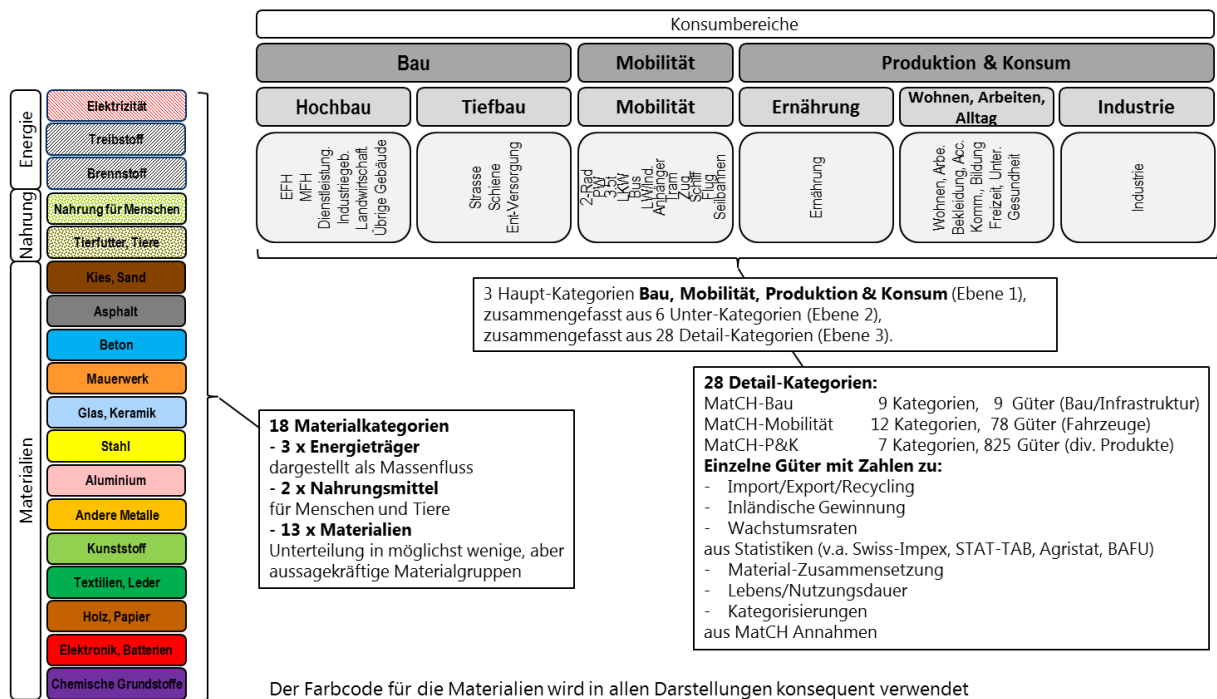


Abbildung 2-2: Matrix der Konsumbereiche (in 3 Ebenen) und der Materialkategorien.

2.4.2 Konsumbereiche

Sämtliche Güter, welche in die Schweiz gelangen oder in der Schweiz produziert werden, lassen sich den Kategorien gemäss Abbildung 2-3 zuordnen (Details siehe Tabelle A-1 im Anhang) Die Energieträger wurden ebenfalls auf die Konsumbereiche aufgeteilt (vor allem auf Hochbau, Mobilität, Wohnen, Arbeiten, Alltag und Industrie).

MatCH - Bau (Teil 1)



MatCH - Mobilität (Teil 2)



MatCH - Produktion & Konsum (Teil 3)

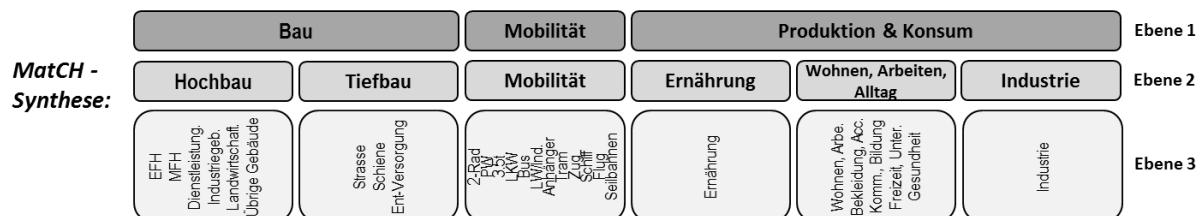
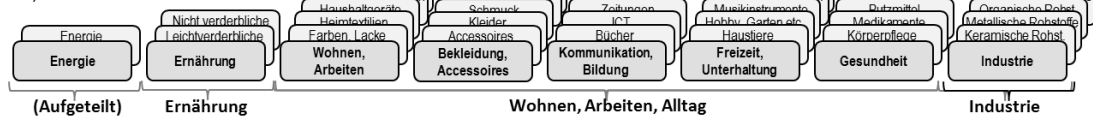


Abbildung 2-3: Strukturierung der Konsumbereiche bei MatCH-Bau, MatCH-Mobilität und MatCH-Produktion & Konsum und Strukturierung bei MatCH-Synthese.

2.4.3 Material- und Energiekategorien

Die Auswahl und Festlegung von Materialkategorien ist ein Kompromiss zwischen gewünschter Übersichtlichkeit und genügender Genauigkeit. Es wurden insgesamt 18 Kategorien festgelegt, davon 13 Materialkategorien, 2 Kategorien zu Ernährung (Nahrung für Menschen, Tierfutter) sowie 3 Kategorien zu Energieträgern.

Einige Materialkategorien (z.B. 'Elektronik, Batterien' und 'Textilien, Leder') enthalten auch Stoffe, welche in anderen Kategorien zu finden sind (z.B. Stahl, Nichteisenmetalle, Kunststoff). Um Doppelzählung zu vermeiden, wurden diese Materialien nur einer Kategorie zugewiesen.

Bei einigen Materialkategorien ist nicht offensichtlich, wie sie auf geeignete Weise ausgewiesen werden können. Tierfutter beispielsweise dient der Ernährung von Tieren. Nutztiere ihrerseits dienen in Form von tierischen Produkten der menschlichen Ernährung. Konsequenterweise sind die Massen an Tierfutter bei der inländischen Gewinnung plus dem Import an Tierfutter sehr hoch. Bei der Darstellung der Mengen des (menschlichen) Konsums erscheint jedoch nur noch ein kleinerer Teil dieser Masse in Form von verarbeiteten tierischen Produkten.

Material-kategorien		Beschreibung
Elektrizität		Elektrizität, umgerechnet auf Basis der CO ₂ -Belastung pro Energieeinheit (Schweizerischer Durchschnittsmix und SBB-Mixstrom) in Tonnen Öl-Äquivalente (toe) mit gleicher CO ₂ -Emission.
Treibstoff		Benzin, Diesel, Erdgas, Biogas.
Brennstoff		Mineralische Brennstoffe, Mineralöle und Erzeugnisse ihrer Destillation, die als Brennstoff benutzt werden (Öl, Diesel, leichtes Heizöl, Kerosine), Erdgas, Kohle. Inkl. biogene Brennstoffe wie Brennholz und Biogas.
Nahrung für Menschen		Fleisch, Fisch, Milch, Eier, Getränke, Fette, Getreide, Gemüse und Früchte, andere.
Tierfutter, Tiere		Tierfutter, Tiere und Pflanzen (nicht für menschliche Ernährung), tierische Abfälle. Geweidete Biomasse wird umgesetzt zu Nahrung für Menschen (Fleisch, tierische Produkte) und erscheint deshalb beim Fluss 'Konsum' nicht mehr auf.
Kies, Sand		Kies und Sand werden in loser Form im Strassenbau und für die Infrastruktur- Netze eingesetzt. Dort dienen sie als Koffermaterial und zum Auffüllen der Gräben.
Asphalt		Eine natürliche oder technisch hergestellte Mischung aus dem Bindemittel Bitumen und Gesteinskörnungen, die meistens für Strassen verwendet wird.
Beton		Beton ist heutzutage der häufigste und wichtigste Baustoff für die Erstellung von Gebäuden. Beton ist ein Gemisch aus Zement, dem Zuschlagstoff (Kies/Sand aus Primärer- oder Recyclingproduktion), Wasser und allenfalls chemischen Zusatzstoffen, die das Abbindeverhalten beeinflussen.
Mauerwerk		Unter Mauerwerk werden alle Mauern aus Formsteinen (Ziegelstein, Backstein, Kalk-Sandsteine) oder aus Natursteinen zusammengefasst. Der Mörtel ist dabei ebenfalls eingeschlossen.
Glas, Keramik		Glas, Keramik, Gips, etc.
Stahl		Eisen und Stahl. Als Stahl werden metallische Legierungen bezeichnet, deren Hauptbestandteil Eisen ist und die (im Unterschied zum Gusseisen) umformtechnisch verarbeitet werden können. Genauere Definitionen sind nicht einheitlich, einige sind durch die heutige Vielfalt an technischen Legierungen ungenau geworden (Wikipedia).
Aluminium		Ein silbrig-weisses Leichtmetall.
Andere Metalle		Kupfer, Zink, Chrom, Silber, kritische Metalle, etc. Gold wird hier nicht betrachtet (siehe Fokuskapitel 4.6 in MatCH - Produktion & Konsum)
Kunststoff		Polystyrol (PS), Polypropylen (PP), Polyvinylchlorid (PVC), Polyethylen (PE), Polyacrylamid (PAM), etc.
Textilien, Leder		Baumwolle, Wolle, Nylon, Polyethylen (PE), Polyacrylamid (PAM), Leder die für die Erstellung von Textilien benutzt werden
Holz, Papier		Papier, Karton, Holzbretter, Holzstämmen, Kork, etc.
Elektronik, Batterien		Kabel, Leiterplatten, Li-Ionen Batterien, sonstige Batterien, elektronische Komponenten. Inkl. Anteile aus Kunststoff und Metallen
Chemische Grundstoffe		Diverse Basischemikalien für die Industrie, inkl. Öl für nicht-energetische Zwecke, z.B. Erdöl und Öl aus bituminösen Mineralien.

Tabelle 2-3: 18 Materialkategorien gemäss MatCH - Synthese.

Wasser wurde nicht dargestellt, da durch die grossen Wassermengen die anderen Massenflüsse marginalisiert werden. Eine detaillierte Betrachtung von Wasser ist jedoch in Fokuskapitel 4.7 in MatCH - Produktion & Konsum (Matasci, Gauch, and Böni 2018) zu finden.

2.4.4 Aufteilung von Energie zwischen den Konsumbereichen

Energie wird in verschiedenen Konsumbereichen benötigt, die Aufteilung ist aber nicht ganz offensichtlich: Was geht z.B. zu 'Hochbau', was zu 'Wohnen, Arbeiten, Alltag'? Für die Differenzierungen liegen Informationen des BFE (BFE 2018b) vor, welche eine Aufteilung auf Verbrauchgruppen (Haushalte, Dienstleistung, Verkehr, Industrie) ermöglichen (Abbildung 2-5).

Im Bericht MatCH-Bau (Gauch et al. 2016) wurden Daten des BFE verwendet und die Grundannahme getroffen, dass alles, was nicht in die Mobilität geht, dem Bereich Bau zugeordnet werden kann. Im Bericht MatCH-Mobilität (Gauch et al. 2017) wurde die Energie, die mit dem Betrieb von Fahrzeuge verbunden ist bottom-up gerechnet. Im Bericht MatCH-Produktion & Konsum (Matasci, Gauch, and Böni 2018) erfolgten die Energieberechnungen aufgrund von Statistiken der Energieträger (EZV für Import/Export und BFS für inländische Produktion). Trotz unterschiedlicher Methodik resultieren sehr ähnliche Werte zwischen der Summe der Teilstudien Bau und Mobilität und der Teilstudie Produktion & Konsum (Abbildung 2-4). Der leicht höhere Wert in der Produktion & Konsum Studie lässt sich durch den detaillierteren Einbezug von Holz zu Energiezwecken plausibel erklären. Für die Synthesestudie wurde die gleiche Methodik wie bei Produktion & Konsum angewandt.

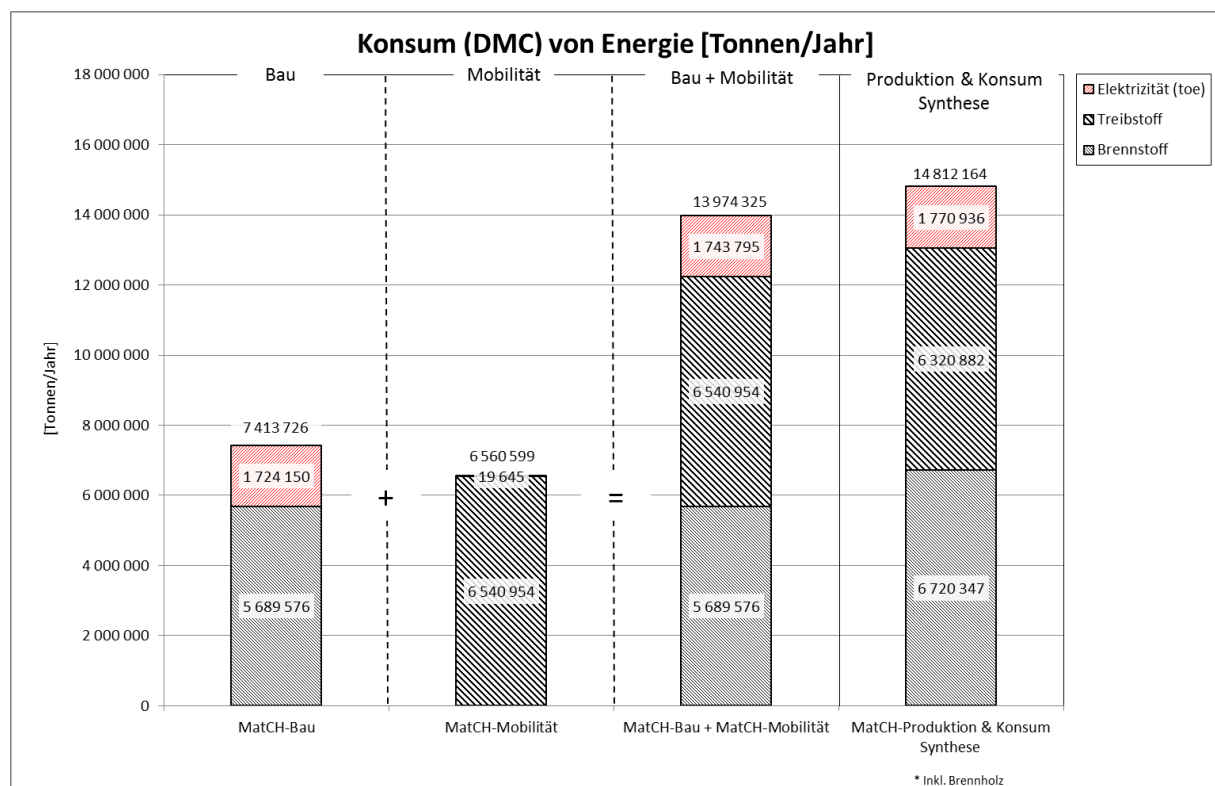


Abbildung 2-4: Konsum von Energieträgern aus den MatCH Berichten. Die Zahlen des Syntheseberichts über alle Bereiche entsprechen dem Bericht MatCH – Produktion & Konsum.

Anhand von (BFE 2018a) erfolgte eine Differenzierung zwischen Energiemengen, welche für den Bereich Bau¹¹ resp. für Prozessenergie¹² benötigt werden. Dies ermöglicht, Energie auf

¹¹ Beleuchtung; Klima, Lüftung & Haustechnik; Raumwärme; und Warmwasser.

¹² Information & Kommunikation, Unterhaltung; Prozesswärme; Antriebe, Prozesse; und Sonstige.

verschiedene Sub-Bereiche (Baustuktur: Hochbau; Prozesse: Wohnen, Arbeiten; Industrie; Mobilität) aufzuteilen. Schliesslich wurde eine noch feinere Aufteilung auf die 28 Unterkategorien gemacht. Da Ein- (EFH) und Mehrfamilienhäuser (MFH) in (BFE 2018b) aggregiert sind, wurde der Energiekonsum anhand von (BFE 2009) aufgeteilt. Ein Einfamilienhaus weist gegenüber einem Mehrfamilienhaus grössere Flächen zur Aussenfassade hin auf, weshalb pro Wohnraum generell mehr Wärme verloren geht. Die Aufteilung von Energie zwischen den verschiedenen Fahrzeugen in der Mobilität wurde mit bottom-up Rechnungen anhand von (Gauch et al. 2017) vorgenommen.

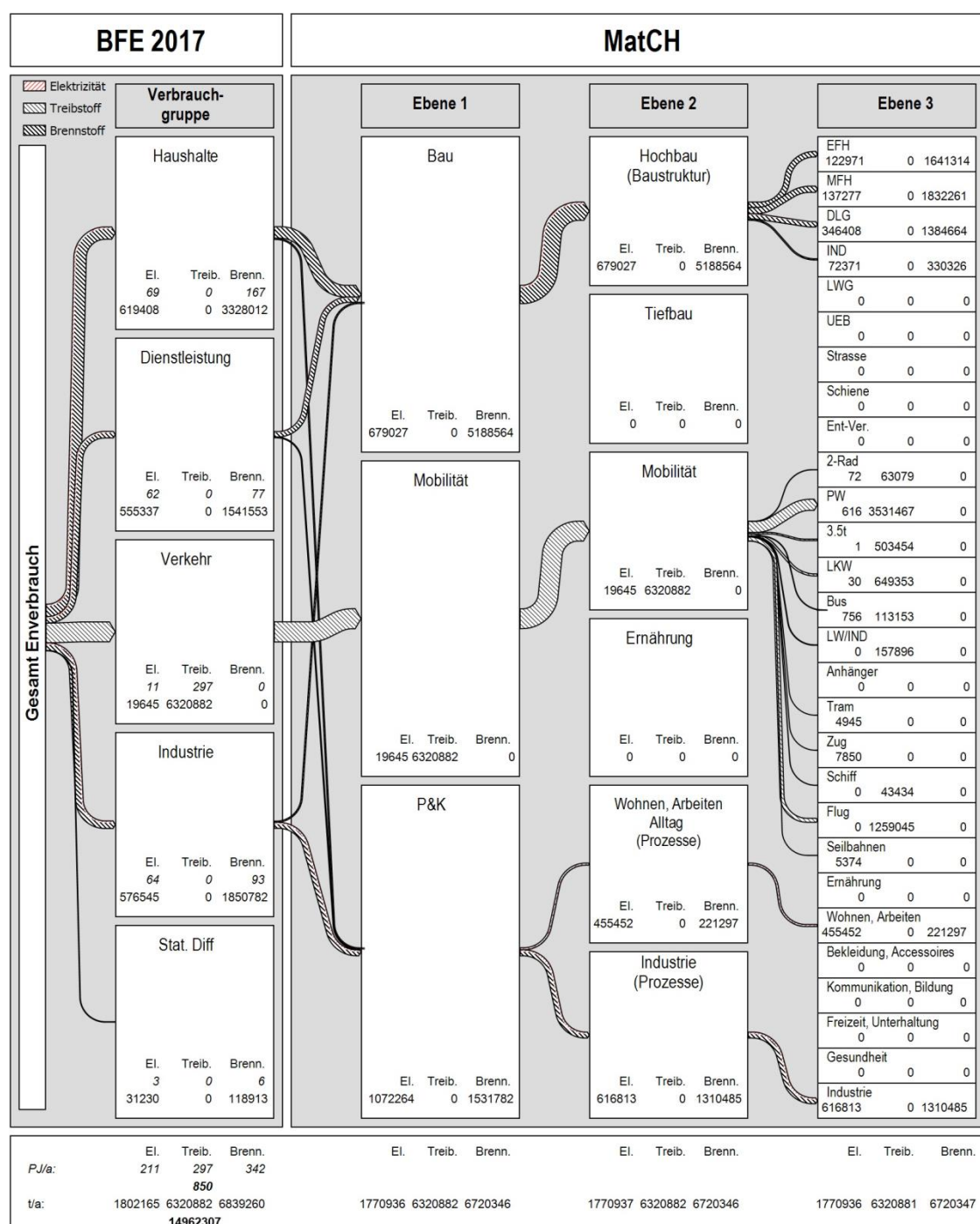


Abbildung 2-5: Aufteilung der Endenergie für das Jahr 2017 inkl. Tanktourismus und internationalem Flugverkehr in resp. PJ/Jahr (kursiv) und Tonnen/Jahr. Elektrizität wurde in Tonnen Öl-Äquivalente (toe) umgerechnet. Quellen: (BFE 2009; Gauch et al. 2017; BFE 2018a, 2018b).

2.5 Darstellung der gesamten Volkswirtschaft



Sämtliche Daten aus den Statistiken sind aggregiert für die Schweiz und gelten somit für die gesamte Volkswirtschaft. Daten zu ca. 1 000 Gütern beziehungsweise Gütergruppen aus den drei Basisberichten wurden gemäss der Matrixstruktur (Abbildung 2-2) zugewiesen:

- Konsumbereiche: 3 oberste Kategorien (Bau, Mobilität, Produktion & Konsum) auf Ebene 1, 6 Kategorien auf Ebene 2 und 28 Kategorien auf Ebene 3.
- 18 Materialkategorien inklusive Energieträger und Nahrungsmittel.

Zu allen Gütern wurden Zahlen aus Statistiken erfasst (v.a. Swiss-Impex, STAT-TAB, Agristat, BAFU) oder durch eigene Annahmen erweitert (Abbildung 2-2):

- Import
- Export
- Recycling
- Inländische Gewinnung
- Wachstumsraten
- Material-Zusammensetzung
- Lebens- bzw. Nutzungsdauer

2.6 Durchschnitt des Konsums pro Person



Die Division des Verbrauchs der gesamten Volkswirtschaft durch die Summe der ständigen und nichtständigen Wohnbevölkerung (8 560 151 Personen Ende 2017¹³) ergibt den Durchschnittskonsum einer einzelnen Person.

Bei den graphischen Darstellungen pro Person wurden einheitlich Säulendiagramme gewählt zur einfachen Unterscheidung der Darstellungen für die gesamte Volkswirtschaft mit Balkendiagrammen.

¹³ https://www.pxweb.bfs.admin.ch/pxweb/de/px-x-0103010000_102/px-x-0103010000_102/px-x-0103010000_102.px.

2.7 Verantwortung und Verhalten pro Person



2.7.1 Direkte und indirekte Verantwortung

Die pro-Kopf Aufteilung zeigt den durchschnittlichen Konsum und die damit verbundenen Umweltbelastungen. Ein Teil dieser Emissionen lässt sich von einem Individuum in seiner Rolle als Konsument direkt beeinflussen. Die Entscheidung, ob man sich beispielsweise vegetarisch ernährt oder das Flugzeug für Ferienreisen benutzt, ist persönlich direkt beeinflussbar. Die Entscheidung wird von persönlichen Neigungen und gesellschaftlichen Normen beeinflusst. Bei anderen Emissionen ist man als Konsument stärker von übergeordneten Entscheidungen abhängig. Der Bau einer Strasse, die Art des Transports von Lebensmitteln oder die Ausstattung der Arbeitsumgebung liegt ausserhalb des direkten persönlichen Einflussbereichs, sondern wird bestimmt von politischen oder wirtschaftlichen Entscheidungen. Die Beeinflussung erfolgt indirekt durch die Wahl von politischen Vertretern, durch Abstimmungen oder durch den Versuch der Einflussnahme auf wirtschaftliche Entscheidungen in der Arbeitswelt. Mittelfristig beeinflussen sich die verschiedenen Handlungsebenen natürlich gegenseitig – so werden beispielsweise Strassen aufgrund des beobachteten Verkehrsaufkommens gebaut und Fahrzeuge aufgrund der vorhandenen Strassen. Hier kann man von indirekten Einflussmöglichkeiten sprechen (Tabelle 2-4).

Direkte Einflussmöglichkeit bzw. Verantwortung	Persönliche Entscheidung des Individuums. Totaler (100%) Einfluss bedeutet, dass Entscheidungen des Individuums allein reichen, um zum tiefsten Niveau von Emissionen zu kommen, z.B. mit dem Wahl von Lebens- oder Transportmitteln oder die Menge von gefahrenen Kilometern. Faktoren wie Geldmangel (für den Erwerb eines umweltfreundlicheren PWs oder die Renovierung einer Eigentumswohnung) oder der Mangel an ÖV zwischen Wohn- und Arbeitsort wurden aus Gründen der Vereinfachung nicht betrachtet.
Indirekte Einflussmöglichkeit bzw. Verantwortung	Entscheidungen primär durch Politik/Wirtschaft. 100% bedeutet, dass direkte Entscheidungen des Individuums keinen direkten Einfluss auf dem Niveau der Emissionen haben. Die Nutzung von einigen Infrastrukturen, Dienstleistungen oder Gütern dient der gesamten Bevölkerung und sollte deshalb jedem Individuum zu gleichen Teilen angerechnet werden (Begriff der Allmende). Beispiele: Strassen- und Schienennetz (Versorgung), Öffentliche Gebäude (Spitäler, Dienstleistungen, Schulen, Industrie, Landwirtschaft), Transportmittel (Lastwagen und Anteil Zug für Versorgung). In der Realität gibt es aber Umkip-Punkte, ab wann die Entscheidungen des Individuums einen Einfluss haben (z.B. überlastete Strassen führen zu einer Vergrösserung des Strassennetzes, ein höherer Konsum zu mehr Strassen- und Schienentransport von Gütern, usw.).

Tabelle 2-4: Definition von direkte und indirekte Verantwortung.

Für jeden Konsumbereich kann versucht werden, die direkte und indirekte Einflussmöglichkeit einer Person zu quantifizieren. In der folgenden Tabelle (Tabelle 2-5) ist eine Auflistung der Konsumbereiche der Volkswirtschaft mit geschätzten Anteilen der direkten und indirekten Verantwortung und zugehörigen Erläuterungen dargestellt. Die Prozentzahlen entsprechen einer Experten-Einschätzung und statistischen Daten mit Bezug auf die kurze Frist. Mittelfristig beeinflussen sich die verschiedenen Handlungsebenen wechselseitig.

	Indirekte Verantw.	Direkte Verantw.	Bemerkungen zu der Einschätzung
Einfamilienhäuser (EFH)	3%	97%	Eigentümer (gleich Erbauer) mit direkter Verantwortung vs. Mieter mit indirekter Verantwortung. Verhalten des Bewohners nicht inbegriffen. Die Prozentzahl berechnet sich aus der Anzahl Mieterwohnungen im Vergleich zu Eigentümerwohnungen, unabhängig von deren jeweiligen Fläche.
Mehrfamilienhäuser (MFH)	84%	16%	
Dienstleistungsgebäude	100%	0%	Nutzung durch die Allgemeinheit, die gesamte Bevölkerung profitiert zu gleichen Teilen von öffentlicher Infrastruktur. Auch wenn jemand z.B. kein eigenes Auto hat, ist er für Warentransport oder für persönliche Transporte im Bus auf das Strassennetz angewiesen.
Industriegebäude	100%	0%	
Landwirtschaftsgebäude	100%	0%	
Übrige Gebäude	100%	0%	
Strasse	100%	0%	
Schiene	100%	0%	
Entsorgung/Versorgung	100%	0%	
2-Rad	0%	100%	Eigene Entscheidung des Individuums für ein 2-Rad.
Personenwagen	7%	93%	Direkte Verantwortung für die Wahl des Personenwagens. Die Besitzer sind oft in einer 'locked-in' Situation (man fährt mit was man hat). Bei Firmenflotten besteht eine indirekte Verantwortung. Die Prozentzahl errechnet sich aus dem Anteil an der gesamten Tagesdistanz im Inland für geschäftliche Tätigkeiten und Dienstfahrten.
3.5 t (Kleintransporter)	100%	0%	Indirekte Verantwortung, Warentransporte erfolgen im Dienste der Allgemeinheit.
Lastwagen	100%	0%	Die Art der Fahrzeuge kann nicht durch das Individuum beeinflusst werden.
Bus	0%	100%	Direkte Verantwortung, eigene Entscheidung ob man den ÖV nutzt oder nicht. In der Realität ist aber die Nutzung des ÖV nicht nur nachfragebestimmt, das Netzangebot ist auch ein Resultat von politischen Entscheidungen.
Landwirtschaftliche und industrielle Fahrzeuge	100%	0%	Indirekte Verantwortung, Fahrzeuge im Dienst der Allgemeinheit. Die Art der Fahrzeuge kann nicht durch das Individuum beeinflusst werden.
Anhänger	100%	0%	
Tram	0%	100%	Direkte Verantwortung, eigene Entscheidung ob man den ÖV nutzt oder nicht. In der Realität ist aber die Nutzung des ÖV nicht nur nachfragebestimmt, das Netz ist auch ein Resultat von politischen Entscheidungen.
Zug	20%	80%	Vorwiegend direkte Verantwortung ob man den Zug nutzt (keine Unterscheidung private/geschäftliche Reise). In der Realität ist aber die Nutzung des ÖV nicht nur nachfragebestimmt, das Netz ist auch ein Resultat von politischen Entscheidungen. Indirekte Verantwortung bei Gütertransport. Prozentzahl berechnet aus der Betriebsleistung der Züge (Mio. Fz-km SBB Cargo vs. SBB Personenverkehr).
Schiff	67%	33%	Vorwiegend indirekte Verantwortung bei Gütertransport. Prozentzahl berechnet aus dem Anteil Treibstoffverbrauch für Güterschiffe vs. öffentliche Personenschiffe und private Personenschiffe aus MatCH-Mobilität.
Flug	8%	92%	Vorwiegend direkte Verantwortung ob man ein Flugzeug nutzt (keine Unterscheidung private/geschäftliche Reise). Indirekte Verantwortung bei Gütertransport. Prozentzahl berechnet aus der Masse transportierten Güter vs. geschätzter Masse transportierter Passagiere.
Seilbahnen	0%	100%	Eigene Entscheidung des Individuums für die Seilbahnnutzung.
Ernährung	18%	82%	Direkte Verantwortung für die Art der Ernährung. Die Lieferkette bis zum Detailhandel und die Gastronomie sind durch ein Individuum nicht direkt beeinflussbar und bestimmen gemäss WWF ¹⁴ den Anteil des Food Waste zu 55%. Die 18% indirekter Verantwortungsanteil rechnen sich aus 55% des üblicherweise angenommenen Food Waste Anteils von einem Drittel.
Wohnen, Arbeiten	38%	62%	Unterscheidung zwischen Gütern in privaten Wohnungen und in Dienstleistungs- und Industriegebäuden. Prozentzahl berechnet aus der Anteil der Masse des Gebäudeparks in EFH und MFH (direkte Verantwortung) und Masse restlicher Gebäude (indirekte Verantwortung).
Bekleidung, Accessoires	0%	100%	Eigene Entscheidung des Individuums für die Art, Herkunft und Qualität von Bekleidung und Accessoires.
Kommunikation, Bildung	50%	50%	Direkte Verantwortung privat, indirekte Verantwortung bei Dienstleistungen und Industrie. Prozentzahl durch Autoren geschätzt da keine Informationen verfügbar sind.
Freizeit, Unterhaltung	0%	100%	Eigene Entscheidung des Individuums für die Art der Freizeitgestaltung.
Gesundheit	0%	100%	Eigene Entscheidung des Individuums für Körperpflegemittel, Putzmittel und Medikamente.
Industrie	100%	0%	Indirekte Verantwortung, Art und Menge von Rohstoffen für die Verarbeitung in der Industrie liegt ausserhalb des Einflusses eines Individuums.

Tabelle 2-5: Einschätzung der direkten und indirekten Verantwortung einer Person für die verschiedenen Konsumbereiche (kurzfristig).

¹⁴ <https://www.wwf.ch/de/unsere-ziele/foodwaste>.

Abbildung 2-6 zeigt die graphische Darstellung von Tabelle 2-5 mit Unterscheidung der direkten und indirekten Verantwortung.

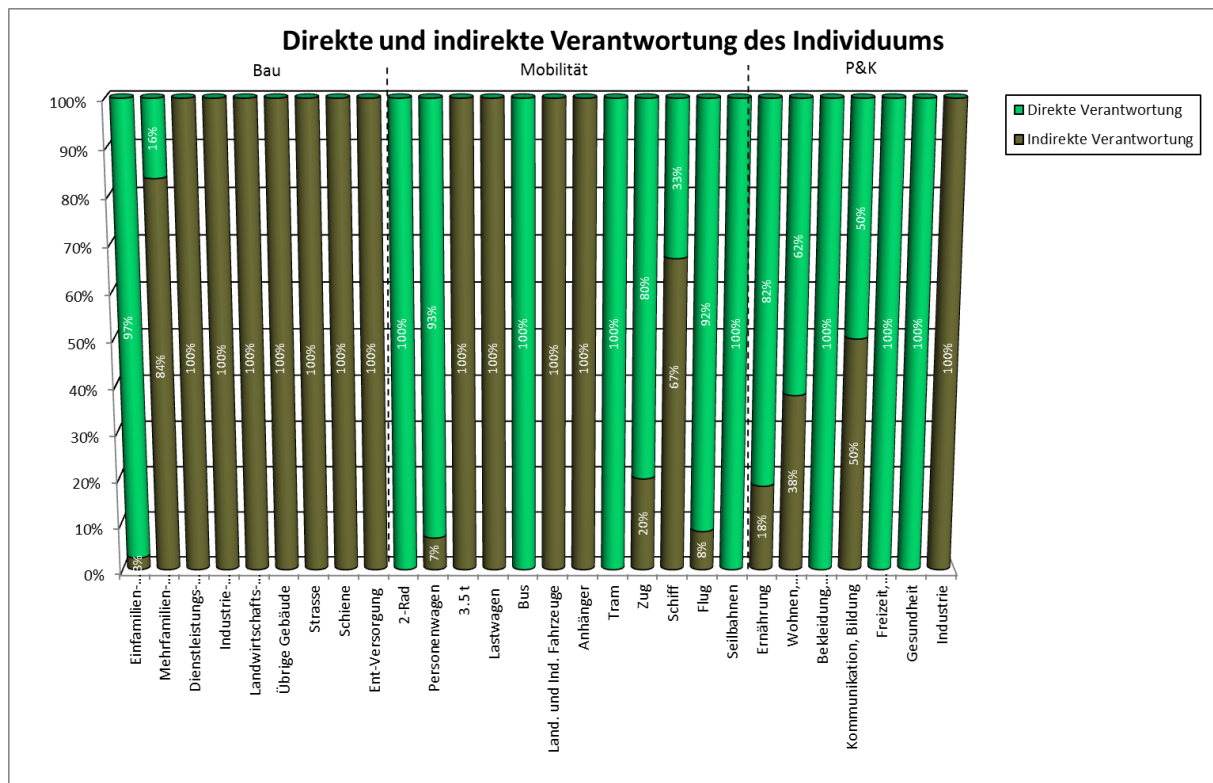


Abbildung 2-6: Direkte und indirekte Verantwortung einer Person für die verschiedenen Konsumbereiche.

2.7.2 Persönliches Verhalten einer Person, Verhaltens-Archetypen

Betrachtet man den Konsum und die Emissionen, welche direkt von einer Person beeinflussbar sind, stellt sich die Frage, für welchen Anteil verschiedene Gruppen von Personen mit unterschiedlichem Konsumverhalten (Verhaltens-Archetypen¹⁵) verantwortlich sind. In der Summe ergeben verschiedene Gruppen von Verhaltens-Archetypen zusammen das Resultat für die Volkswirtschaft. Interessant ist aber die Frage nach den Auswirkungen des Konsums verschiedener Verhaltens-Archetypen auf die Umweltbelastungen.

Diversen Autoren haben Verhaltens-Archetypen zum Thema Konsumverhalten und Umweltbelastungen erforscht (Girod and De Haan 2009; Notter, Meyer, and Althaus 2013; Froemelt, Dürrenmatt, and Hellweg 2018; Baiocchi, Minx, and Hubacek 2010; Büchs and Schnepf 2013; BrudererENZler and Diekmann 2015). (BrudererENZler and Diekmann 2015) haben die Schweizerische Umweltumfrage von 2007 verwendet, um den Zusammenhang zwischen Emissionen, Einkommen und Umwelteinstellungen im Rahmen einer multivariablen Analyse zu berechnen. (Girod and De Haan 2009; Notter, Meyer, and Althaus 2013; Froemelt, Dürrenmatt, and Hellweg 2018) basieren auf der Haushaltsbudgeterhebung (HABE) des BFS¹⁶,

¹⁵ Archetypen bezeichnen in der analytischen Psychologie eine urtümliche Struktur menschlicher Vorstellungs- und Handlungsmuster (Wikipedia). Verhaltens-Archetypen stellen vorherrschende Konsummuster dar.

¹⁶ <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/wirtschaftliche-soziale-situation-bevoelkerung/erhebungen/habe.html>.

welche zum Ziel hat, die Haushaltsbudgets der Wohnbevölkerung in der Schweiz detailliert zu erfassen.

In (Fröemelt, Dürrenmatt, and Hellweg 2018) wurden die Werte für 9 734 Haushalte (etwa 23 000 Personen insgesamt) aus der HABE gruppiert und deren Geldausgabe mit Ecoinvent-Werten über die Umweltbelastungen kombiniert. Daraus wurden 28 Verhaltens-Archetypen mit ähnlichem Verbrauchsverhalten und ähnlichen Merkmalen von Haushalten definiert (Abbildung A-10 im Anhang). Man sieht eine klare Korrelation zwischen Einkommen und Emissionen von Treibhausgasen. Die Haushalte mit den höchsten Extremen (OB, OA, S, X, M) enthalten wenige Personen (Tabelle 2-6). Ältere Personen wohnen oft in grösseren und weniger gut isolierten Privathäusern, dadurch resultieren höhere Emissionen bei den Wohngebäuden (EFH und MFH). Die Emissionen, die mit Ernährung verbunden sind (Vegetarier, Fleischesser) scheinen ziemlich homogen zwischen den verschiedenen Verhaltens-Archetypen verteilt zu sein.

Die ausführliche Arbeit von Fröemelt et al. wird als Grundlage für diese Arbeit verwendet, die Gruppierung jedoch vereinfacht:

- Die Anzahl an Clusters wurde verkleinert (von 28 Verhaltens-Archetypen auf 5 Gruppen), um die Komplexität zu reduzieren (Methodik siehe Tabelle 2-6).
- Die 5 Gruppen sind gleich gross, das heisst jede Gruppe bildet ein Quintil mit je 20% Bevölkerungsanteil. Damit landen beispielsweise die Verhaltens-Archetypen OB, OA, S, X, M, Q, L, T und 92% des Verhaltens-Archetyps P in Quintil V und die Verhaltens-Archetypen B, Z und 64% des Verhaltens-Archetyps A in Quintil I.
- Die 5 Gruppen ("Quintile") haben ein variables Verhaltensmuster mit dem Resultat von sehr umweltfreundlichem Verhalten (Quintil I) bis zu Verhalten mit den höchsten pro-Kopf Umweltauswirkungen (Quintil V).

Anzahl Personen	Verhaltens-Archetypen laut Frömelt et al. (2018)		Q I	Q II	Q III	Q IV	Q V
110	OB	2-Personen-Haushalt, rund um die Pensionierung; sehr hohes Einkommen	Verhalten mit den höchsten pro-Kopf Umweltauswirkungen →				100%
229	OA	Familien, Hausbesitzer mit Grundschulern/Jugendlichen; sehr hohes Einkommen					100%
366	S	Kleine Familien: Selbständige, teilweise mit Kindern; sehr hohes Einkommen					100%
646	X	2-Personen-Haushalte; schweizerisch-deutsch ZH, im Ruhestand älter als P; mittleres-hohes Einkommen					100%
569	M	2-Personen-Haushalt; schweizerisch-französisch, vor der Pensionierung; mittleres-hohes Einkommen					100%
207	Q	Kleiner Haushalt: geschiedene Männer im mittleren Alter; mittleres-hohes Einkommen					100%
1326	L	Kleine Familien mit Grundschulkindern; hohes Einkommen					100%
299	T	2-Personen-Haushalt; schweizerisch-italienisch, pensioniert; mittleres-niedriges Einkommen					100%
919	P	2-Personen-Haushalt; schweizerisch-deutsch, im Ruhestand; mittleres-hohes Einkommen				8%	92%
1316	D	2-Personen-Haushalt; junge Unverheiratete ohne Kinder; mittleres-hohes Einkommen				100%	
481	O	1-Personen-Haushalt; schweizerisch-deutsch ZH, gut gemischt nicht im Ruhestand; mittleres-niedriges Einkommen				100%	
486	G	Kleiner Haushalt; Nordwestschweiz, mittleres Alter ohne Kinder; mittleres Einkommen				100%	
731	H	1-Personen-Haushalt; alte, verwitwete Frauen; niedriges Einkommen				100%	
686	I	Kleiner Haushalt; schweizerisch-französisch, gut gemischt nicht im Ruhestand ohne Kinder; mittleres-niedriges Einkommen				100%	
1161	V	2-Personen-Haushalt; schweizerisch-deutsch, pensioniert; mittleres-niedriges Einkommen			29%	71%	
441	N	1-Personen-Haushalt; schweizerisch-deutsch BE, gut gemischt nicht im Ruhestand; mittleres-niedriges Einkommen			100%		
1018	K	Kleine Familien: schweizerisch-italienisch mit Schulkindern, Hauseigentümerin; mittleres-hohes Einkommen			100%		
569	R	1-Personen-Haushalt; Ostschweiz, gut gemischt nicht im Ruhestand; mittleres-niedriges Einkommen			100%		
595	Y	2-Personen-Haushalt; sehr junge Menschen; mittleres-niedriges Einkommen			100%		
562	E	Kleiner Haushalt; schweizerisch-italienisch, mittleres Alter ohne Kinder; mittleres-niedriges Einkommen			100%		
2357	J	Grosse Familien, Hausbesitzer mit Teenagern "technikbegeistert"; hohes Einkommen		55%	45%		
390	U	Kleiner Haushalt; zentrale CH, gut gemischt nicht pensionierte Erwachsene mit Kindern; mittleres Einkommen	→ Sehr umweltfreundlichem Verhalten	100%			
826	F	Familien: schweizerisch-französisch, mit Kindern; mittleres-hohes Einkommen		100%			
300	W	Kleiner Haushalt; schweizerisch-französisch, etwas älter im mittleren Alter ohne Kinder; mittleres-niedriges Einkommen		100%			
655	C	Familien; eher junge Erwachsene mit Babys; hohes Einkommen		100%			
3124	A	Grosse Familien; Hausbesitzer mit Grundschulern; mittleres-hohes Einkommen		64%	36%		
983	Z	Familien: sehr junge Erwachsene mit Babys; mittleres Einkommen		100%			
1629	B	Familien; Mieter mit Schulkindern, abhängig von anderen Haushalten. Trend: 1 Erwachsener 2 Kinder; mittleres Einkommen		100%			
22981							

Tabelle 2-6: Aufteilung der Verhaltens-Archetypen von Frömelt et al. (2018) auf 20%-Anteile (Quintile I – V).

2.8 Rückaggregation vom Individuum auf die Volkswirtschaft



Die Volkswirtschaft ist die Summe des Verhaltens sämtlicher Individuen. Ein Teil der Emissionen der Volkswirtschaft ist gegeben durch die Deckung der Basis-Infrastruktur (indirekte Verantwortung bei Kapitel 2.7), der andere Teil hängt ab vom Verhalten der Bevölkerung bezüglich Ernährung, Mobilität, Wohnansprüche usw. gemäss Kapitel 2.7.1.

Die Differenzierung nach diesen Kriterien erlaubt die Beantwortung interessanter Fragestellungen:

- Welcher Anteil an den Gesamtemissionen stammt aus der Bereitstellung der 'Allmende', das heisst demjenigen Teil, für welchen der Staat und die Wirtschaft verantwortlich sind und welcher nicht durch einzelne Individuen beeinflusst werden kann?
- Wie hoch wären die CO₂-Emissionen für denjenigen Teil, für welchen die Individuen direkt verantwortlich sind, das heisst welche Bereiche sie mit ihren Entscheidungen und ihrem Konsumverhalten beeinflussen können?
- Was wäre in der Summe das Ergebnis für die CO₂-Emissionen der Volkswirtschaft, wenn sich alle Individuen wie das 'beste' oder 'schlechteste' Fünftel der Bevölkerung verhalten würden?

3.1.1.1 Konsum (DMC)

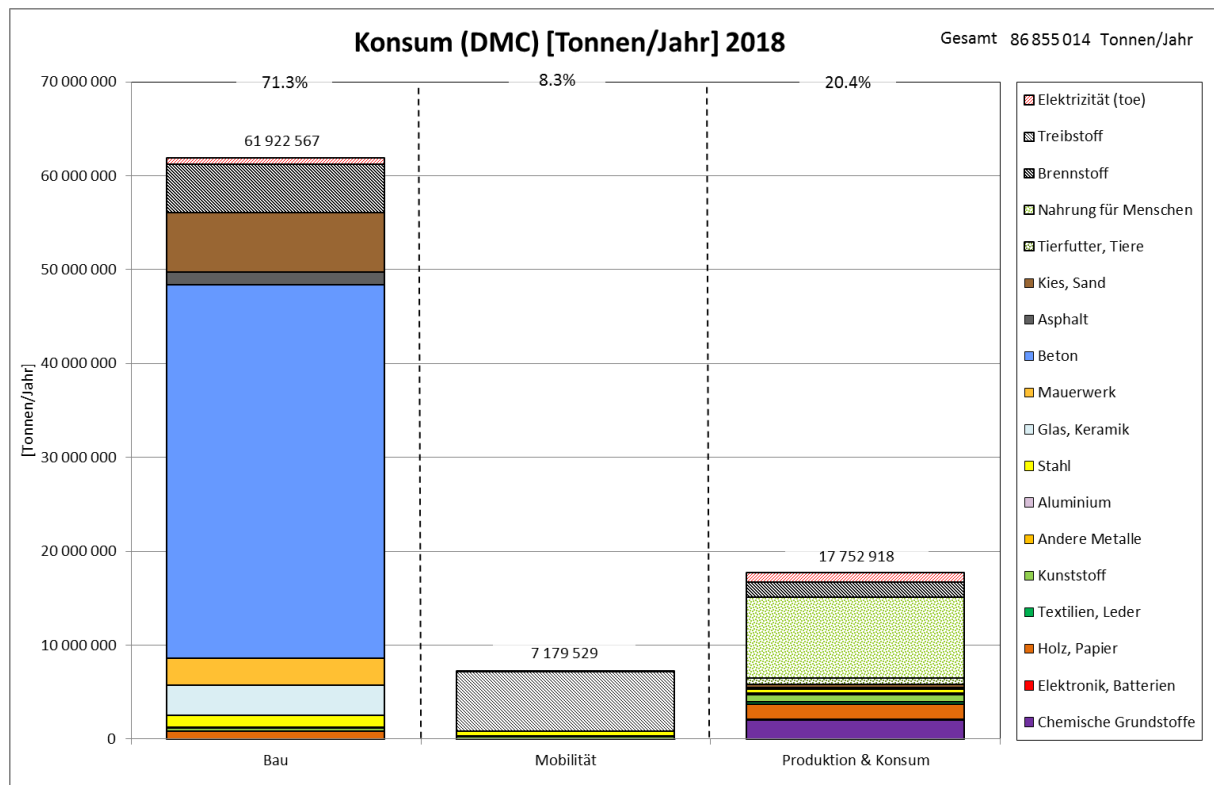


Abbildung 3-2: Konsum von Materialien in drei Konsumbereichen auf Ebene 1.

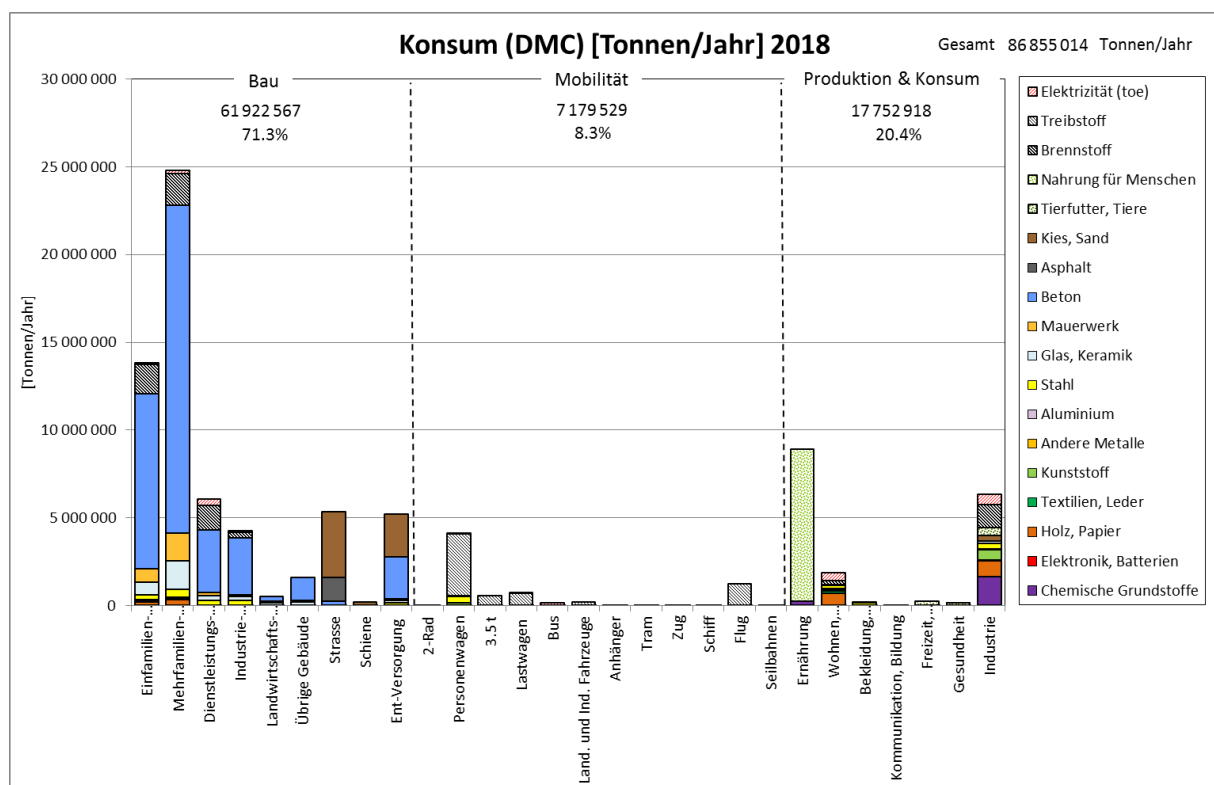


Abbildung 3-3: Konsum von Materialien in 28 Konsumbereichen auf Ebene 3.

3.1.1.2 Lager

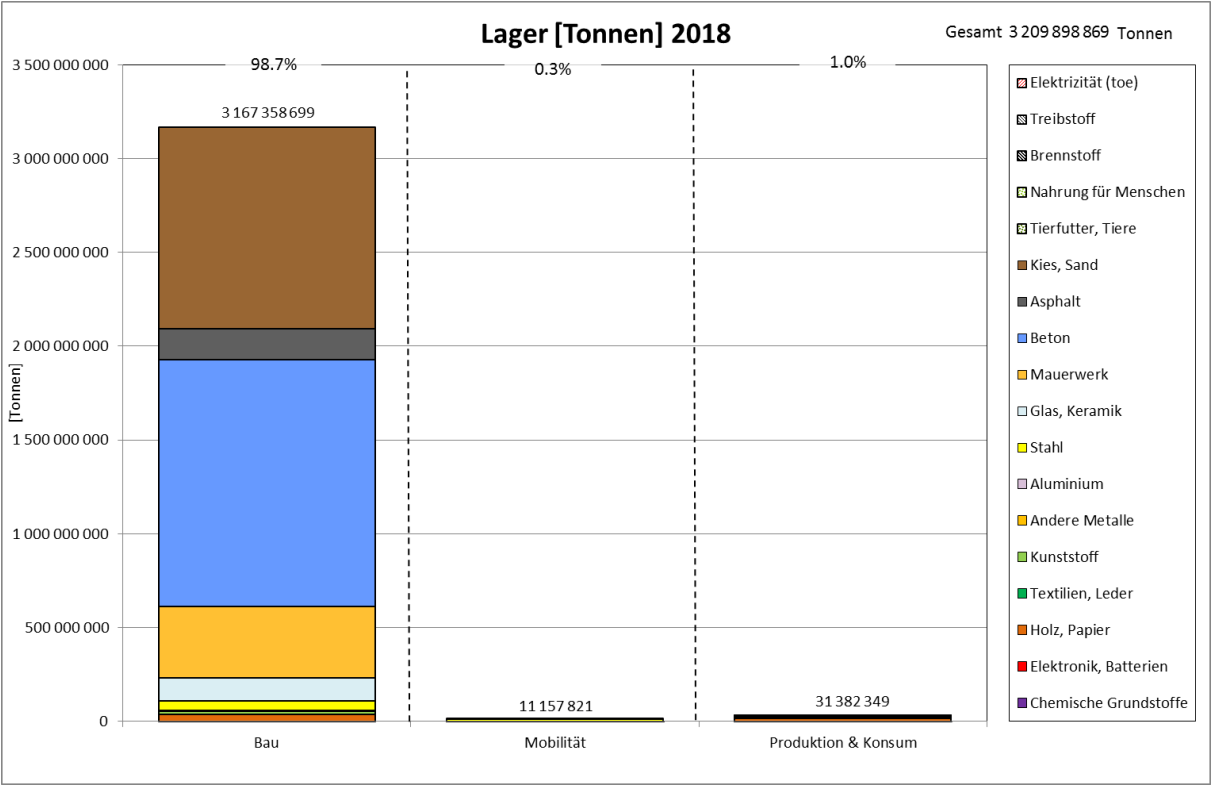


Abbildung 3-4: Gelagerte Massen und deren Materialzusammensetzung in drei Konsumbereichen auf Ebene 1.

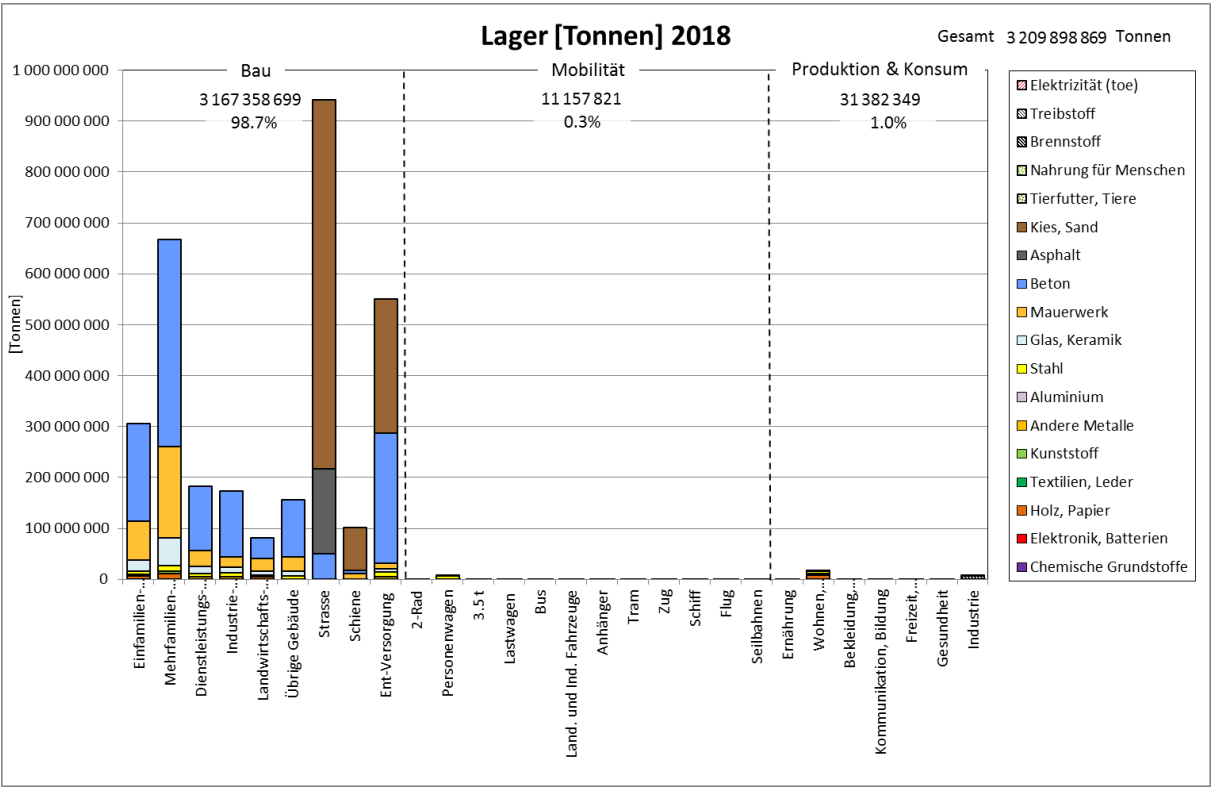


Abbildung 3-5: Gelagerte Massen und deren Materialzusammensetzung in 28 Konsumbereichen auf Ebene 3.

3.1.1.3 Entsorgung

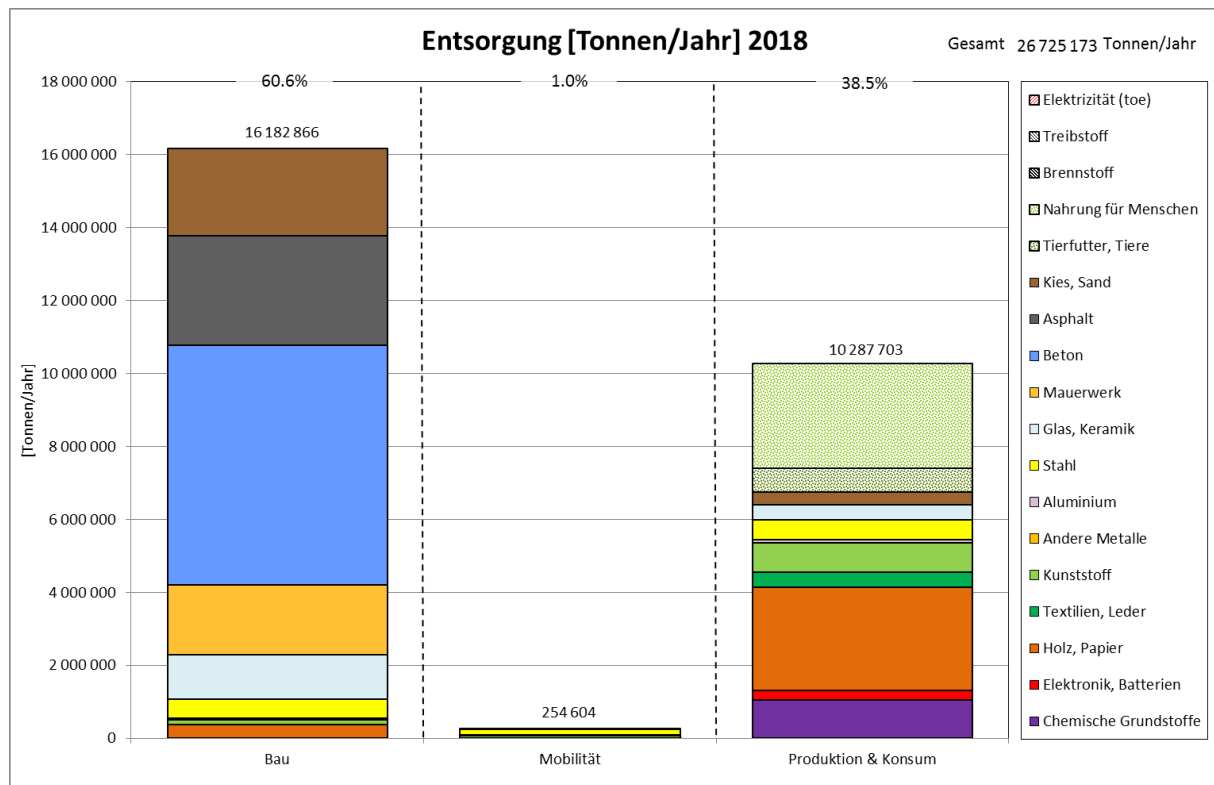


Abbildung 3-6: Entsorgung von Materialien in drei Konsumbereichen auf Ebene 1.

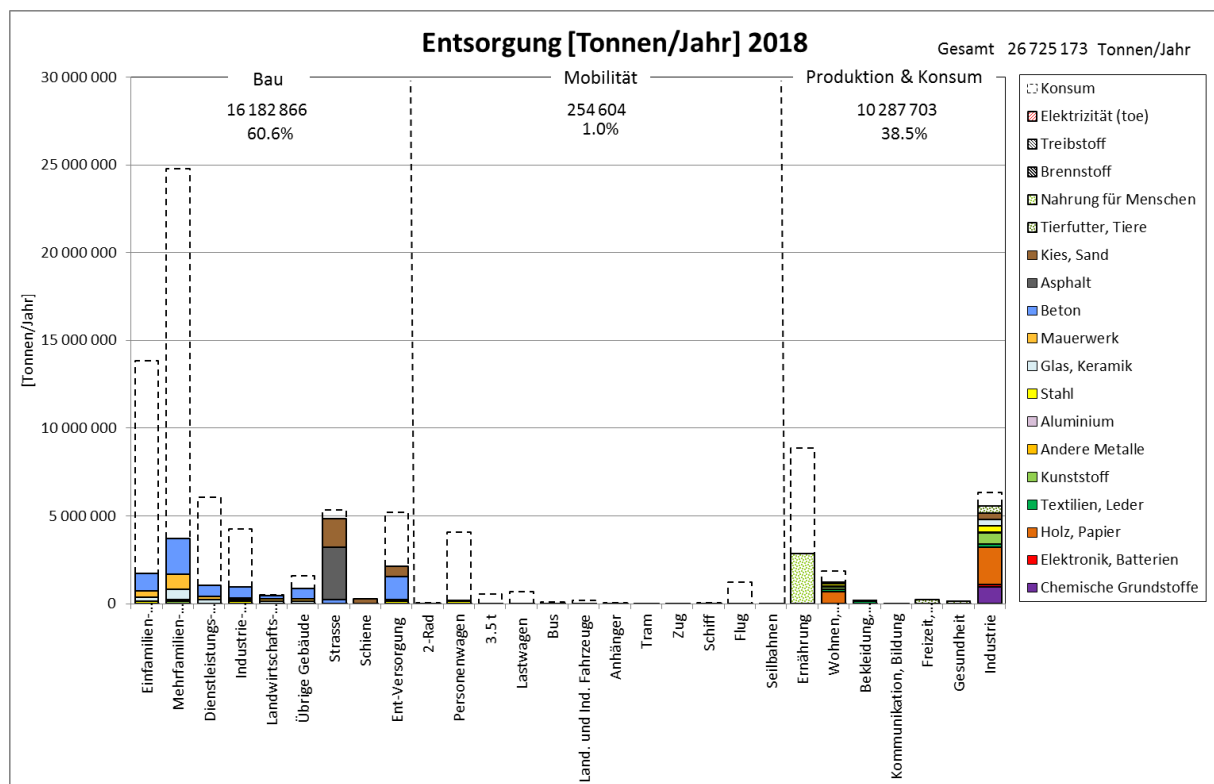


Abbildung 3-7: Entsorgung von Materialien in 28 Konsumbereichen auf Ebene 3. Vergleich mit dem gestrichelt dargestellten Konsum in jedem Bereich.

3.1.1.4 Materialflüsse und Lagermassen – Daten

2018	Import	Import (inkl. Futter/ Weide)	Inländ. Gew. (inkl. Futter/ Weide)	Export	Verbrauch	Ent- sorgung	Recycling gesamt	Verbrennung	Deponie	Abwasser	Kompost/ Biogas	Sekundär- zufluss	Zufluss	Import + inländ. Gew.	Abfluss	Konsum (DMC)	Lager	Lagerzuwachs
	[Tonnen/Jahr]																	
Elektrizität (toe)	0	0	1770936	1770936	0	1770936	0	0	0	0	0	0	1770936	1770936	1770936	1770936	0	0
Treibstoff	7025039	7025039	0	704158	6320882	0	0	0	0	0	0	0	7025039	7025039	7025039	6320882	2370331	0
Brennstoff	6330257	6330257	1175565	785475	6720347	0	0	0	0	0	0	0	7505822	7505822	7505822	6720347	2469153	0
Nahrung für Menschen	4418248	4418248	7263436	3017440	5776163	2888081	476352	373833	0	0	2037897	0	11681684	11681684	11681684	8664244	489812	0
Tierfutter, Tiere	306191	2101207	770453	439227	0	637417	0	48539	0	0	588878	0	1076644	1076644	1076644	637417	1128023	0
Kies, Sand	2638957	2638957	8188328	4167045	0	2766149	2001952	0	764197	0	0	2001952	12829237	10827285	6933194	6660240	1074585853	5902971
Asphalt	1313207	1313207	0	0	0	2994595	2485514	0	509081	0	0	2485514	3798721	1313207	2994595	1313207	166366368	798559
Beton	8207510	8207510	31592527	2379	0	6589121	5597138	0	991983	0	0	5597138	45397174	39800037	6591500	39797658	1316890027	38798934
Mauerwerk	0	0	2899754	0	0	1901499	1521200	0	380300	0	0	1521200	4420953	2899754	1901499	2899754	380299896	2518254
Glas, Keramik	3737577	3737577	0	386953	0	1638763	254390	112	1384260	0	0	254390	3991967	737577	2025716	3357841	123787260	1969275
Stahl	4161753	4161753	0	2157774	0	1191314	1138860	0	52454	0	0	1138860	5300613	4161753	3349088	2268593	61555193	1375177
Aluminium	549667	549667	0	408503	0	117985	95218	0	22767	0	0	95218	644884	549667	526488	162110	3016148	47187
Andere Metalle	197227	197227	0	91190	0	55266	49750	0	5517	0	0	49750	246977	197227	146458	113586	3661511	84645
Kunststoff	2117332	2117332	0	985830	0	963903	66185	885700	12018	0	0	66185	2183517	2117332	1949733	1170962	18044024	233565
Textilien, Leder	381729	381729	67448	184492	0	412575	147891	256744	7941	0	0	147891	597067	449177	597067	264685	2206863	0
Holz, Papier	2583069	2583069	2325844	2439434	0	3202218	1254900	1936110	11208	0	0	1254900	6163813	4908913	5641652	2469479	46726792	524802
Elektronik, Batterien	224050	224050	0	1122444	0	273363	175084	49105	49174	0	0	175084	399134	224050	385607	126962	2395083	8365
Chemische Grundstoffe	3910299	3910299	0	1838635	1083030	1092924	140295	948427	4202	0	0	140295	4050594	3910299	4014589	2136112	3906533	31806
Total Energie	13355296	13355296	2946501	1489633	14812164	0	0	0	0	0	0	0	16301797	16301797	16301797	14812164	4839483	0
Total Nahrung	4724439	6519455	8033889	3456667	5776163	3525499	476352	422372	0	0	2626775	0	12758328	12758328	12758328	9301662	1617835	0
Total übrige Materialien	3022378	3022378	45073900	12774480	1083030	23199675	14928375	4076198	4195101	0	0	14928375	90024654	75096278	37057185	62741189	3203441551	52293539
Total	48102113	49897129	56054290	17720780	21671357	26725173	15404727	4498570	4195101	0	0	14928375	119084779	104156403	66117310	86855014	3209898869	52293539

Tabelle 3-1: Zusammenfassung des Lagerbestandes und der Flüsse für die verschiedenen Kategorien und Materialien (dargestellt für das Jahr 2018).

Gesamte Materialfluss- und Lagerrechnung

Die jährlichen Materialflüsse im Zu- und Abfluss der Schweiz wurden mit Sankey-Diagrammen dargestellt (Abbildung 3-1). Die Summe von Import und inländischer Gewinnung fliesst zusammen mit einem rezyklierten Anteil Sekundärmaterialien aus dem Entsorgungsprozess in die Volkswirtschaft. Ein Teil der zufließenden Materialien bleibt im System (Lagerwachstum). Der Abfluss setzt sich zusammen aus dem Export, der Entsorgung und einem Anteil, welcher 'verbraucht' wird (z.B. Nahrung, Energieträger).

Jährlicher inländischer Materialkonsum (DMC) und dessen Zusammensetzung

Der aussagekräftigste Massenfluss ist der 'Konsum', er bezeichnet die tatsächlich im Inland konsumierten Mengen als Resultat des Imports plus inländischer Gewinnung minus des Exports. Dieser Fluss wird als einheimischer Materialfluss oder inländischer Materialverbrauch (Domestic Material Consumption DMC) gemäss internationaler Klassierung bezeichnet.

Der jährliche Konsum in der Schweiz beträgt ca. 86.9 Mio. Tonnen (Abbildung 3-1 -Abbildung 3-3). Nicht inbegriffen ist Tierfutter im Konsumbereich Ernährung (etwa 10.1 Mio. t/a) sowie Wasser (ca. 630 Mio. t/a) und Gold (ca. 800 t/a) (Details, siehe (Matasci, Gauch, and Böni 2018)). Jährlich fließen ca. 61.9 Mio. t (71.3%) Materialien in den Baubereich (meistens Beton in EFH und MFH und Kies in die Strassen und in die Entsorgung/Versorgung), ca. 7.2 Mio. t (8.3%) fließen in die Mobilität, meistens als Treibstoffe für PWs und schliesslich ca. 17.8 Mio. t (20.4%) entweder als Nahrung für Menschen oder als Rohstoffe für die Industrie in Produktion & Konsum (Abbildung 3-2, Abbildung 3-3). Am meisten wird Beton verbraucht, welcher fast die Hälfte der gesamten Masse ausmacht (ca. 39.8 Mio. t/a, 45.8%). Es folgen Nahrung für Menschen (10.0%) und Brenn- und Treibstoffe (resp. 7.7 und 7.3%) (Tabelle 3-1, Tabelle 3-5, Abbildung A-4).

Zusammensetzung der Lagermasse

Die Abschätzung der Masse an Gütern, welche sich gesamthaft in der Schweiz befinden (Lagermasse) ist mit grossen Unsicherheiten behaftet. Im Bereich Mobilität kann mit ziemlich guter Genauigkeit bottom-up gerechnet werden. Die Masse im Bereich Bau basiert auf vorgängigen Studien (Wüest & Partner 2015; Rubli 2016). Die gelagerte Masse bei Produktion & Konsum entspricht dem jährlichen Konsum multipliziert mit der Nutzungsdauer des entsprechenden Produkts. Aus der Auswertung ist die Darstellung nach Materialien oder nach Konsumbereichen möglich (Abbildung 3-4, Abbildung 3-5, Abbildung A-5).

Die gesamte Lagermasse an Gütern in der Schweiz beträgt ca. 3.2 Mia. Tonnen für das Jahr 2018. Es zeigt sich eine klare Dominanz des Bausektors: Die Masse des Lagers im Bausektor beträgt ca. 3.17 Mia. Tonnen oder 98.7% der gesamten Masse (wovon etwa die Hälfte im Hochbau und die Hälfte im Tiefbau). Der Mobilitätslager (Fahrzeuge) beträgt ca. 11.2 Mio. Tonnen oder etwa 0.3% der gesamten Lagermasse. Schliesslich sind in Produktion & Konsum etwa 31.4 Mio. Tonnen (1.0%) grösstenteils in Form von Möbeln gelagert. Die grössten Materiallager sind Beton (ca. 1.3 Mia. t) sowie Kies und Sand (ca. 1.1 Mia. t) im Hoch- und Tiefbau (Tabelle 3-1, Abbildung A-5).

Abfluss aus der Volkswirtschaft: Verbrauch, Entsorgung und Export

Jährlich fliessen ca. 66.1 Mio. Tonnen aus der 'Volkswirtschaft Schweiz' ab. Ein Teil davon (ca. 21.7 Mio. t/a, meistens Brenn- und Treibstoffe, Nahrungsmittel und chemische Grundstoffe) wird in Energie und/oder in Gase umgewandelt (und somit verbraucht). Ca. 17.7 Mio. t/a werden exportiert, entweder als Rohmaterialien, Halbfabrikate oder Endprodukte. Die meisten Materialien (ca. 26.7 Mio. t/a) werden aber entsorgt, das heisst sie werden entweder aufbereitet und recycelt oder sie werden – meist nach einer thermischen Behandlung (Verbrennung in KVA's, SAVAs, usw.) - einer Endlagerung (Deponie) zugeführt.

Am meisten Materialien werden im Baubereich entsorgt (ca. 16.2 Mio. t/a, 60.6%). Danach folgen Materialien aus Produktion & Konsum (ca. 10.3 Mio. t/a, 38.5%) und schliesslich aus der Mobilität (ca. 0.25 Mio. t/a, 1%). Bei Bauabfällen handelt es sich meistens um Beton, Asphalt, Kies, Sand und Mauerwerk. Bei Produktion & Konsum sind ein grosser Teil der entsorgten Materialien Lebensmittel (Food Waste), Holz und Papier sowie Chemikalien (Abbildung 3-6, Abbildung 3-7, Abbildung A-6).

Mehr als die Hälfte der entsorgten Materialien wird inländisch zurückgewonnen (Abbildung 3-1, Anhang V). Durch das Recycling und die Kompostierung/Biogasbehandlung lassen sich bedeutende Mengen an Materialien inländisch zurückgewinnen (ca. 14.9 Mio. t/a werden recycelt, ca. 2.6 Mio. t/a werden entweder kompostiert oder gehen in eine Biogasanlage). Recycelte Materialien können im Bausektor und im Bereich Produktion & Konsum wieder eingesetzt werden. Der Rest der entsorgten Materialien geht entweder in Verbrennungs- oder Deponierungsprozesse. Ein Teil der entsorgten Massen wird im Ausland bearbeitet.

Zusammenfassung:

- *Beton bildet etwa die Hälfte der konsumierten Masse*

Die Masse an jährlich konsumiertem Beton (ca. 39.8 Mio. t/a) ist bedeutend. Sie dominiert den Konsum zu ca. 45.8%. Brennstoff (ca. 7.7%), Treibstoff (ca. 7.3%) und Lebensmittel (ca. 10.0%) verursachen etwa 25.0% der konsumierten Masse.

- *Das Lager wiegt etwa 3.2 Mia. Tonnen.*

Der grösste Teil des Lagers (ca. 98.7%) gehört zum Baubereich, etwa zur Hälfte im Hochbau in Form von Gebäuden und zur Hälfte im Tiefbau in Form von Strassen, Schienen und der Entsorgungs- und Versorgungsinfrastruktur.

- *Das gesamte Lager besteht zu ca. 1.3 Mia. Tonnen aus Beton und zu ca. 1.1 Mia. Tonnen aus Kies und Sand.*

Die häufigsten Materialien im Lager sind Beton (ca. 41.0%) gefolgt von Kies, Sand (ca. 33.5%), Mauerwerk (ca. 11.8%) und Asphalt (ca. 5.2%).

- *Mehr als die Hälfte der entsorgten Stoffe wird inländisch zurückgewonnen.*

Durch das Recycling lassen sich bedeutende Mengen an Materialien inländisch zurückgewinnen (ca. 14.9 Mio. t/a). Diese können im Bausektor und im Bereich Produktion & Konsum wieder eingesetzt werden. Der Rest geht entweder in Verbrennungs-, Kompostierungs- oder Deponierungsprozesse. Ein Teil der entsorgten Massen wird im Ausland weiter verarbeitet und verwertet und/oder beseitigt.

3.1.2 Umweltbelastungen

3.1.2.1 Treibhauseffekt durch den Konsum

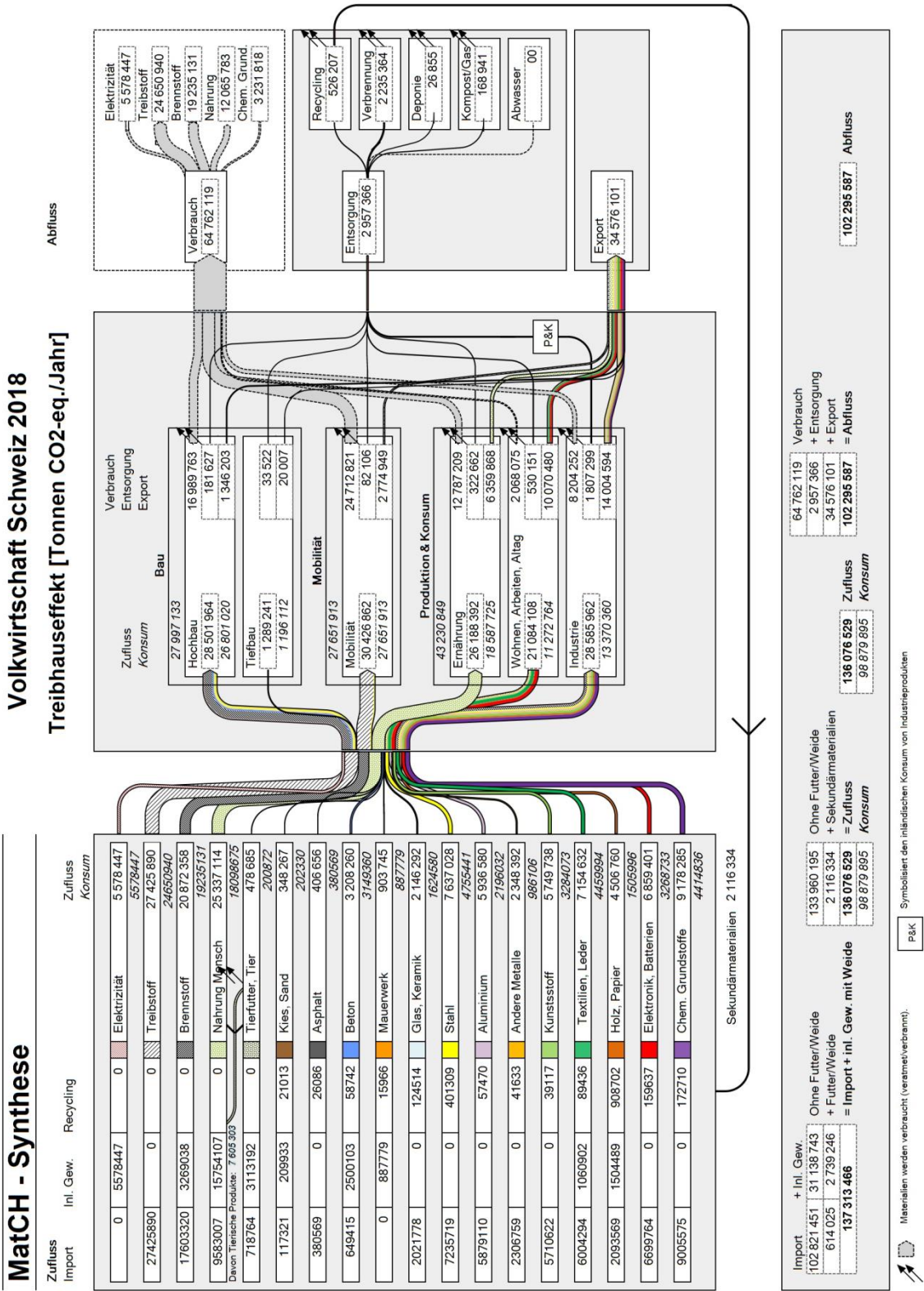


Abbildung 3-8: Gesamter Treibhauseffekt (Tonnen CO₂-Äquivalente/Jahr) der Volkswirtschaft Schweiz inklusive der vorgelagerten Prozesse, Nutzung und Entsorgung. Zahlen: Siehe Tabelle 3-2.

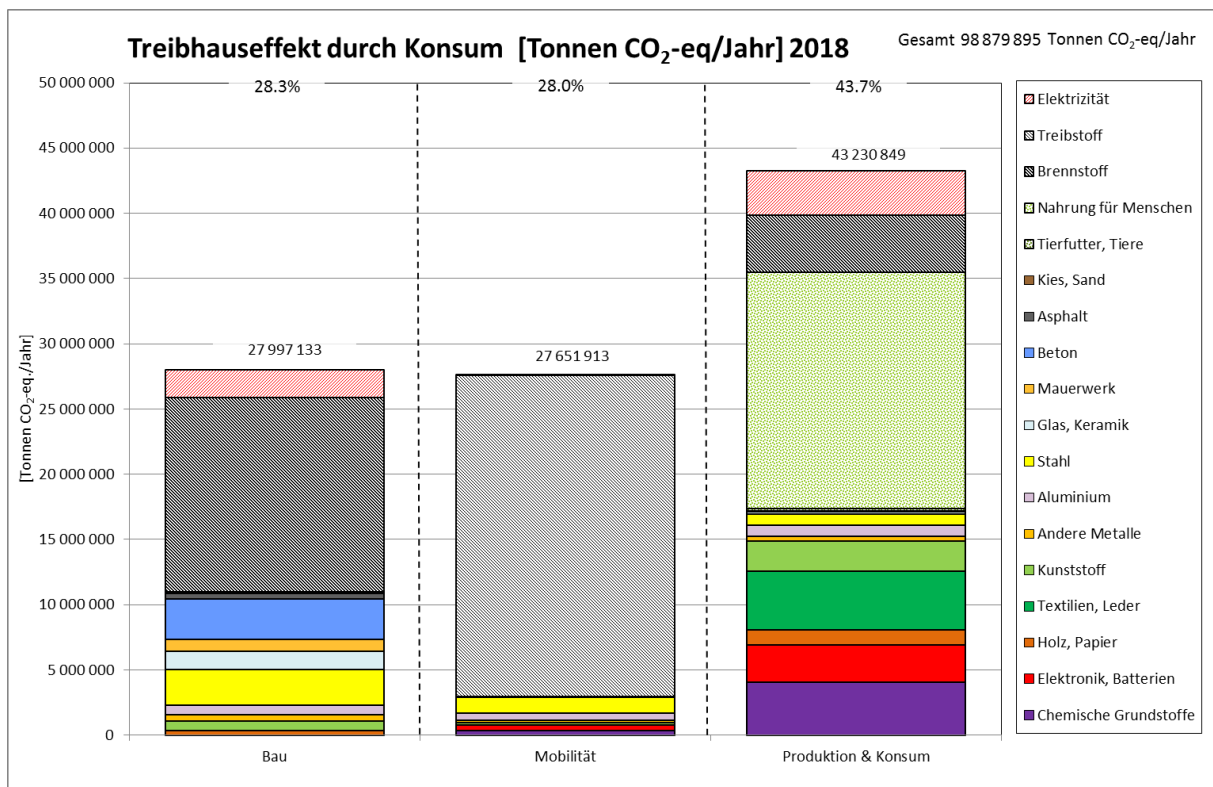


Abbildung 3-9: Treibhausemissionen durch Konsum von Materialien in den drei Konsumbereichen auf Ebene 1.

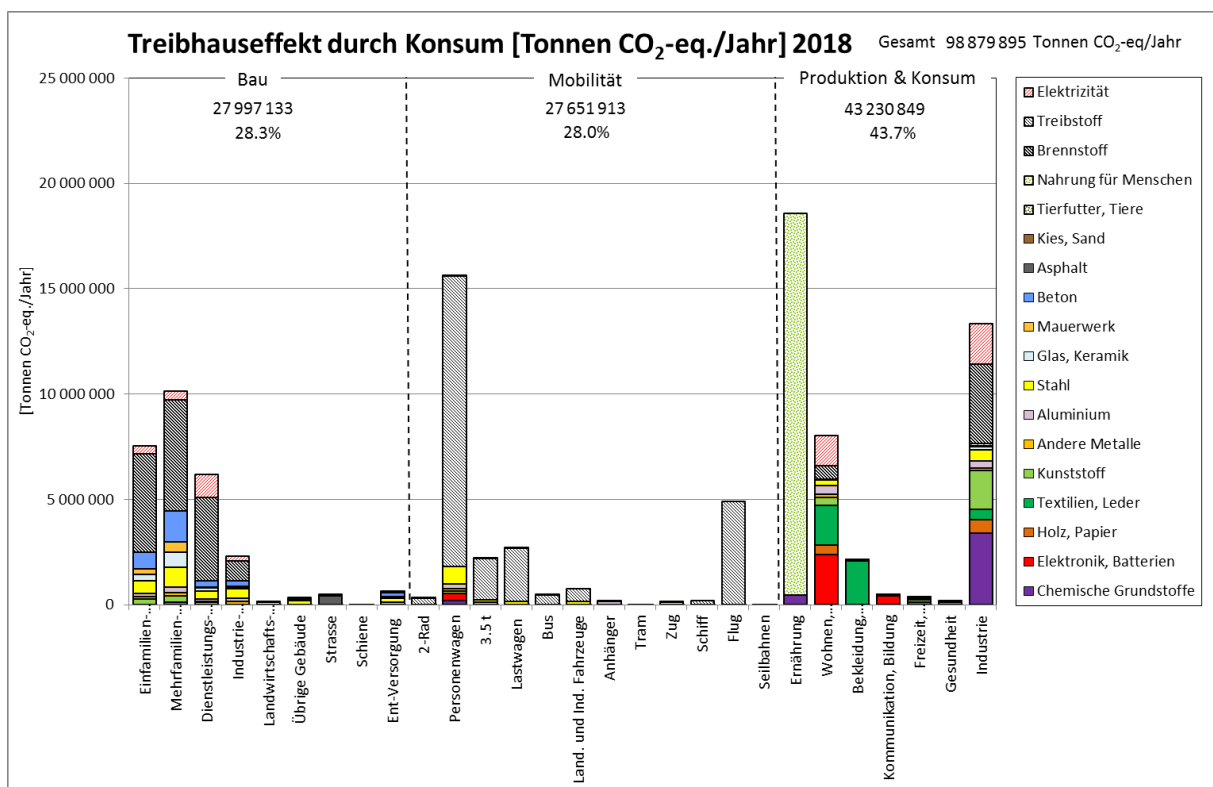


Abbildung 3-10: Treibhausemissionen durch Konsum von Materialien in 28 Konsumbereichen auf Ebene 3.

2018	Import	Import (inkl. Futter/ Weide)	Inländ. Gew.	Inländ. Gew. (inkl. Futter/ Weide)	Export	Verbrauch	Ent- sorgung	Recycling gesamt	Verbrennung	Deponie	Abwasser	Kompost/ Biogas	Sekundär- zufluss	Zufluss	Import + inländ. Gew.	Abfluss	Konsum (DMC)
	(t CO ₂ -eq./Jahr)																
Elektrizität	0	0	5 578 447	5 578 447	0	5 578 447	0	0	0	0	0	0	0	5 578 447	5 578 447	5 578 447	5 578 447
Treibstoff	27 425 890	27 425 890	0	0	2 774 949	24 650 940	0	0	0	0	0	0	0	27 425 890	27 425 890	27 425 890	24 650 940
Brennstoff	17 603 320	17 603 320	3 269 038	3 269 038	1 637 227	19 235 131	0	0	0	0	0	0	0	20 872 358	20 872 358	20 872 358	19 235 131
Nahrung für Menschen	9 583 007	9 583 007	15 754 107	15 754 107	6 025 885	12 065 783	322 662	0	191 594	0	0	131 068	0	25 337 114	25 337 114	18 414 330	18 098 675
Tierfutter, Tiere	104 738	718 764	373 945	3 113 192	470 209	0	62 751	0	24 877	0	0	37 874	0	478 685	478 685	532 960	200 872
Kies, Sand	117 321	117 321	209 933	209 933	130 117	0	12 090	8 299	0	3 790	0	0	21 013	348 267	327 254	142 207	202 330
Asphalt	380 569	380 569	0	0	0	0	12 982	10 188	0	2 794	0	0	26 086	406 656	380 569	12 982	380 569
Beton	649 415	649 415	2 500 103	2 500 103	194	0	36 968	31 534	0	5 434	0	0	58 742	3 208 260	3 149 518	37 162	3 149 360
Mauerwerk	0	0	887 779	887 779	0	0	7 218	5 136	0	2 082	0	0	15 966	903 745	887 779	7 218	887 779
Glas, Keramik	2 021 778	2 021 778	0	0	396 981	0	12 762	4 560	111	8 091	0	0	124 514	2 146 292	2 021 778	409 743	1 624 580
Stahl	7 235 719	7 235 719	0	0	2 129 006	0	38 722	38 106	242	374	0	0	401 309	7 637 028	7 235 719	2 167 729	4 755 441
Aluminium	5 879 110	5 879 110	0	0	3 891 317	0	11 427	11 196	40	192	0	0	57 470	5 936 580	5 879 110	3 902 744	2 196 032
Andere Metalle	2 306 759	2 306 759	0	0	1 395 322	0	5 693	5 614	9	69	0	0	41 633	2 348 392	2 306 759	1 401 015	986 106
Kunststoff	5 710 622	5 710 622	0	0	2 426 549	0	564 600	10 904	553 567	129	0	0	39 117	5 749 738	5 710 622	2 991 148	3 284 073
Textilien, Leder	6 004 294	6 004 294	1 060 902	1 060 902	2 605 203	0	131 650	0	131 585	65	0	0	89 436	7 154 632	7 065 196	2 736 852	4 459 994
Holz, Papier	2 093 569	2 093 569	1 504 489	1 504 489	2 136 742	0	891 109	61 643	829 412	55	0	0	908 702	4 506 760	3 598 058	3 027 851	1 505 996
Elektronik, Batterien	6 699 764	6 699 764	0	0	3 431 031	0	190 604	162 245	27 240	1 119	0	0	159 637	6 859 401	6 699 764	3 621 635	3 268 733
Chemische Grundstoffe	9 005 575	9 005 575	0	0	5 125 369	3 231 818	656 130	176 781	476 687	2 662	0	0	172 710	9 178 285	9 005 575	9 013 316	4 414 836
Total Energie	45 029 209	45 029 209	8 847 485	8 847 485	4 412 176	49 464 519	0	0	0	0	0	0	0	53 876 695	53 876 695	53 876 695	49 464 519
Total Nahrung	9 687 746	10 301 772	16 128 052	18 867 299	6 496 094	12 065 783	385 412	0	216 471	0	0	168 941	0	25 815 799	25 815 799	18 947 289	18 299 547
Total übrige Materialien	48 104 496	48 104 496	6 163 206	6 163 206	23 667 832	3 231 818	2 571 954	526 207	2 018 892	26 855	0	0	2 116 334	56 384 036	54 267 701	29 471 603	31 115 829
Total	102 821 452	103 435 477	31 138 743	33 877 990	34 576 101	64 762 119	2 957 366	526 207	2 235 364	26 855	0	168 941	2 116 334	136 076 529	133 960 195	102 295 587	98 879 895

Tabelle 3-2: Treibhauseffekt (t CO₂-eq./a) in der Versorgungskette der Volkswirtschaft für das Jahr 2018.

Die Massenflüsse wurden mit einer vereinfachten Ökobilanz auf ihre Umweltrelevanz hin untersucht gemäss Kapitel 2.3. Hinter jedem Material, welches in roher oder verarbeiteter Form in die Schweiz gelangt oder in der Schweiz hergestellt oder entsorgt wird, steckt eine Lieferkette mit energetischem und stofflichem Aufwand. Weist man jeder der betrachteten 18 Materialkategorien eine Umweltbelastung aufgrund Abbau, Herstellung und Transport (Import, inkl. Gewinnung, Export), Nutzung (Verbrauch), Rückbau/Abbau, Transport, Bearbeitung (Entsorgung) und Verwertung (Recycling) zu, lässt sich mittels Ökobilanzdaten aus Ecoinvent (v.3.2 – v.3.5) beispielsweise der Treibhauseffekt in den verschiedenen Konsumbereichen, resp. auf Ebene einzelner Materialien gemäss Abbildung 3-8 darstellen.

Insgesamt verursacht in 2018 der Zufluss von Materialien ca. 136.1 Mio. t CO₂-eq./a. Der Verbrauch verursacht ca. 64.8 Mio. t CO₂-eq./a, hauptsächlich durch die Verbrennung von Treib- und Brennstoffen. Aus der Entsorgung resultieren ca. 3.0 Mio. t CO₂-eq./a (Tabelle 3-2), dafür wird dank den rezyklierten Materialien der Bedarf an importierten Materialien reduziert.

Der Konsum als wichtigste Kenngrösse verursacht jährlich ca. 98.9 Mio. t CO₂-eq., vor allem durch den Verbrauch von Treib- und Brennstoffen im Mobilitäts- resp. im Baubereich¹⁷. In Produktion & Konsum ist der Konsum von Nahrungsmitteln und Produkten aus der Industrie und aus Wohnen, Arbeiten verantwortlich für die ca. 43.2 Mio. t CO₂-eq./a verursachten Emissionen. Die Materialien mit der grössten Umweltbelastung sind Treibstoffe (24.7 Mio. t CO₂-eq./a, 24.9%; inkl. Emissionen durch die Verbrennung von Kerosin in internationalen Flugreisen). Brennstoffe für Heizung und Warmwasser in Gebäuden zeigen sich mit 19.2 Mio. t CO₂-eq./a (19.5%) und Nahrungsmittel für Menschen mit 18.1 Mio. t CO₂-eq./a (18.3%), siehe auch Tabelle 3-5 und Abbildung A-7.

¹⁷ Zum Vergleich: Die umfassendere Abschätzung in Frischknecht et al. (2018) ergibt 117 Mio. t CO₂-eq. für das Jahr 2015. Der grösste Teil des Unterschieds liegt darin, dass in Frischknecht et al. die zusätzlichen Erwärmungseffekte der stratosphärischen Emissionen von Flugzeugen mit einem zusätzlichen Multiplikationsfaktor berücksichtigt werden.

3.1.2.2 Gesamter Energiebedarf (kumulierter, nicht-erneuerbarer Energieaufwand)

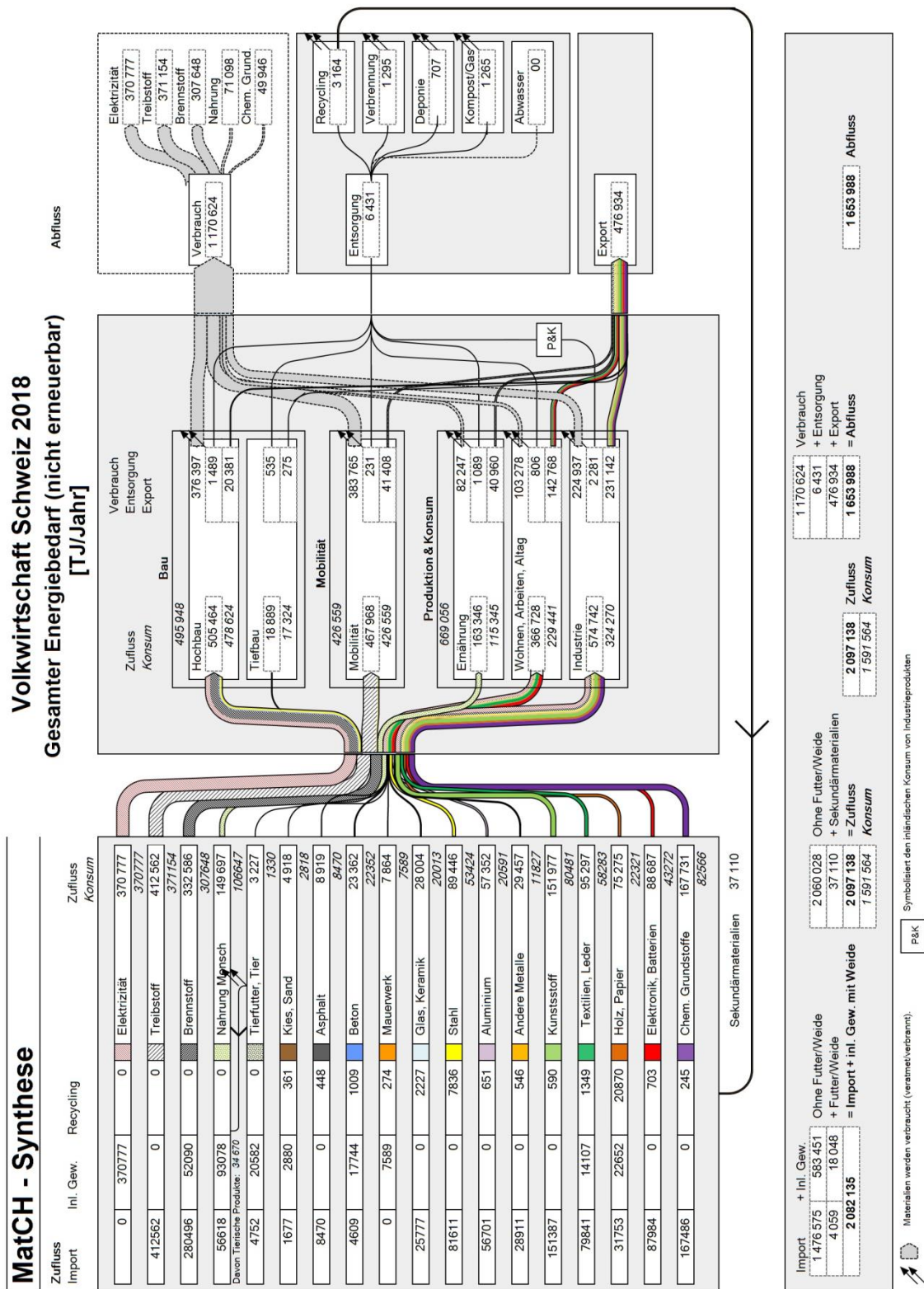


Abbildung 3-11: Gesamter Energiebedarf (TJ, inklusive 'Graue Energie') der Volkswirtschaft Schweiz inklusive der vorgelagerten Prozesse, Nutzung und Entsorgung. Zahlen: Siehe Tabelle 3-3.

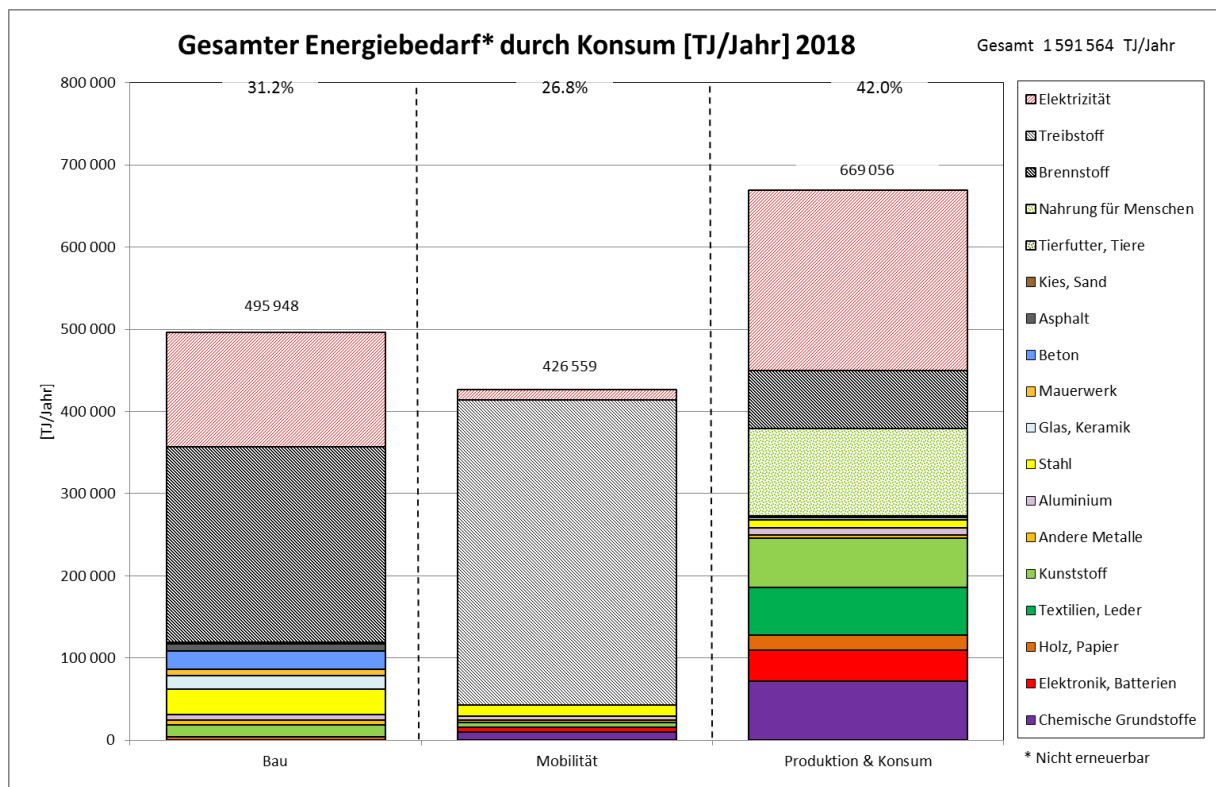


Abbildung 3-12: Nicht erneuerbarer Gesamter Energiebedarf des Konsums von Materialien in drei Konsumbereichen auf Ebene 1.

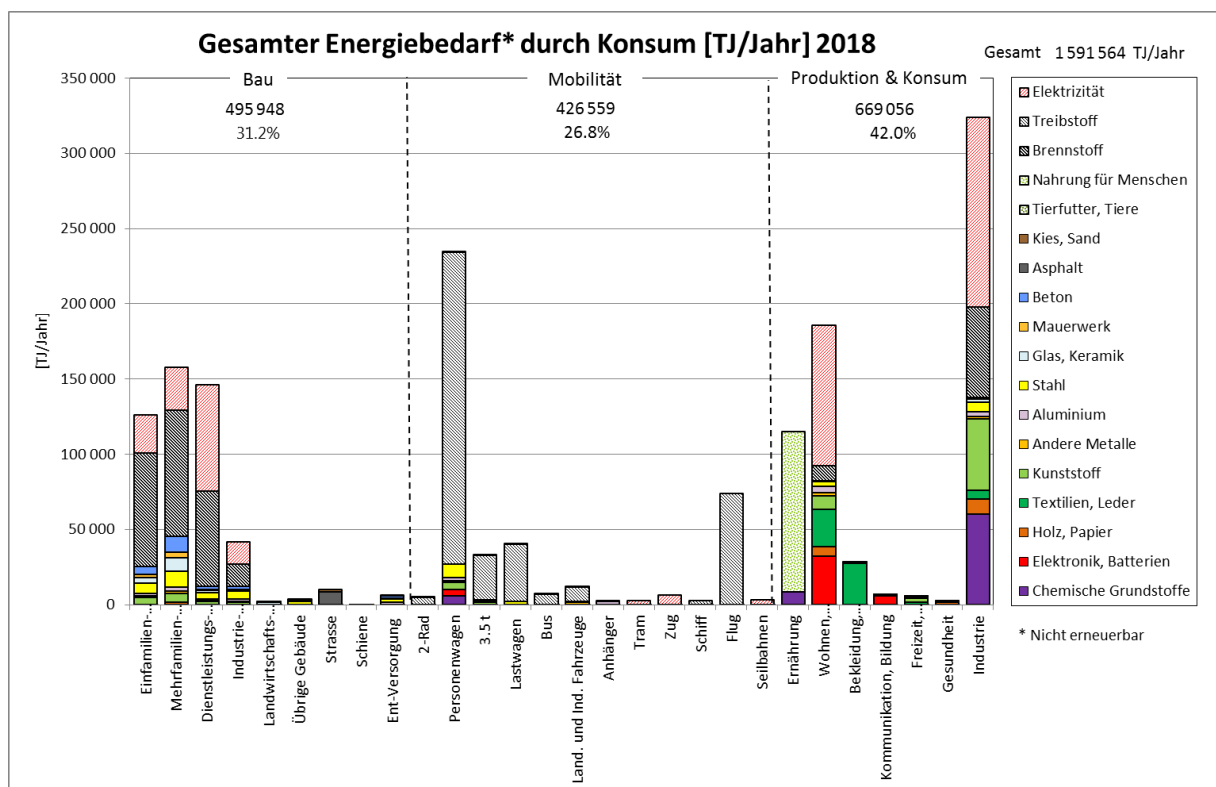


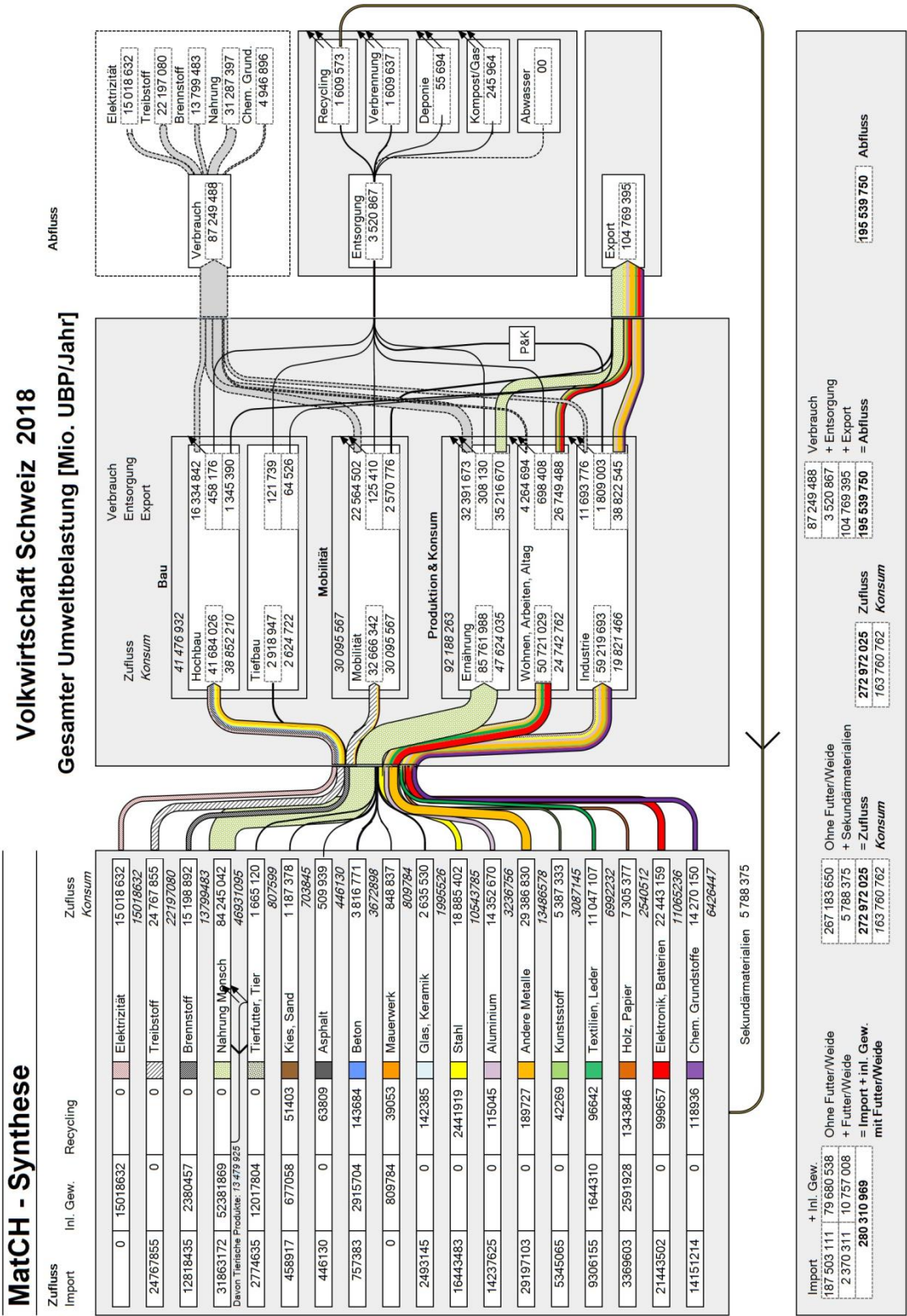
Abbildung 3-13: Nicht erneuerbarer Gesamter Energiebedarf des Konsums von Materialien in 28 Konsumbereichen auf Ebene 3.

2018	Import	Import (inkl. Futter/ Weide)	Inländ. Gew.	Inländ. Gew. (inkl. Futter/ Weide)	Export	Verbrauch	Ent- sorgung	Recycling gesamt	Verbrennung	Deponie	Abwasser	Kompost/ Biogas	Sekundär- zufluss	Zufluss	Import + inländ. Gew.	Abfluss	Konsum (DMC)
	[TJ/Jahr]																
Elektrizität	0	0	370 777	370 777	0	370 777	0	0	0	0	0	0	0	370 777	370 777	370 777	370 777
Treibstoff	412 562	412 562	0	0	41 408	371 154	0	0	0	0	0	0	0	412 562	412 562	412 562	371 154
Brennstoff	280 496	280 496	52 090	52 090	24 937	307 648	0	0	0	0	0	0	0	332 586	332 586	332 586	307 648
Nahrung für Menschen	56 618	56 618	93 078	93 078	36 602	71 098	1 089	0	108	0	0	981	0	149 697	149 697	108 790	106 647
Tierfutter, Tiere	692	4 752	2 534	20 582	3 288	0	298	0	14	0	0	284	0	3 227	3 227	3 585	1 330
Kies, Sand	1 677	1 677	2 880	2 880	1 813	0	248	128	0	121	0	0	361	4 918	4 557	2 061	2 818
Asphalt	8 470	8 470	0	0	0	239	156	0	83	0	0	0	448	8 919	8 470	239	8 470
Beton	4 609	4 609	17 744	17 744	1	0	644	483	0	161	0	0	1 009	23 362	22 353	645	22 352
Mauerwerk	0	0	7 589	7 589	0	0	141	79	0	62	0	0	274	7 864	7 589	141	7 589
Glas, Keramik	25 777	25 777	0	0	5 760	0	339	93	6	241	0	0	2 227	28 004	25 777	6 099	20 013
Stahl	81 611	81 611	0	0	24 227	0	633	614	8	12	0	0	7 836	89 446	81 611	24 860	53 424
Aluminium	56 701	56 701	0	0	38 761	0	145	139	1	5	0	0	651	57 352	56 701	38 905	20 591
Andere Metalle	28 911	28 911	0	0	18 339	0	87	84	0	2	0	0	546	29 457	28 911	18 426	11 827
Kunststoff	151 387	151 387	0	0	70 906	0	365	73	290	2	0	0	590	151 977	151 387	71 271	80 481
Textilien, Leder	79 841	79 841	14 107	14 107	35 665	0	76	0	74	2	0	0	1 349	95 297	93 948	35 741	58 283
Holz, Papier	31 753	31 753	22 652	22 652	34 308	0	842	333	507	2	0	0	20 870	75 275	54 405	35 150	22 321
Elektronik, Batterien	87 984	87 984	0	0	44 712	0	764	734	17	12	0	0	703	88 687	87 984	45 476	43 272
Chemische Grundstoffe	167 486	167 486	0	0	96 205	49 946	520	248	271	1	0	0	245	167 731	167 486	146 671	82 566
Total Energie	693 059	693 059	422 867	422 867	66 346	1 049 580	0	0	0	0	0	0	0	1 115 926	1 115 926	1 115 926	1 049 580
Total Nahrung	57 311	61 370	95 613	113 660	39 890	71 098	1 387	0	122	0	0	1 265	0	152 923	152 923	112 375	107 977
Total übrige Materialien	726 206	726 206	64 973	64 973	370 698	49 946	5 044	3 164	1 173	707	0	0	37 110	828 289	791 179	425 688	434 006
Total	1 476 575	1 480 635	583 453	601 501	476 934	1 170 624	6 431	3 164	1 295	707	0	1 265	37 110	2 097 138	2 060 028	1 653 988	1 591 564

Tabelle 3-3: Nicht erneuerbarer gesamter Energiebedarf (TJ/a) für das Jahr 2018.

Der jährliche Konsum von nicht erneuerbarer Energie beträgt ca. 1.59 Mio. TJ (Abbildung 3-11). Der grösste Anteil kommt aus dem Bereich Produktion & Konsum (ca. 0.67 Mio. TJ/a, 42.0%), gefolgt von Bau (ca. 0.50 Mio. TJ/a, 31.2%) und Mobilität (ca. 0.43 Mio. TJ/a, 26.8%) (Abbildung 3-12, Abbildung 3-13). Treib- und Brennstoffe sowie Elektrizität verursachen den Löwenanteil (ca. 65.9%) (Tabelle 3-3, Tabelle 3-5, Abbildung A-8). Nahrungsmittel (ca. 0.11 Mio. TJ/a, 6.7%), chemische Grundstoffe (ca. 0.08 Mio. TJ/a, 5.2%) und Kunststoff (ca. 0.08 Mio. TJ/a, 5.1%) decken weitere 17% des Bedarfs an nicht erneuerbarer Energie. Die hohen Werte bei der normalerweise als sauber betrachteten schweizerischen Elektrizität (ca. 40% Anteil Nuklearenergie) sind bedingt durch den Anteil der im Uranerz steckenden Primärenergie. Diese Primärenergie ist nötig, um die gewünschte Menge Elektrizität in den Atomkraftwerken zu erzeugen.

3.1.2.3 Gesamt-Umweltbelastung



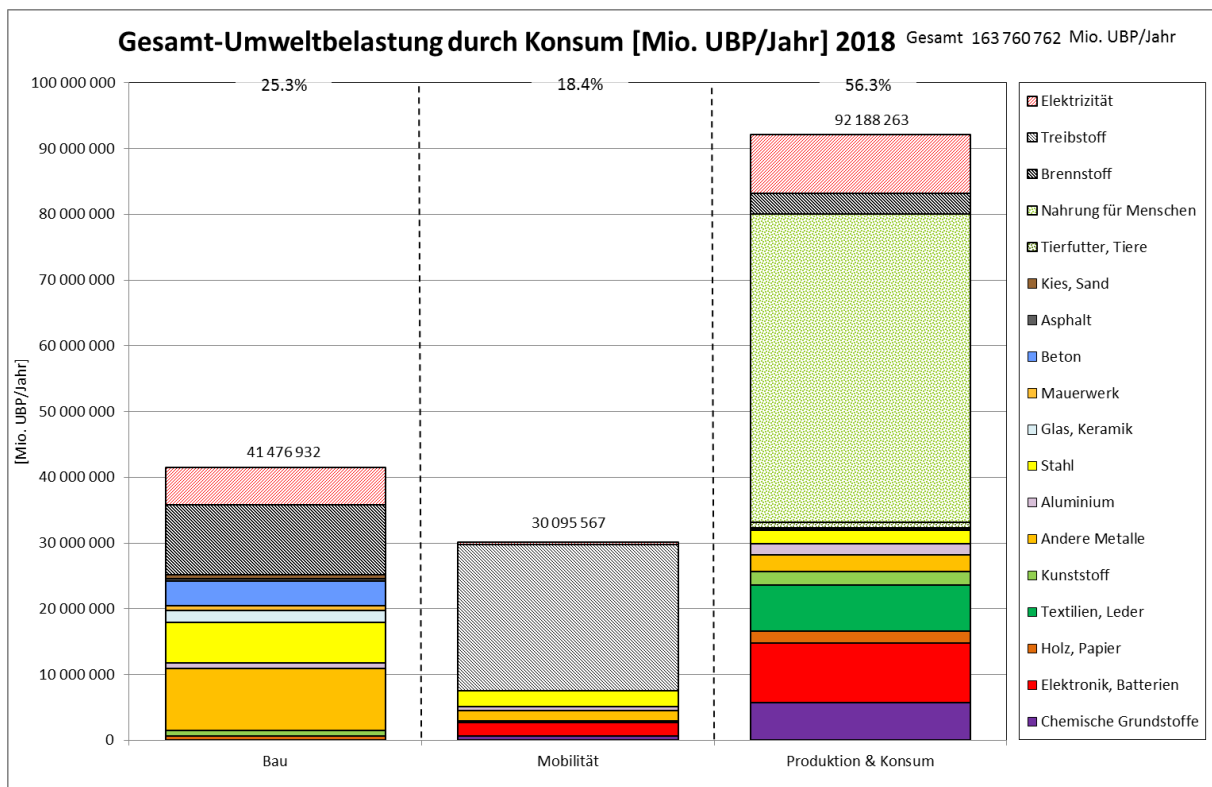


Abbildung 3-15: Gesamte Umweltbelastung des Konsums von Materialien in drei Konsumbereichen auf Ebene 1.

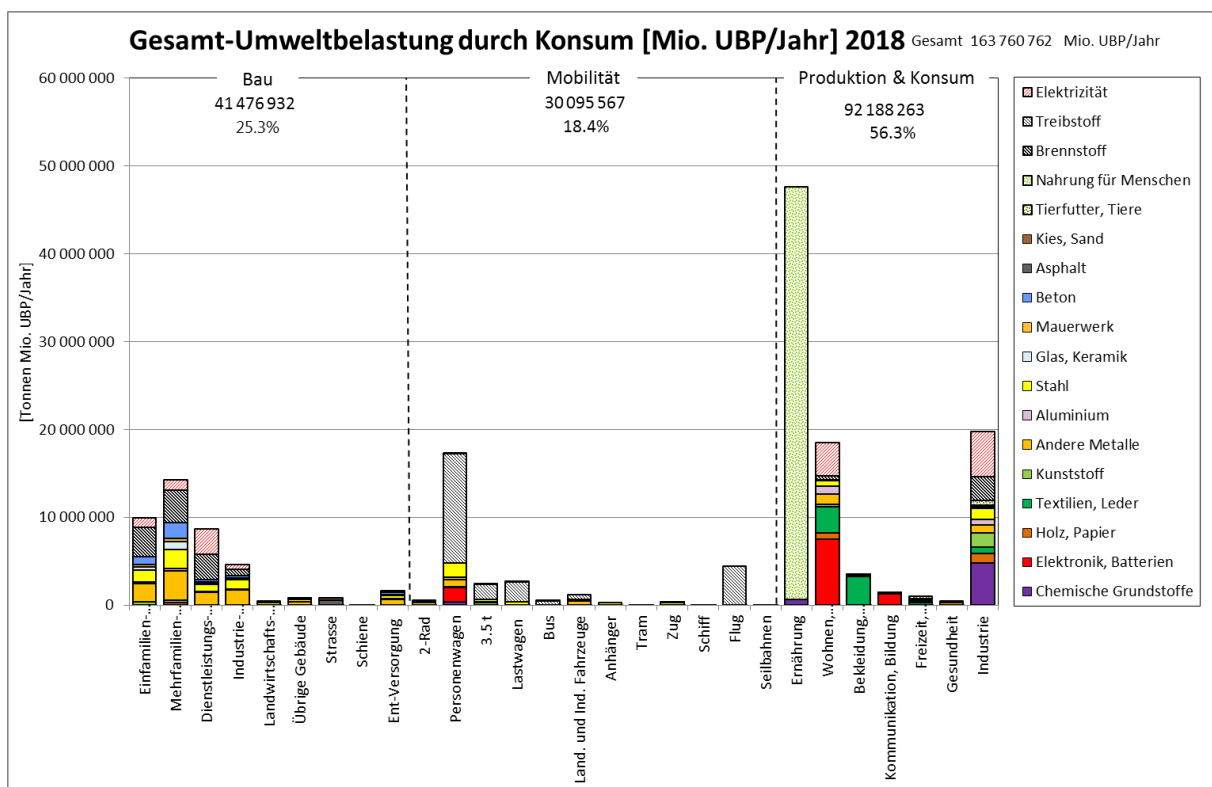


Abbildung 3-16: Gesamte Umweltbelastung des Konsums von Materialien in 28 Konsumbereichen auf Ebene 3.

2018	Import	Import (inkl. Futter/ Weide)	Inländ. Gew.	Inländ. Gew. (inkl. Futter/ Weide)	Export	Verbrauch	Ent- sorgung	Recycling gesamt	Verbrennung	Deponie	Abwasser	Kompost/ Biogas	Sekundär- zufluss	Zufluss	Import + inländ. Gew.	Abfluss	Konsum (DMC)
	[Mio. UBP/Jahr]																
Elektrizität	0	0	15018632	15018632	0	15018632	0	0	0	0	0	0	0	15018632	15018632	15018632	15018632
Treibstoff	24767855	24767855	0	0	2570776	22197080	0	0	0	0	0	0	0	24767855	24767855	24767855	22197080
Brennstoff	12818435	12818435	2380457	2380457	1399408	13799483	0	0	0	0	0	0	0	15198892	15198892	15198892	13799483
Nahrung für Menschen	31863172	31863172	52381869	52381869	34470193	31287397	308130	0	117307	0	0	190823	0	84245042	84245042	66065720	46931095
Tierfutter, Tiere	404324	2774635	1260796	12017804	1285498	0	70372	0	15231	0	0	55141	0	1665120	1665120	1355871	807599
Kies, Sand	458917	458917	677058	677058	452589	0	42018	33758	0	8261	0	0	51403	1187378	1135975	494607	703845
Asphalt	446130	446130	0	0	0	0	47389	41590	0	5799	0	0	63809	509939	446130	47389	446130
Beton	757383	757383	2915704	2915704	227	0	116628	105366	0	11262	0	0	143684	3816771	3673087	116855	3672898
Mauerwerk	0	0	809784	809784	0	0	28309	23988	0	4321	0	0	39053	848837	809784	28309	809784
Glas, Keramik	2493145	2493145	0	0	498089	0	29284	9843	2444	16997	0	0	142385	2635530	2493145	527373	1995526
Stahl	16443483	16443483	0	0	5063814	0	79724	74726	4215	783	0	0	2441919	18885402	16443483	5143537	10543785
Aluminium	14237625	14237625	0	0	12306980	0	9641	9047	330	264	0	0	115045	14352670	14237625	1231621	3236756
Andere Metalle	29197103	29197103	0	0	17575805	0	40717	40219	133	364	0	0	189727	29386830	29197103	17616521	13486578
Kunststoff	5345065	5345065	0	0	2257920	0	369497	9903	358418	1176	0	0	42269	5387333	5345065	2627417	3087145
Textilien, Leder	9306155	9306155	1644310	1644310	3958233	0	80710	0	80565	144	0	0	96642	11047107	10950465	4038943	6992232
Holz, Papier	3369603	3369603	2591928	2591928	3510996	0	853083	135043	717926	114	0	0	1343846	7305377	5961531	4364079	2540512
Elektronik, Batterien	21443502	21443502	0	0	10378266	0	1024509	1004497	17999	2013	0	0	999657	22443159	21443502	11402775	11065236
Chemische Grundstoffe	14151214	14151214	0	0	9040600	4946896	420855	121593	295067	4195	0	0	118936	14270150	14151214	14408352	6426447
Total Energie	37586290	37586290	17399089	17399089	3970184	51015195	0	0	0	0	0	0	0	54985379	54985379	54985379	51015195
Total Nahrung	32267496	34637807	53642665	64399674	35755692	31287397	378503	0	132539	0	0	245964	0	85910161	85910161	67421591	47738694
Total übrige Materialien	117649325	117649325	8638785	8638785	65043520	4946896	3142364	1609573	1477098	55694	0	0	5788375	132076484	126288109	73132780	65006873
Total	187503111	189873422	79680539	90437547	104769395	87249488	3520867	1609573	1609637	55694	0	245964	5788375	272972025	267183650	195539750	163760762

Tabelle 3-4: Gesamt-Umweltbelastung (Mio. UBP/a) für das Jahr 2018.

Der Konsum verursacht gemäss dieser vereinfachten Berechnung jährlich ca. 163.8 Bio. UBP (163.8×10^{12} UBP, Abbildung 3-14)¹⁸. 56.3% davon (ca. 92.2 Bio. UBP/a) kommen aus dem Bereich Produktion & Konsum (hauptsächlich aus dem Konsum von Nahrung für Menschen). 25.3% (ca. 41.5 Bio. UBP/a) resultieren aus dem Baubereich und ca. 30.1 Bio. UBP/a (18.4%) aus der Mobilität (Abbildung 3-15, Abbildung 3-16). Die Kategorien von Materialien mit der grössten Gesamt-Umweltbelastung sind Nahrung für Menschen (ca. 46.9 Bio. UBP/a, 28.7%) sowie die Energieträger (Treib-, Brennstoffe und Elektrizität, mit gesamthaft ca. 51.0 Bio. UBP/a, 31.2%). Metalle (Stahl, Aluminium und andere Metalle) verursachen ca. 27.3 Bio. UBP/a (16.7% der gesamten Umweltbelastung, Tabelle 3-4, Tabelle 3-5, Abbildung A-9).

¹⁸ Zum Vergleich: Die umfassendere Abschätzung in Frischknecht et al. (2018) ergibt eine Gesamtumweltbelastung von 195 Bio. UBP für das Jahr 2015.

3.1.3 Zusammenfassung: Konsum und Umweltbelastungen



Die jährlichen im Zu- und Abflüsse an Materialien in der Schweiz sind in Abbildung 3-17 dargestellt. Die Summe von Import und inländischer Gewinnung (total 104 Mio. t/a) bildet zusammen mit dem rezyklierten Anteil Sekundärmaterialien aus dem Entsorgungsprozess (15 Mio. t/a) den Zufluss in die Volkswirtschaft. Knapp die Hälfte der zufließenden Materialien verbleibt im System (52 Mio. t/a) und lässt damit das ca. 3.2 Mia. Tonnen 'schwere' Lager jährlich um 1.6% wachsen. Der Abfluss setzt sich zusammen aus einem Anteil von 22 Mio. t/a, welcher 'verbraucht' wird (z.B. Nahrung, Energieträger), der Entsorgung (27 Mio. t/a) und dem Export (18 Mio. t/a). Der inländische Materialkonsum (DMC) beträgt 87 Mio. Tonnen, berechnet aus dem Zufluss ohne Exportanteil und ohne Sekundärmaterialien.

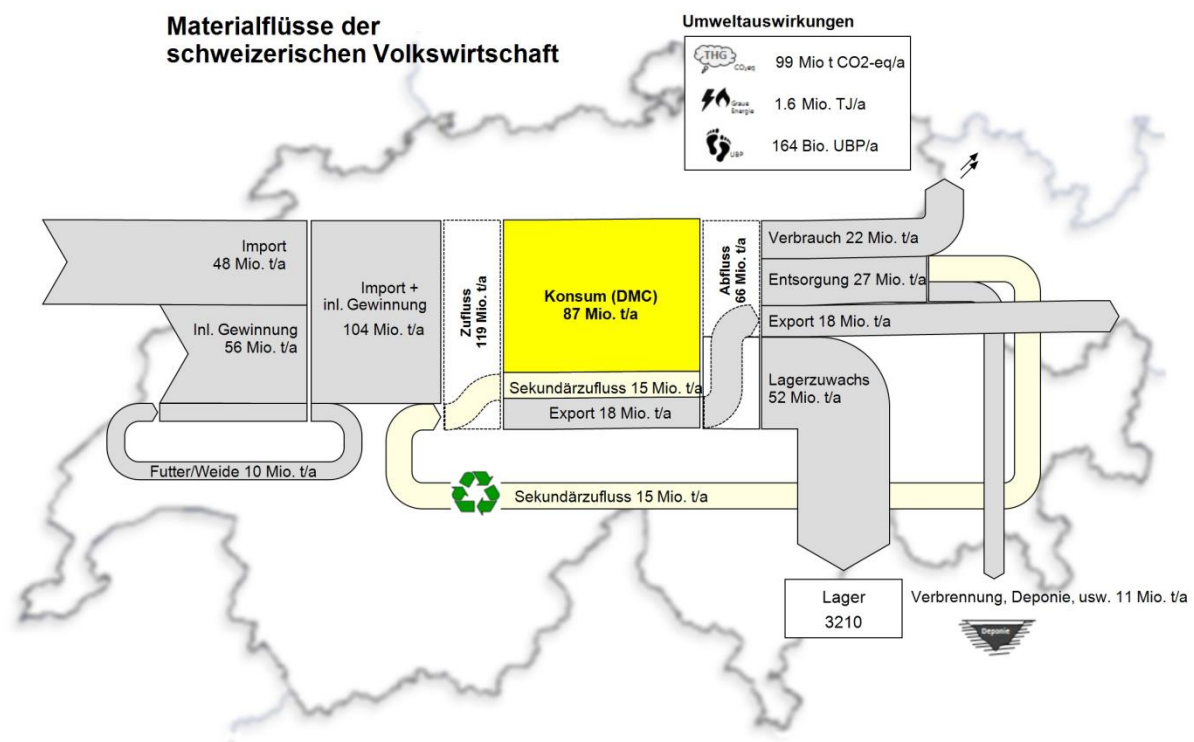


Abbildung 3-17: Massenflüsse der Schweiz im Überblick.

Die durch den inländischen Materialkonsum (DMC) (87 Mio. t/a) resultierende Treibhauseffekt beträgt 99 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr. Eine Tonne Materialkonsum verursacht demzufolge etwas über eine Tonne CO₂-Äquivalente. Die Umweltauswirkungen ausgedrückt als Graue Energie (kumulierter, nicht-erneuerbarer Energieaufwand) betragen 1.6 Mio. Terajoule pro Jahr, die gesamte jährliche Umweltbelastung gemessen in Umweltbelastungspunkten beträgt 164 Bio. UBP.

Total Konsum (DMC) 2018	Konsum (DMC)		Treibhauseffekt		Gesamter Energiebedarf *		Gesamt-Umweltbelastung	
Kategorie	Tonnen/Jahr	Prozentsatz	Tonnen CO ₂ -eq/Jahr	Prozentsatz	TJ/Jahr	Prozentsatz	Mio. UBP/Jahr	Prozentsatz
Elektrizität (toe)	1 770 936	2.0%	5 578 447	5.6%	370 777	23.3%	15 018 632	9.2%
Treibstoff	6 320 882	7.3%	24 650 940	24.9%	371 154	23.3%	22 197 080	13.6%
Brennstoff	6 720 347	7.7%	19 235 131	19.5%	307 648	19.3%	13 799 483	8.4%
Nahrung für Menschen	8 664 244	10.0%	18 098 675	18.3%	106 647	6.7%	46 931 095	28.7%
Tierfutter, Tiere	637 417	0.7%	200 872	0.2%	1 330	0.1%	807 599	0.5%
Kies, Sand	6 660 240	7.7%	202 330	0.2%	2 818	0.2%	703 845	0.4%
Asphalt	1 313 207	1.5%	380 569	0.4%	8 470	0.5%	446 130	0.3%
Beton	39 797 658	45.8%	3 149 360	3.2%	22 352	1.4%	3 672 898	2.2%
Mauerwerk	2 899 754	3.3%	887 779	0.9%	7 589	0.5%	809 784	0.5%
Glas, Keramik	3 357 841	3.9%	1 624 580	1.6%	20 013	1.3%	1 995 526	1.2%
Stahl	2 268 593	2.6%	4 755 441	4.8%	53 424	3.4%	10 543 785	6.4%
Aluminium	162 110	0.2%	2 196 032	2.2%	20 591	1.3%	3 236 756	2.0%
Andere Metalle	113 586	0.1%	986 106	1.0%	11 827	0.7%	13 486 578	8.2%
Kunststoff	1 170 962	1.3%	3 284 073	3.3%	80 481	5.1%	3 087 145	1.9%
Textilien, Leder	264 685	0.3%	4 459 994	4.5%	58 283	3.7%	6 992 232	4.3%
Holz, Papier	2 469 479	2.8%	1 505 996	1.5%	22 321	1.4%	2 540 512	1.6%
Elektronik, Batterien	126 962	0.1%	3 268 733	3.3%	43 272	2.7%	11 065 236	6.8%
Chemische Grundstoffe	2 136 112	2.5%	4 414 836	4.5%	82 566	5.2%	6 426 447	3.9%
Total Energie	14 812 164	17.1%	49 464 519	50.0%	1 049 580	65.9%	51 015 195	31.2%
Total Nahrung	9 301 662	10.7%	18 299 547	18.5%	107 977	6.8%	47 738 694	29.2%
Total übrige Materialien	62 741 189	72.2%	31 115 829	31.5%	434 006	27.3%	65 006 873	39.7%
Total	86 855 014	100.0%	98 879 895	100.0%	1 591 564	100.0%	163 760 762	100.0%

* Nicht erneuerbar

Tabelle 3-5: Gesamter Konsum (DMC) und daraus resultierende Umweltauswirkungen der Volkswirtschaft Schweiz 2018 (toe: Tonnen Öl-Äquivalente).

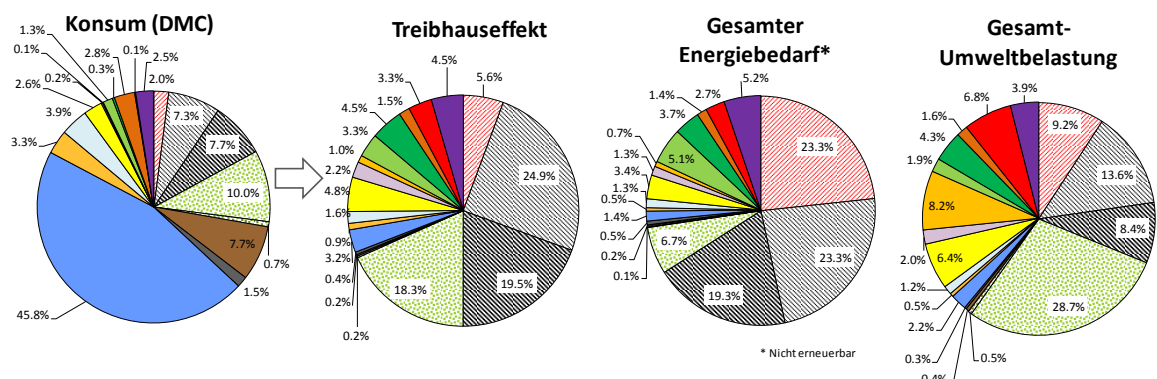


Abbildung 3-18: Anteile verschiedener Materialien am Konsum (DMC) und dessen Umweltauswirkungen in der Schweiz 2018. Farblegende: Siehe obige Tabelle 3-5. Gestreift = Energie; gepunktet = Nahrung; volle Farben = Materialien.

Betrachtet man nicht nur Massenflüsse, sondern auch die damit verbundenen ökologischen Wirkungen, wird deutlich, dass die Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen sowie der Konsum von Nahrungsmitteln bei den drei untersuchten Indikatoren der Umweltbelastung (Treibhauseffekt, nicht-erneuerbarer gesamter Energiebedarf, Gesamt-Umweltbelastung) die grössten Auswirkungen verursachen (Tabelle 3-5). Beim Treibhauseffekt verursacht allein der Energiekonsum die Hälfte der Emissionen, obwohl der Massenanteil nur 17.1% beträgt. Bei der Gesamtumweltbelastung ist die Verteilung zwischen Energie, Nahrung und den anderen Materialien ausgeglichen mit je etwa einem Drittel Anteil (Abbildung 3-18).

3.2 Konsum und Umweltbelastungen pro Person

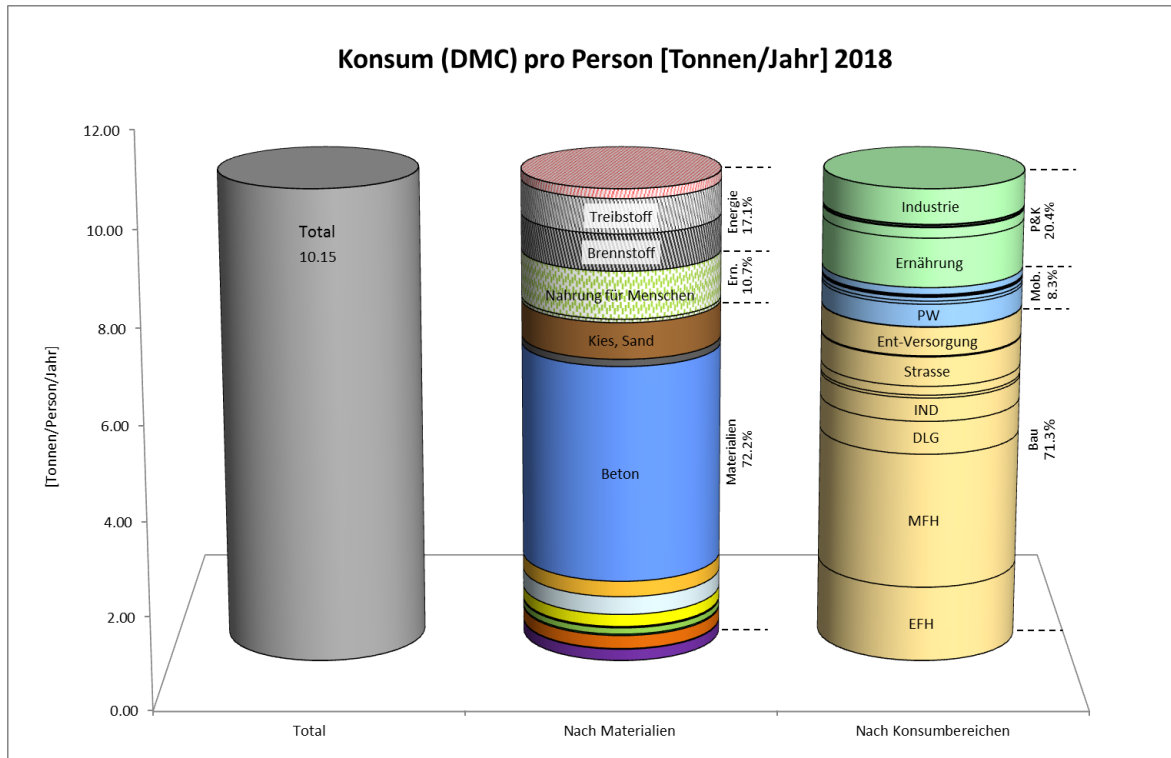


Abbildung 3-19: Pro-Kopf Konsum (DMC) in Tonnen/Jahr als Total (links), aufgeteilt nach Materialien (Mitte) und nach Konsumbereichen (rechts).

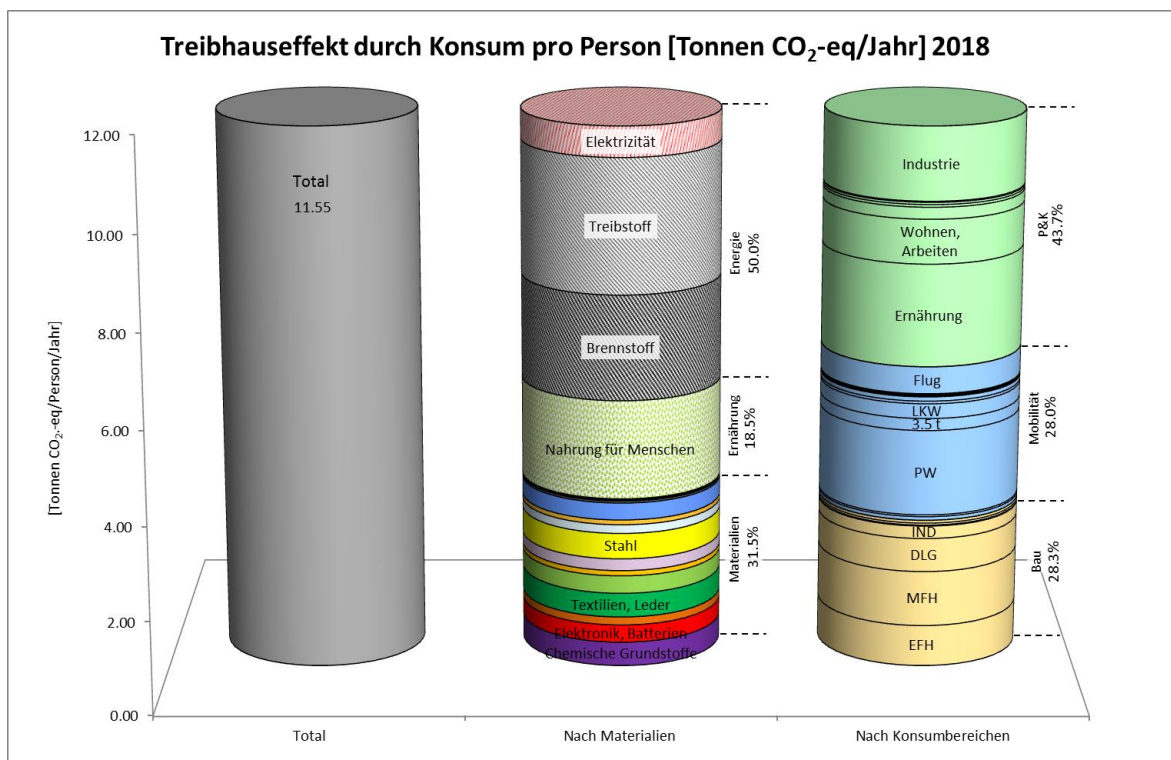


Abbildung 3-20: Treibhauseffekt durch den Pro-Kopf Konsum in Tonnen CO₂-eq./Jahr als Total (links), aufgeteilt nach Materialien (Mitte) und nach Konsumbereichen (rechts).¹⁹

¹⁹ Zum Vergleich: Gemäss Frischknecht et al. (2018) 14.0 Tonnen pro Kopf im Jahr 2015.

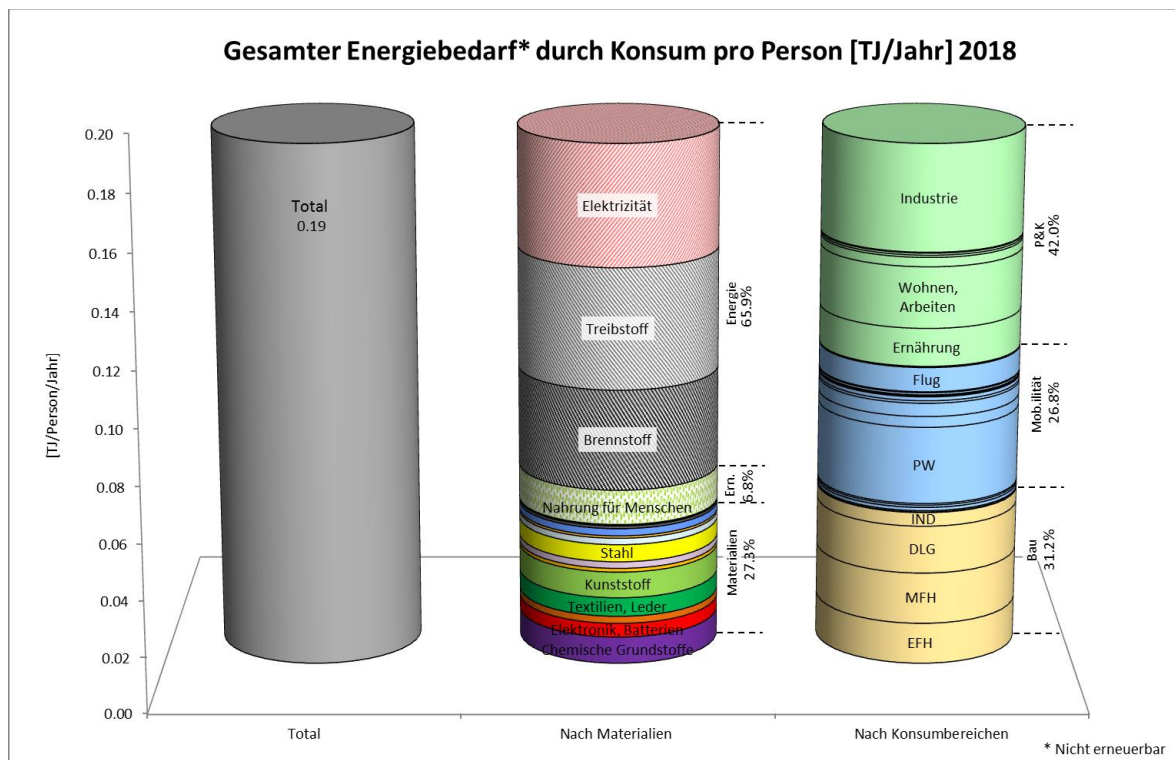


Abbildung 3-21: Gesamter Energiebedarf durch den Pro-Kopf Konsum in Terajoules/Jahr als Total (links), aufgeteilt nach Materialien (Mitte) und nach Konsumbereichen (rechts).

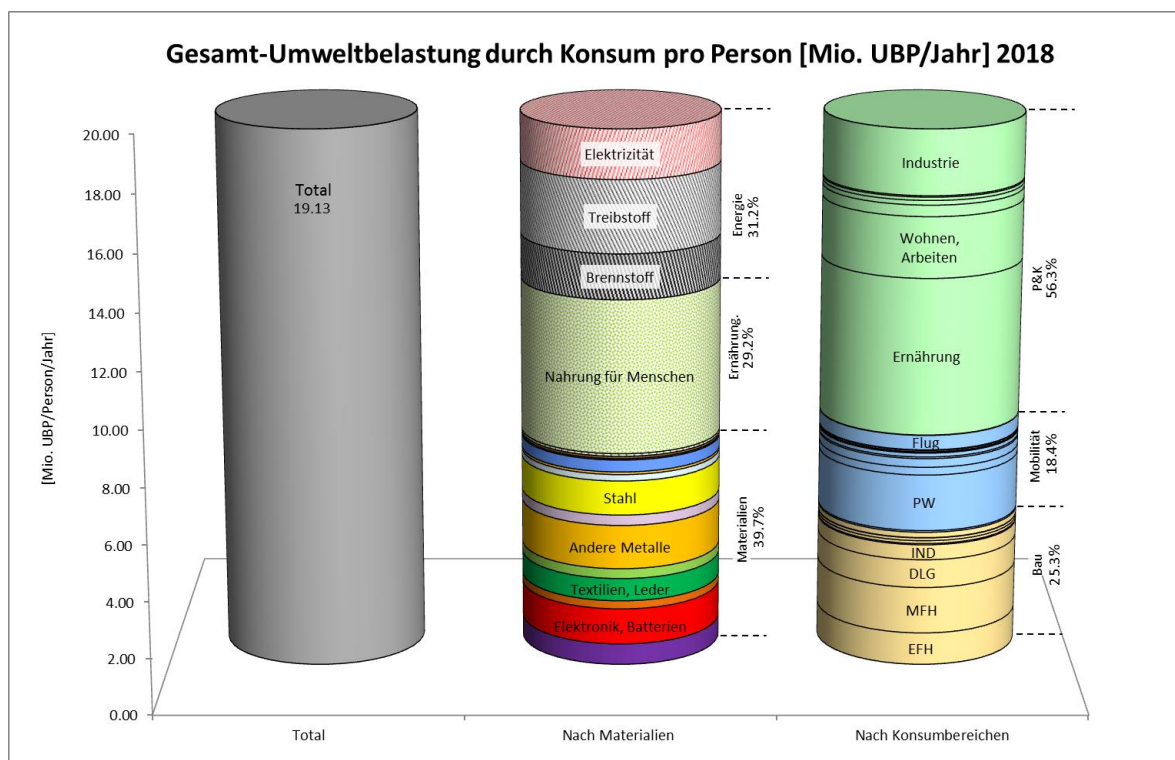


Abbildung 3-22: Gesamt-Umweltbelastung durch den Pro-Kopf Konsum in Mio. UBP/Jahr als Total (links), aufgeteilt nach Materialien (Mitte) und nach Konsumbereichen (rechts) ²⁰.

²⁰ Zum Vergleich: Gemäss Frischknecht et al. (2018) 23.4 Mio. UBP pro Person im Jahr 2015.

Bricht man den Konsum der Volkswirtschaft Schweiz herunter auf die Ebene einer Person, resultiert im Durchschnitt eine jährliche Materialmasse von 10.15 Tonnen. Dieser persönliche Konsum verursacht 11.55 Tonnen CO₂-eq./Jahr an Treibhausgasen, der nicht-erneuerbare Energiekonsum beträgt 0.19 TJ/a und die Gesamt-Umweltbelastung zeigt sich mit 19.13 Mio. UBP pro Person und Jahr.

3.3 Verantwortung und Verhalten pro Person



3.3.1 Direkte und indirekte Verantwortung des Individuums

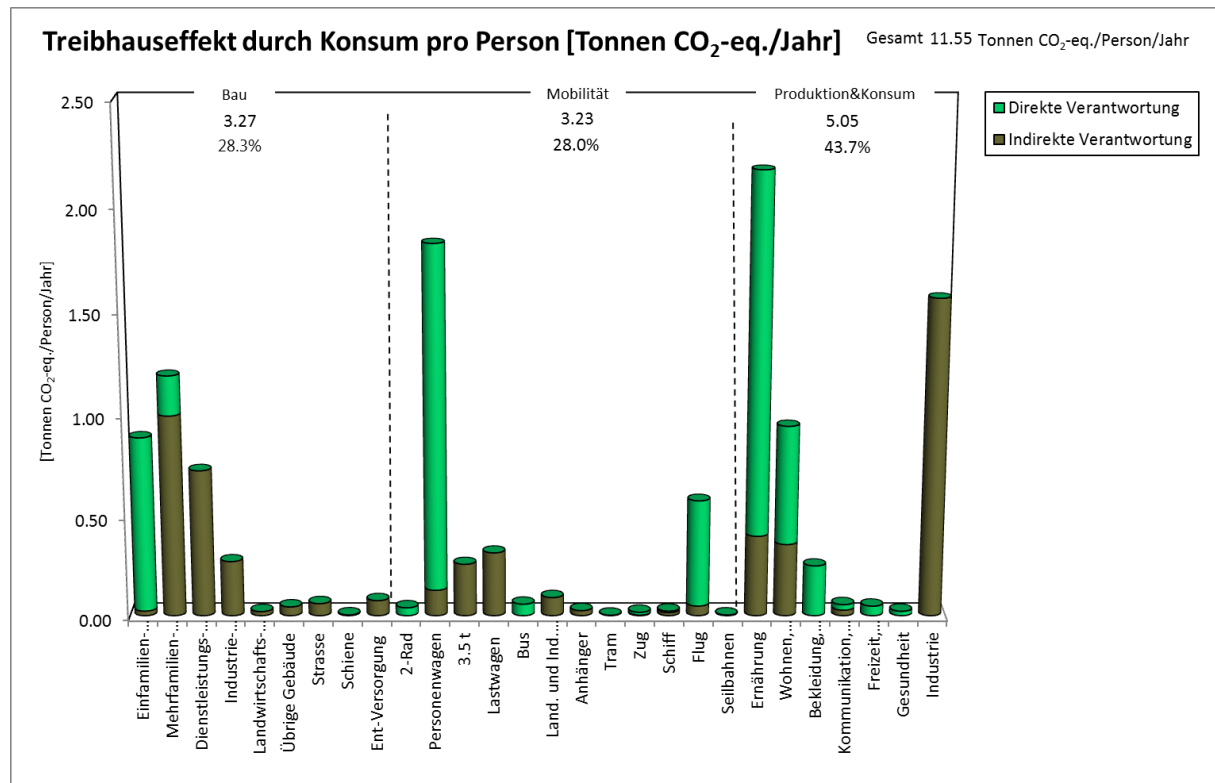


Abbildung 3-23: Direkte und indirekte Verantwortung für Treibhausgasemissionen, schweizerischer Durchschnitt pro Person (Tonnen CO₂-eq./Jahr).

Ordnet man die Umweltbelastung in den Konsumbereichen denjenigen Bereichen zu, welche direkt von einem Individuum beeinflusst werden können (in grün in Abbildung 3-23) und denjenigen, wo wirtschaftliche oder politische Rahmenbedingungen den Einfluss des Individuums reduzieren (indirekte Verantwortung, braun), sieht man, dass sich in den Konsumbereichen Bau, Mobilität und Produktion & Konsum unterschiedliche Situationen ergeben. Bei den Treibhausgasemissionen im Baubereich liegen die Einflussmöglichkeiten vorwiegend bei Wirtschaft und Politik, da in der Schweiz die Mehrheit der Bevölkerung in gemieteten Wohnungen (meist Mehrfamilienhäuser MFH) lebt, wo der individuelle Handlungsspielraum gering ist. Bei der Mobilität andererseits gibt es mit der Wahl des Transportmittels und seiner Nutzung eine grosse Einflussmöglichkeit jeder einzelnen Person. Auch bei Produktion & Konsum hat jedes Individuum bei Ernährung, Wohnen und Bekleidung durch die eigenen Ernährungs- und Konsumgewohnheiten eine direkte Verantwortung. Bei der Industrie liegt der Einflussbereich klar bei der Wirtschaft und der Politik.

Politische Entscheidungen haben Einfluss auf wichtigen Ebenen. Obwohl eine Einzelperson keinen direkten Einfluss darauf hat, lässt man sich durch übergeordnete Bedingungen bei persönlichen Entscheidungen beeinflussen. Die Art und Quantität von Energieträgern kann beispielsweise politisch auf verschiedene Weise gesteuert werden (z.B. Energiestrategie 2050, CO₂-Gesetz, Vorschriften bei Gebäuden, Verbrauchsvorschriften bei Mobilität, Steueranreize). Im Bereich Ernährung liegen politische Steuerungsmöglichkeiten beispielsweise bei der Landwirtschafts- und Handelspolitik.

3.3.2 Individuelles Verhalten, Verhaltens-Archetypen

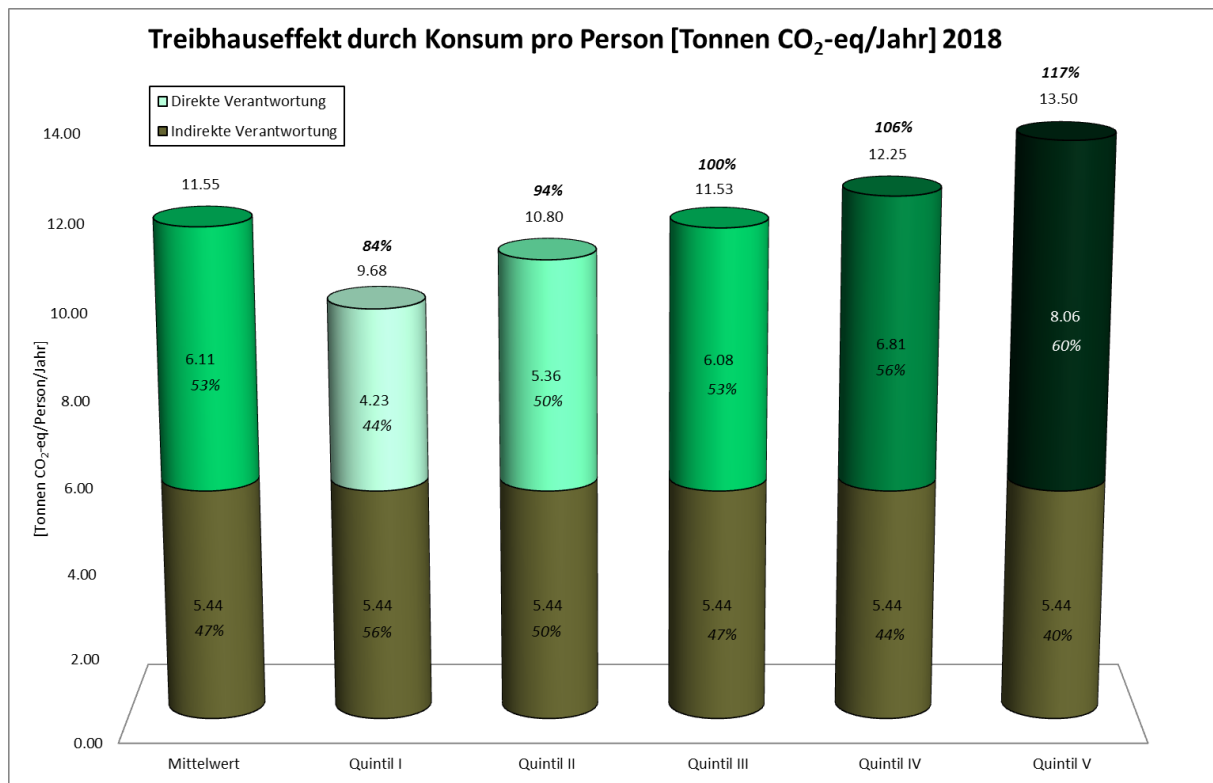


Abbildung 3-24: Treibhauseffekt pro Person im Durchschnitt (Mittelwert links) und in den fünf Quintilen. Die durch Wirtschaft und Politik dominierte Einflussmöglichkeit (braun) ist identisch für alle Quintile, der direkte Verantwortungsanteil einer Person (Grüntöne) variiert je nach Verhalten.

Abbildung 3-24 zeigt eine Aufteilung der individuellen Einflussmöglichkeit einer Person zwischen den einzelnen Quintilen (20%-Anteile) der Bevölkerung. Der Einfluss des persönlichen Verhaltens ist interessant: Derjenige 20%-Anteil der Bevölkerung mit dem vorbildlichsten Verhalten hat einen 16% tieferen Treibhausgas-Ausstoß als der Durchschnitt. Umgekehrt verursachen die 20% der Bevölkerung mit dem unökologischsten Verhalten 17% mehr Treibhausgase als der Durchschnitt.

Interessant ist das Verhältnis des indirekten Verantwortungsteils – solidarisch identisch aufgeteilt für die gesamte Wohnbevölkerung - zum persönlich beeinflussbaren Anteil. Dieser persönliche Teil ist bei Quintil I (ökologisches Verhalten, 4.23 t CO₂-eq./a) leicht geringer als der indirekte Anteil (5.44 t CO₂-eq./a), bei Quintil V (höchste 20%) liegt der persönliche Teil (8.06 t CO₂-eq./a) 1.5-fach über dem indirekten Anteil.

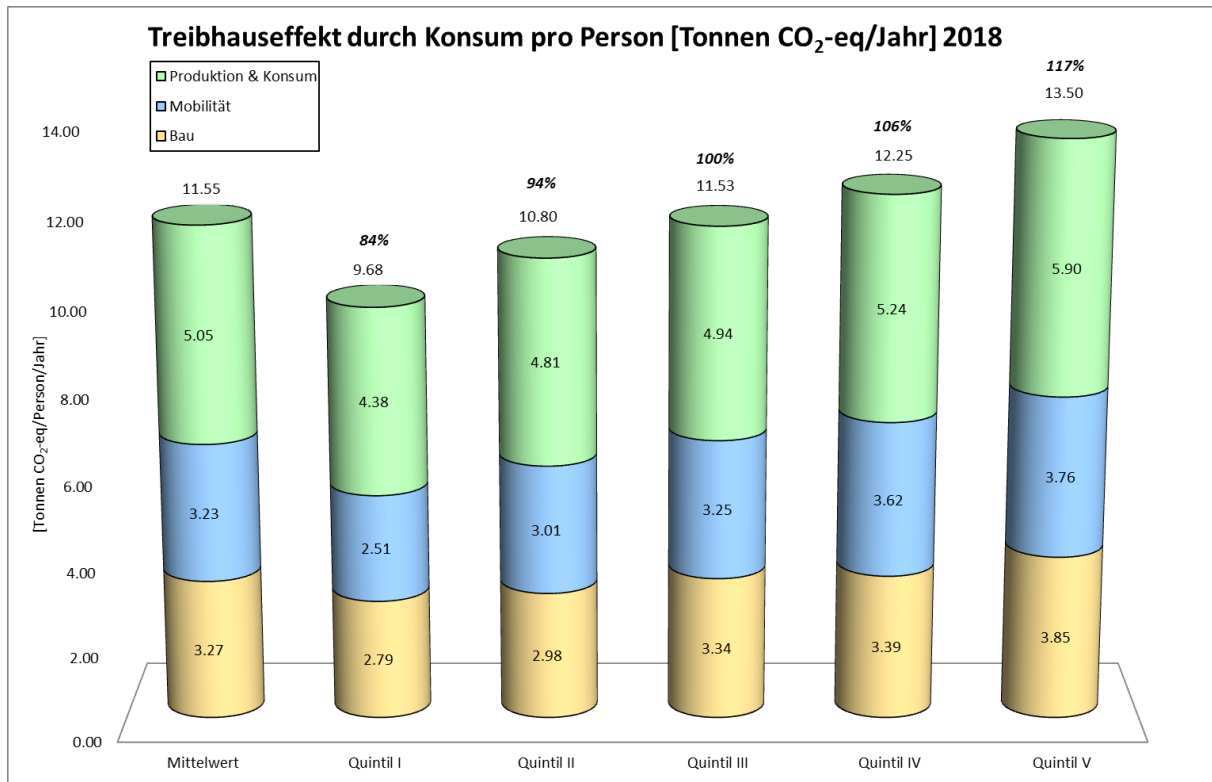


Abbildung 3-25: Differenzierung des Treibhauseffektes pro Person nach den Konsumbereichen Bau, Mobilität und Produktion & Konsum.

Abbildung 3-25 zeigt die gleichen Summen für den Treibhauseffekt der Quintile der Bevölkerung, jedoch differenziert nach den Haupt-Konsumbereichen Bau, Mobilität und Konsum.

Interessanterweise scheinen die Emissionen in jedem Quintil für jeden Konsumbereich ähnlich anzusteigen. Das heisst, ökologischeren Quintile verursachen in allen Konsumbereichen jeweils tiefere Emissionen als das nächste unökologischeren Quintil, das höhere Umweltbewusstsein zeigt sich gleichzeitig bei Bau, Mobilität und Konsum.



3.4 Vom Individuum zur Volkswirtschaft

3.4.1 Verantwortung und Verhalten auf Stufe Volkswirtschaft

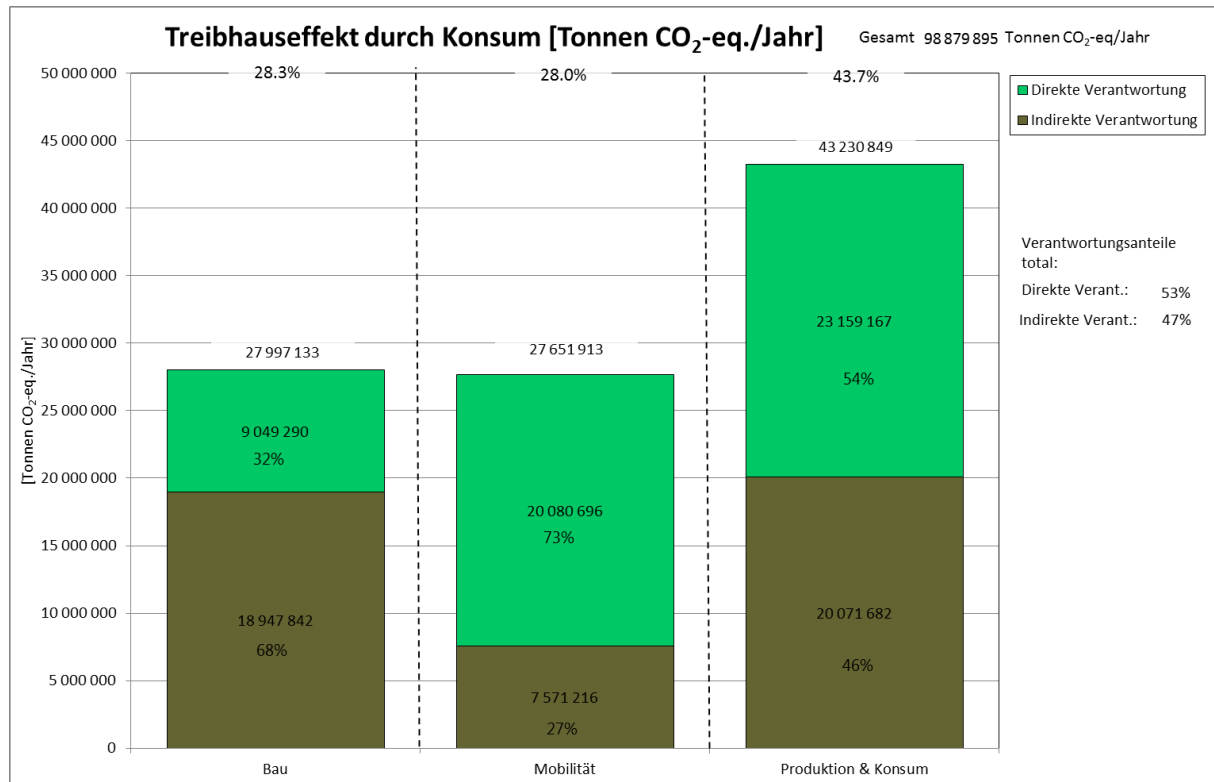


Abbildung 3-26: Aufteilung des Treibhauseffektes durch Konsum (Tonnen CO₂-eq./Jahr) auf direkte und indirekte Verantwortung der Wohnbevölkerung in den Konsumbereichen Bau, Mobilität und Produktion & Konsum.

Knapp 100 Mio. t CO₂-eq. beträgt der gesamte jährliche Treibhauseffekt durch den Konsum. Im Baubereich ist die indirekte Verantwortung durch Politik und Wirtschaft am höchsten (ca. 19.0 von 28.0 Mio. t CO₂-eq./a), es zeigt sich der wichtige Einfluss von Bauvorschriften.

Bei der Mobilität scheint der indirekte Verantwortungsanteil (ca. 7.6 von 27.7 Mio. t CO₂-eq./a) weniger wichtig, da die Mobilitätsnutzer ja die freie Wahl über das gewünschte Transportmittel haben. Diese Wahl wird jedoch übergeordnet indirekt beeinflusst durch Vorschriften über die Art und Energieeffizienz von Verkehrsmitteln. Es gibt also die Möglichkeit einer politischen Hebelwirkung auf den direkten Verantwortungsanteil (grün) bei der Mobilität.

Bei Produktion & Konsum liegt der indirekte Verantwortungsanteil durch Politik und Wirtschaft (ca. 20.1 von 43.2 Mio. t CO₂-eq./a) klar bei der Industrie (bzw. Industriepolitik), der hohe direkte Verantwortungsanteil von ca. 23.2 Mio. t CO₂-eq./a kommt aus dem Bereich Ernährung (Landwirtschafts- und Handelspolitik).

Summiert man den indirekten Verantwortungsanteil über alle Konsumbereiche, resultieren 47% indirekte Verantwortung (46.6 Mio. t CO₂-eq./a) und 53% direkte Verantwortung (52.3 Mio. t CO₂-eq./a).

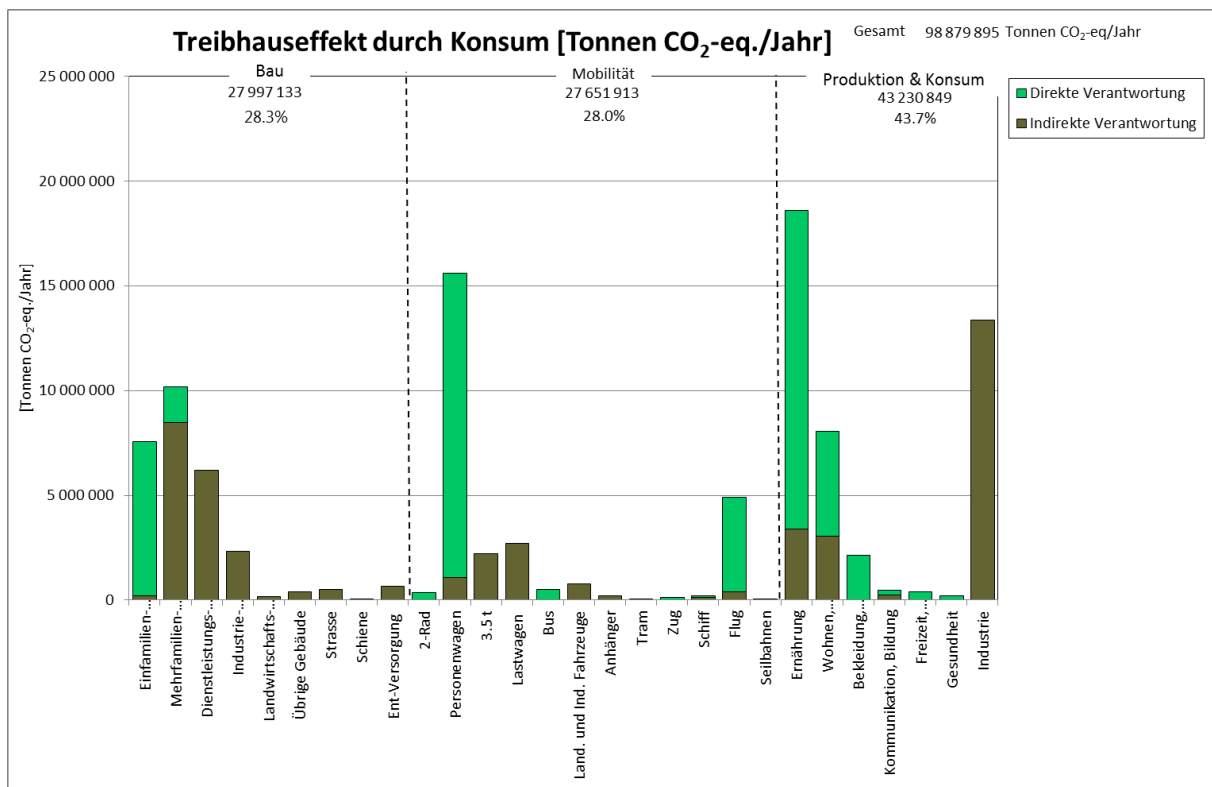


Abbildung 3-27: Aufteilung des Treibhauseffekts durch Konsum (Tonnen CO₂-eq./Jahr) zwischen direkter und indirekter Verantwortung der Wohnbevölkerung für 28 Konsumbereiche.

Die Interpretation von Abbildung 3-26 wird deutlich vereinfacht durch die Differenzierung der Verantwortungsanteile in 28 Konsumbereichen. Bei Wohneigentum, Individualverkehr und Ernährung zeigen sich die dominanten direkten Beeinflussungsmöglichkeiten der Wohnbevölkerung. Bei Immobilien, Gütertransporten und in der Industrie kann die Wohnbevölkerung nicht direkt Einfluss nehmen, sondern ist auf politische und wirtschaftliche Entscheidungen angewiesen für eine Reduktion des Treibhauseffektes.

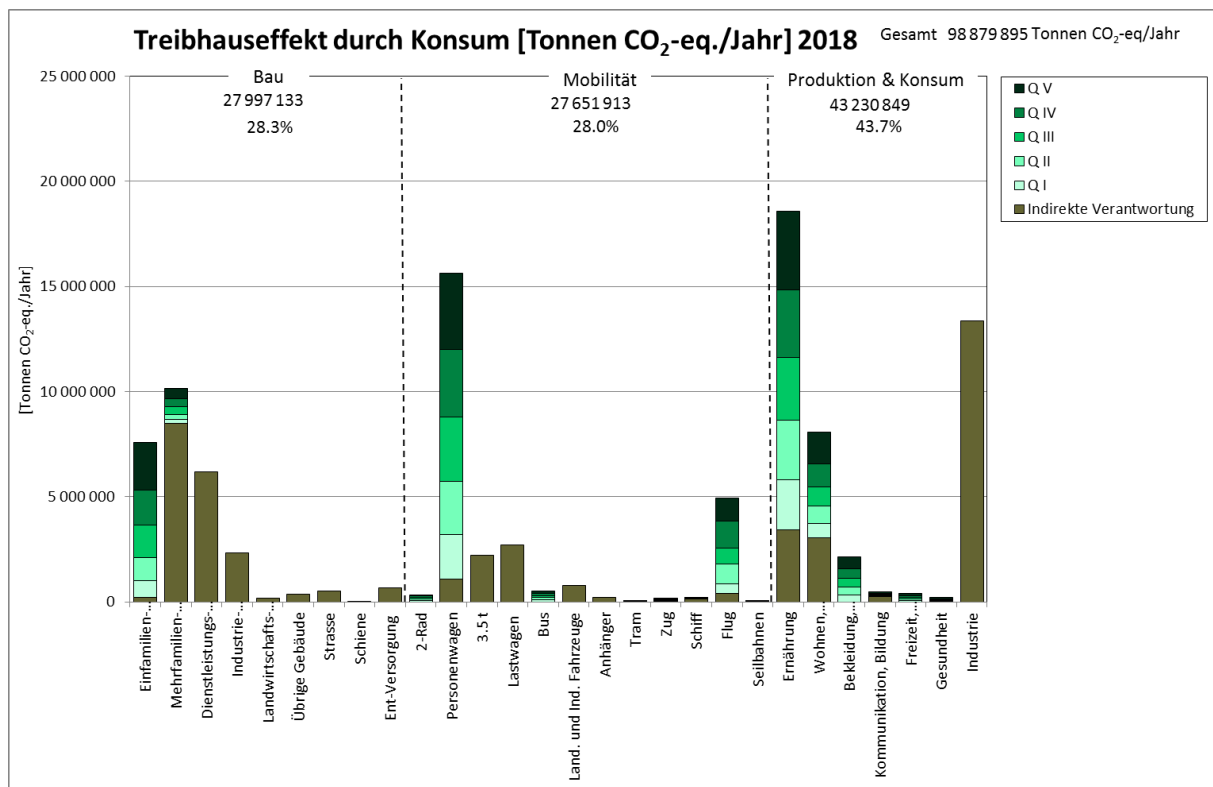


Abbildung 3-28: Quintile-Anteile für CO₂-Emissionen (Tonnen CO₂-eq./Jahr). Unterschiedlicher Beitrag der fünf Quintile: Was wäre wenn sich alle wie das erste oder letzte Quintile verhalten würden? (Ca. 98.9 Mio. t CO₂-eq./a = 100%, Durchschnitt).

Der direkte Verantwortungsanteil (grün) aus Abbildung 3-27 kann differenziert nach den Verhaltens-Quintilen betrachtet werden (Abbildung 3-28). Der indirekte Verantwortungsanteil (braun) bleibt konstant. Es stellt sich offensichtlich die Frage, was der Einfluss wäre, wenn sich die gesamte Bevölkerung so verhalten würde wie die klimamässig vorbildlichsten 20% der Bevölkerung (hellgrün) beziehungsweise umgekehrt wie die 20% der Bevölkerung mit einem Verhalten, welches die höchsten CO₂-Emissionen nach sich zieht.

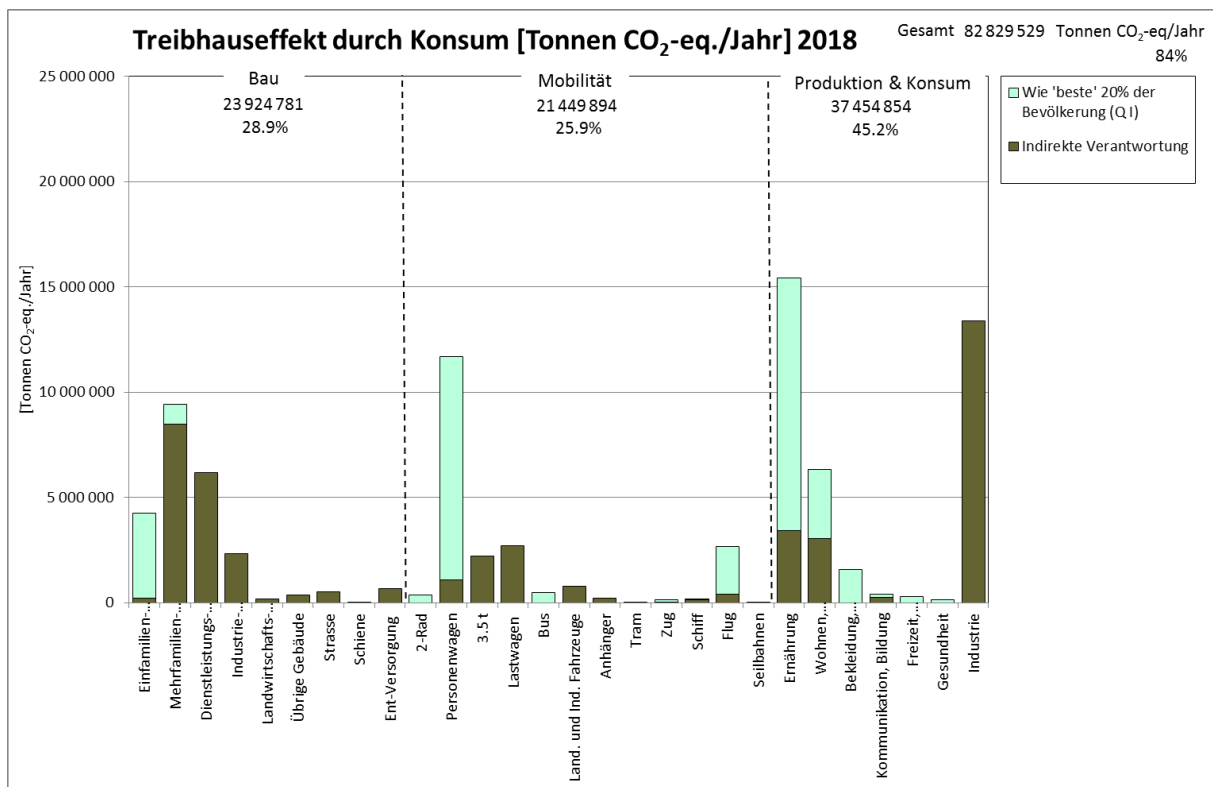


Abbildung 3-29: Treibhauseffekt für die Schweiz, wenn sich die gesamte Wohnbevölkerung wie Quintil I ('beste' 20%) verhalten würde. (Ca. 82.9 Mio. t CO₂-eq./a = 84% im Vergleich zum Durchschnitt).

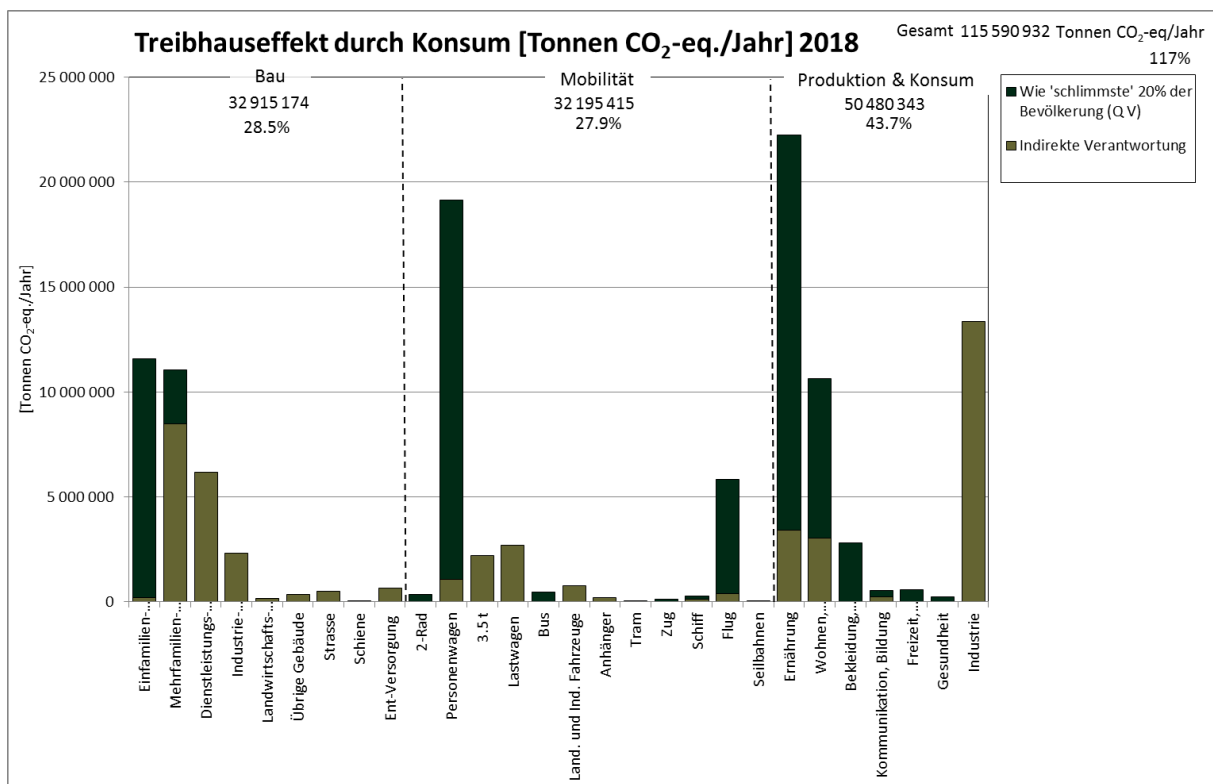


Abbildung 3-30: Treibhauseffekt für die Schweiz, wenn sich die gesamte Wohnbevölkerung wie Quintil V ('schlechteste' 20%) verhalten würde. (Ca. 115.6 Mio. t CO₂-eq./a = 117% im Vergleich zum Durchschnitt).

3.4.2 Zusammenfassung: Verantwortung und Verhalten

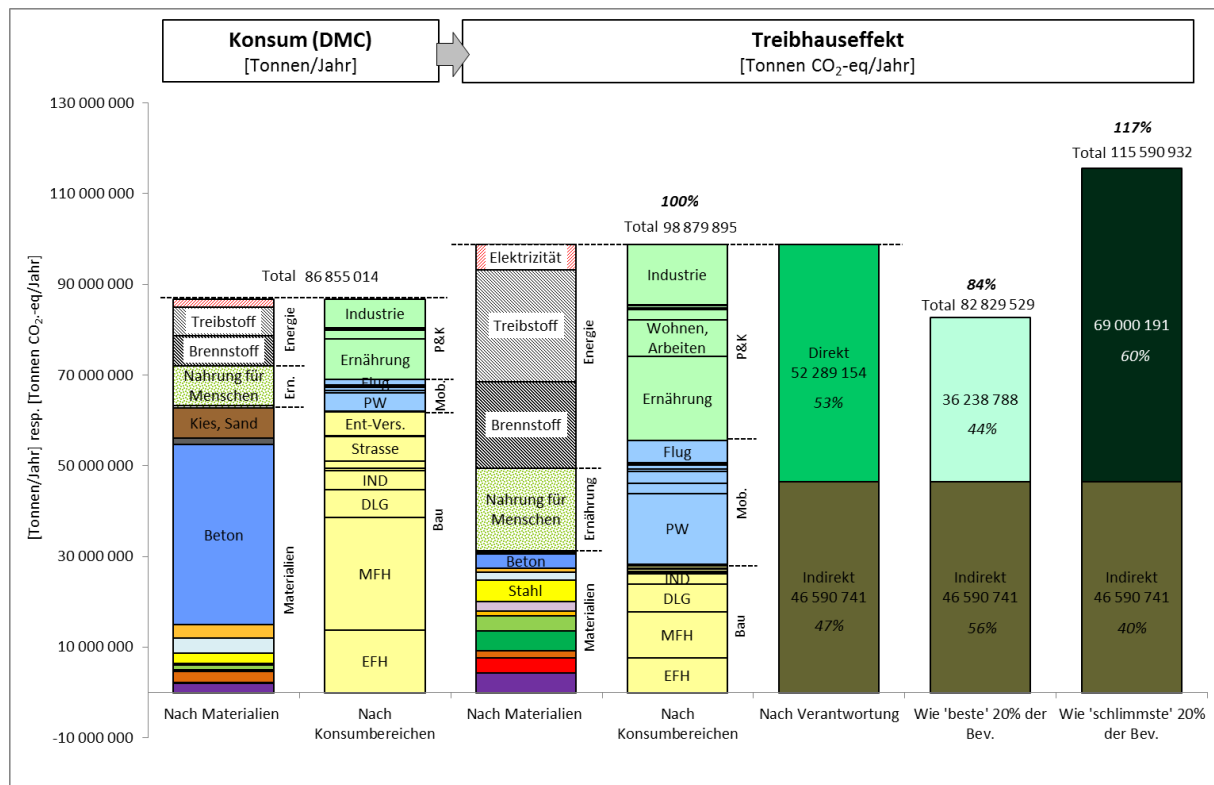


Abbildung 3-31: Konsum und Treibhauseffekt der Bevölkerung, differenziert nach Materialien, Konsumbereichen, Verantwortung und Verhalten.

Abbildung 3-31 zeigt den jährlichen Konsum der schweizerischen Bevölkerung als Masse (erste und zweite Kolonne links) und den Treibhauseffekt, welcher durch den Konsum verursacht wird. Der Treibhauseffekt ist in der dritten und vierten Kolonne, resp. nach Materialien und nach Konsumbereichen dargestellt. In der fünften Kolonne ist die direkte vs. indirekte Verantwortung abgebildet. In den letzten zwei Kolonnen werden die direkten und indirekten Verantwortungsanteile sichtbar, wenn sich alle wie die 'besten' 20% der Bevölkerung (6. Kolonne) und wenn sich alle wie die 20% der Bevölkerung mit den höchsten Treibhausgas-Emissionen (7. Kolonne) verhalten würden.

Der indirekte Anteil ist die in der Schweiz bereitgestellte Basis-Infrastruktur wie Strassen und Gesundheitswesen. Er dient allen Einwohnern und ist deshalb gleich hoch. Der direkte Anteil hängt vom persönlichen Verhalten ab und ist deshalb beeinflussbar. In der Summe beträgt die Variation zwischen eher ökologischem und eher unökologischem Verhalten knapp 20% im Vergleich zum Durchschnitt (ca. 82.9 Mio. t. CO₂-eq./a oder 84% resp. ca. 115.6 Mio. t. CO₂-eq./a oder 117%).

4 Schlussfolgerungen

Welche Materialien und Energieträger benötigt der Metabolismus der Schweizerischen Volkswirtschaft und welche Umweltauswirkungen sind damit verbunden? Wie könnte man das heutige System mehr in Richtung Nachhaltigkeit verbessern, wenn man die Herausforderungen wie Klimawandel, und Ressourcenknappheit vor Augen hat?

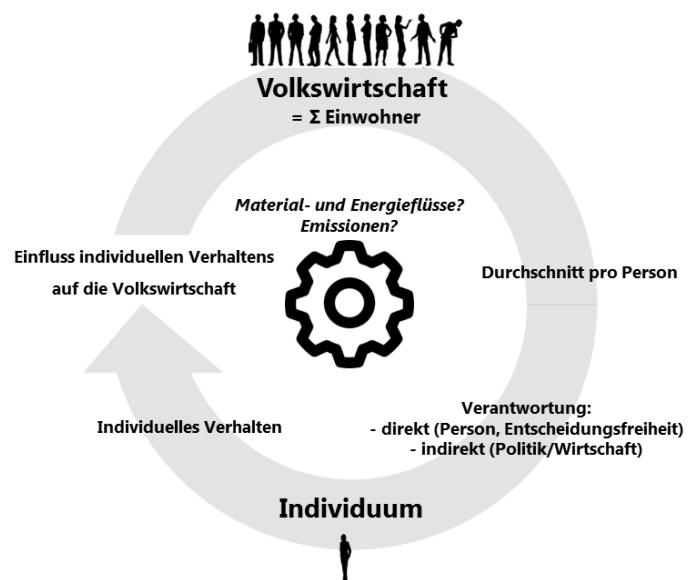
Um solche Fragen beantworten zu können, muss man wissen, wie das Gesamtsystem Volkswirtschaft funktioniert: Welche Materialien werden benötigt, um das System in Betrieb zu halten? Was bleibt im System und welche Materialien werden verbraucht und kommen zurück ins System (z.B. über Recycling)? Was sind die Umweltauswirkungen dieser Flüsse?

Als Basis für die Beantwortung dieser Fragen dienen die Resultate aus der Trilogie der MatCH Studien über das Bauwerk Schweiz, den Mobilitätssektor und den Produktions- und Konsumbereich. Die Daten wurden so aufbereitet, dass sie nachvollziehbar sind. Sie basieren weitestgehend auf öffentlich zugänglichen statistischen Daten.

Die Schweizer Volkswirtschaft kann als Organismus betrachtet werden, dessen Metabolismus viel Input braucht (Energie, Nahrungsmittel, Materialien) und dessen Stoffwechsel erwünschte und problematische Stoffe freisetzt (Produkte für Inlandbedarf und Export, Emissionen in die Umwelt). Dabei kann der Organismus wachsen, indem sich Materialien im Laufe der Zeit ansammeln (Lagerwachstum).

Ein spezieller Aspekt der Studie ist die Frage nach Verantwortung und Verhalten der Bevölkerung und die Auswirkungen von hypothetischen Verhaltensänderungen. Ein einzelnes Individuum hat einen persönlichen Handlungsspielraum, mit welchem sich bereits kurzfristig ca. 53% der 'eigenen' Treibhausgasemissionen beeinflussen lassen. 47% liegen primär in der Verantwortung der Politik und der Wirtschaft. Derjenige 20%-Anteil der Bevölkerung mit dem vorbildlichsten Verhalten hat einen 16% tieferen Treibhausgas-Ausstoss als der Durchschnitt. Umgekehrt verursachen die 20% der Bevölkerung mit dem unökologischsten Verhalten 17% mehr Treibhausgase als der Durchschnitt. Anders ausgedrückt: Im Vergleich mit dem ökologischsten 20%-Bevölkerungsanteil liegt der Treibhausgas-Fussabdruck des 20% Bevölkerungsanteils mit eher unökologischem Verhalten um fast 40% höher.

Mögliche künftige Verbesserungen wurden zum Beispiel in Frischknecht et al. (2018) und im Global Resources Outlook 2019 (IRP 2019)²¹ abgeschätzt. Weitere, auch grundlegendere Potenziale sind noch auszuloten.



²¹ "Through a combination of resource efficiency, climate mitigation, carbon removal, and biodiversity protection policies, this report finds that it is feasible and possible to grow economies, increase well-being and remain within planetary boundaries".

Aspekte und Erkenntnisse im Überblick:

- Grosse Massen bedeuten nicht immer auch grosse Umweltauswirkungen (z.B. sind Beton, Kies/Sand zwar massenreich, aber im Vergleich zu anderen Materialien nicht besonders klimarelevant). Trotzdem stellen sich Fragen nach der Begrenztheit von Ressourcen bei stark ansteigendem weiterem Konsum. Limitiert können nicht nur Quellen sein (Abbaulager, Landfläche), sondern auch Senken für die Aufnahme von Emissionen (Atmosphäre, Boden, Wasser).
- Der Energiebedarf in Form von (meist fossilen) Treib- und Brennstoffen sowie Nahrungsmitteln (Energie in Form von Kalorien) verursacht den deutlich grössten Teil der Umweltbelastungen.
- Die Umlaufgeschwindigkeit von Materialien ist sehr wichtig: Lange Nutzungsdauer und hohe Produktqualität bedeuten einen geringeren jährlichen Erneuerungsbedarf.
- Etwas ungewohnt und neuartig ist die Betrachtung über Selbst- und Fremdverantwortung. Hintergrund sind Überlegungen über Ressourcen ('Allmende'), welche allen Menschen zu gleichen Teilen zur Verfügung stehen sollen (z.B. Strassen- und Schieneninfrastruktur, öffentliche Gebäude, Gesundheitswesen, Atmosphäre, Gewässer).
- Die Akteure tragen eine individuelle und eine kollektive Verantwortung: Jeder Einzelne ist wichtig als Privatperson und auch als Träger und Mitglied von Politik und Wirtschaft. Das Verhalten der Volkswirtschaft wird gebildet aus der Summe der Verhaltensformen der Bevölkerung.
- Die 'beste' Gruppe der Bevölkerung²² (1.7 Mio. Menschen) verhält sich so, dass der Treibhauseffekt im Vergleich zum Durchschnitt der Bevölkerung um ca. 16% tiefer liegt. Das Potenzial gezielter Verhaltensänderungen zur Reduktion der Umweltbelastung (z.B. Flugeinschränkung, weniger Fleischkonsum) bleibt offen.
- Die Studie zeigt eine Momentaufnahme 2018: In Zukunft ist infolge grosser globaler Veränderungen (z.B. politische und wirtschaftliche Veränderungen, Migration, Informations- und Kommunikationstechnologien, andere Gewohnheiten) mit Verschiebungen zu rechnen. Mit Szenarienrechnungen können die Auswirkungen der Verschiebungen (z.B. bezüglich CO₂-Emissionen) untersucht werden.
- Die vorliegende Studie analysierte nur die Flüsse von Materialien und Energieträger, die physisch in die Schweiz fliessen. Hier nicht betrachtet wird der internationale Rohstoffhandel, bei welchem schweizerische Unternehmungen involviert und somit mit verantwortlich sind für die entsprechenden Umweltbelastungen (Niels Jungbluth and Meili 2018).

²² 20% der Bevölkerung mit dem bewusstesten Umweltverhalten.

5 Literaturverzeichnis

- Baiocchi, Giovanni, Jan Minx, and Klaus Hubacek. 2010. 'The Impact of Social Factors and Consumer Behavior on Carbon Dioxide Emissions in the United Kingdom'. *Journal of Industrial Ecology* 14 (1).
- BFE. 2009. 'Gebäudeparkmodell SIA Effizienzpfad Energie Dienstleistungs- Und Wohngebäude'.
- . 2018a. 'Analyse Des Schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2017 Nach Verwendungszwecken'. BFE.
- . 2018b. 'Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2017'. Bundesamt für Energie BFE.
- BFS. 2015. 'Der Material-Fussabdruck Der Schweiz'.
- Bruderer Enzler, Heidi, and Andreas Diekmann. 2015. 'Environmental Impact and Pro-Environmental Behavior: Correlations to Income and Environmental Concern'. Zürich.
- Büchs, Milena, and Sylke V. Schnepf. 2013. 'Who Emits Most? Associations between Socio-Economic Factors and UK Households' Home Energy, Transport, Indirect and Total CO2 Emissions'. *Ecological Economics* 90: 114–23.
- Bundesrat. 2014. 'Botschaft Zur Volksinitiative «Für Eine Nachhaltige Und Ressourceneffiziente Wirtschaft (Grüne Wirtschaft) Und Zum Indirekten Gegenvorschlag (Änderung Des Umweltschutzgesetzes)'.
- . 2018. 'Umwelt Schweiz 2018'.
- CGDD. 2013. 'Le Cycle Des Matières Dans l'économie Française'.
- Ecofys. 2017. 'Circular Economy and Environmental Priorities for Business'.
- European Commission. 2014. 'Critical Raw Materials for the EU. Report of the Ad-Hoc Working Group on Defining Critical Raw Materials'.
- Frischknecht, R., and S. Büsser Knöpfel. 2013. 'Ökofaktoren Schweiz 2013 Gemäss Der Methode Der Ökologischen Knappheit. Methodische Grundlagen Und Anwendung Auf Die Schweiz.' Umwelt-Wissen Nr. 1330. Bern, Schweiz: Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Frischknecht, R., Carsten Nathani, Martina Alig, Philippe Stolz, Laura Tschümperlin, and Pino Hellmülle. 2018. 'Technischer Bericht - Umwelt-Fussabdrücke Der Schweiz'.
- Frischknecht, R., C. Nathani, M. Alig, P. Stolz, L. Tschümperlin, and P. Hellmüller. 2018. 'Umwelt-Fussabdrücke Des Schweizer Konsums - Zeitlicher Verlauf 1996 Bis 2015'.
- Frischknecht, R., C. Nathani, S. Büsser Knöpfel, R. Itten, F. Wyss, and P. Hellmüller. 2014. 'Entwicklung Der Weltweiten Umweltauswirkungen Der Schweiz - Umweltbelastung von Konsum Und Produktion von 1996 Bis 2011'.
- Froemelt, Andreas, David Dürrenmatt, and Stefanie Hellweg. 2018. 'Using Data Mining to Assess Environmental Impacts of Household Consumption Behaviors'. *Environmental Science & Technology* 7 (52): 8467–78.
- Gauch, Marcel, Cecilia Matasci, Ingrid Hincapié, and Heinz Böni. 2017. 'Projekt "MatCH Mobilität" - Material- Und Energieressourcen Sowie Umweltauswirkungen Der Mobilität Schweiz'. Empa, Abteilung Technologie und Gesellschaft im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).
- Gauch, Marcel, Cecilia Matasci, Ingrid Hincapié, Raphael Hörler, and Heinz Böni. 2016. 'Projekt "MatCH Bau" - Material- Und Energieressourcen Sowie Umweltauswirkungen Der Baulichen Infrastruktur Der Schweiz'. Empa, Abteilung Technologie und Gesellschaft im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).
- Girod, Bastien, and Peter De Haan. 2009. 'GHG Reduction Potential of Changes in Consumption Patterns and Higher Quality Levels: Evidence from Swiss Household Consumption Survey'. *Energy Policy* 37: 5650–5661.
- Gladek, Eva, Pieter van Exter, Gerard Roemers, Leonie Schlueter, Jurn de Winter, Nadine Galle, and Joke Dufourmont. 2017. 'CIRCULAIR ROTTERDAM - Kansen Voor Nieuwe Banen in Een Afvalvrije Economie'.
- Hagelüken, C., and C.E.M. Meskers. 2010. 'Complex Life Cycles of Precious and Special Metals'. In *Linkages of Sustainability*. Vol. 4. Strüngmann Forum Report. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Harbi S., Tatti E., Kaenzig J., Loerinc Y., and Jolliet O. 2007. 'Most Important Consumption Patterns to Improve the Personal Environmental Balance'.

- IRP. 2019. 'Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want.' A Report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya.
<https://www.resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook>.
- Jungbluth, N., R. Itten, and M. Stucki. 2012. 'Umweltbelastungen Des Privaten Konsums Und Reduktionspotenziale'. ESU-services Ltd.
- Jungbluth, N., M. Stucki, and M. Leuenberger. 2011. 'Environmental Impacts of Swiss Consumption and Production'. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Jungbluth, Niels, and Christoph Meili. 2018. 'Pilot-Study for the Analysis of the Environmental Impacts of Commodities Traded in Switzerland'.
- Kaenzig, J, and O Jolliet. 2006. 'Umweltbewusster Konsum: Schlüsselentscheide, Akteure Und Konsummodelle. Umwelt-Wissen Nr. 0616.' Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Kissling-Näf, Ingrid, Katrin Bernath, C. Seyler, and D. Fussen. 2013. 'RessourcenEFFizienz Schweiz REFF - Grundlagenbericht zur Ressourceneffizienz und Rohstoffnutzung'. Bern, Schweiz: Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Leemann, Robert. 1992. 'Grundbegriffe Der Energiewirtschaft (Glossar)'. Bundesamt für Konjunkturfragen (BfK).
- Matasci, Cecilia, Marcel Gauch, and Heinz Böni. 2018. 'Projekt "MatCH Produktion&Konsum" - Material- Und Energieressourcen von Produktion Und Konsum in Der Schweiz'. Empa, Abteilung Technologie und Gesellschaft im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).
- Meier, Beat, Christinan Vogler, Corinne Moser, and Reto Dettli. 2018. 'Überprüfung Der Schweizer Klimaziele Nach Dem 1.5-Grad - Bericht Des Weltklimarats'. econcept.
- Neumann, K., Franc Grimm, Hans Diefenbacher, Martin Hirschnitz-Garbers, Susanne Langsdorf, Michael Schipperges, and Daniel Weiss. 2018. 'Entwicklung Eines Quantitativen Modells „Nachhaltiges Deutschland“ Band 1: Das D3-Modell'.
- Nita, V., Valentina Castellani, and Serenella Sala. 2017. 'Consumer's Behaviour in Assessing Environmental Impact of Consumption - State of the Art and Challenges for Modelling Consumer's Behaviour in Life Cycle-Based Indicators'.
- Notter, Dominic A., Reto Meyer, and Hans-Jörg Althaus. 2013. 'The Western Lifestyle and Its Long Way to Sustainability'. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es3037548>.
- Nuss, P., G. A. Blengini, W. Haas, A. Mayer, V. Nita, and D. Pennington. 2017. 'Development of a Sankey Diagram of Material Flows in the EU Economy Based on Eurostat Data'. EUR 28811 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Rubli. 2016. 'Bauabfälle in Der Schweiz - Tiefbau Aktualisierung 2015 Mit Dazugehörigen Exceldaten „Excel-Daten: Materiallager Und Bauabfälle Tiefbau CH 2013" Zuhanden BAFU'.
- Rubli, S., and N. Jungbluth. 2005. 'Materialflussrechnung Für Die Schweiz'. Neuchâtel: Bundesamt für Statistik BFS.
- Schweizerischer Bundesrat. 2018. 'Bundesgesetz Über Den Umweltschutz'.
- Steinemann, Myriam, Erika Meins, and Madeleine Guyer. 2008. 'Konsum Report Schweiz: Wie Nachhaltig Leben Wir?'.
- Tukker, A., T. Bulavskaya, S. Giljum, A. de Koning, S. Lutter, M. Simas, K. Stadler, and R. Wood. 2014. 'The Global Resource Footprint of Nations - Carbon, Water, Land and Materials Embodied in Trade and Fi Nal Consumption'.
- UBA. 2012. 'Glossar Zum Ressourcenschutz'. Umweltbundesamt UBA.
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4242.pdf>.
- VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt. 2012. *DI 4600 – Kumulierter Energieaufwand (KEA)*. Beuth Verlag.
- Wüest & Partner. 2015. 'Bauabfälle in Der Schweiz - Hochbau'. Zürich, Schweiz: Bundesamt für Umwelt BAFU.

Anhang

A I Begriffe

Archetyp	Archetypen bezeichnen in der analytischen Psychologie eine urtümliche Struktur menschlicher Vorstellungs- und Handlungsmuster (Wikipedia). Verhaltens-Archetypen stellen vorherrschenden Konsummuster dar.
Endenergie	Die Energie, welche vom Endverbraucher (z.B. einem Industriebetrieb, einem Gebäude, einem Haushalt) zum Zwecke der weiteren Umwandlung und Nutzung bezogen bzw. eingekauft wird. Beispiele: Heizöl, Erdgas, Fernwärme (als Heisswasser oder Prozessdampf), die aus dem Netz bezogene Elektrizität, die vom Betrieb energetisch genutzt wird (Leemann 1992).
Entsorgung	Die Entsorgung der Abfälle umfasst ihre Verwertung oder Ablagerung sowie die Vorstufen Sammlung, Beförderung, Zwischenlagerung und Behandlung. Als Behandlung gilt jede physikalische, chemische oder biologische Veränderung der Abfälle (Def. USG, Art, 7, (Schweizerischer Bundesrat 2018)).
Exporte	Materialien oder verarbeiteten Produkte, die aus dem Land ausgeführt werden, sowie alle von der ausländischen Wirtschaft im Land verbrauchten Materialien (Inlandprinzip) (angepasst aus STAT-TAB).
Graue Energie	Als 'Graue Energie' bezeichnet man die insgesamt zur Herstellung eines Produktes direkt und indirekt aufgewendete Energie. Nebst dem Energieinhalt des fertigen Produktes wird also auch der Energieverbrauch für den Produktionsprozess einschliesslich des Energieinhalts der im Produktionsprozess verbrauchten zusätzlichen Materialien berücksichtigt. Der Begriff 'Graue Energie' wird u.a. benutzt, um den Energieinhalt importierter oder exportierter Produkte, die selber keine Energieerzeugnisse (Energieträger im engeren Sinn) sind, zu beschreiben (Leemann 1992).
Grüne Wirtschaft	Der Schweizer Bundesrat versteht unter "Grüner Wirtschaft" "eine Wirtschaftsweise, welche die Knappheit begrenzter natürlicher Ressourcen und die Regenerationsfähigkeit erneuerbarer Ressourcen berücksichtigt, die Ressourceneffizienz verbessert und damit die Leistungsfähigkeit der Wirtschaft und die Lebensqualität insgesamt stärkt" (Bundesrat 2014).
Importe	Rohmaterialien und verarbeiteten Produkte, die aus dem Ausland in das Land eingeführt werden, sowie alle von der inländischen Wirtschaft im Ausland verbrauchten Materialien (Inlandprinzip), angepasst aus STAT-TAB.
Inländische Gewinnung	Die inländische Gewinnung entspricht den auf Schweizer Boden gewonnenen und produzierten Materialien, die von der Wirtschaft verwertet werden, angepasst aus STAT-TAB. Gemäss Definition sind die im Inland gewonnenen Materialien Rohmaterialien. Für Produkte gibt es daher keine Daten. In diesen Studien werden auch tierische Produkte wie Milch, Fleisch und Eier betrachtet.
Inländischer Materialkonsum (DMC)	Der inländische Materialkonsum (abgekürzt DMC, vom Englischen Domestic Material Consumption) ergibt sich aus der Summe der genutzten inländischen Gewinnung und der Importe von Materialien und Produkten, abzüglich der Exporte. Er entspricht also der Menge des in einem Land tatsächlich verbrauchten Materials (BFS 2015).
Kritische Metalle	Ein Technologiemetall wird als kritisch bezeichnet, wenn das Versorgungsrisiko und dessen Auswirkung auf die Wirtschaft hoch sind im Vergleich zu übrigen Metallen. (siehe z.B. (European Commission 2014).

Kumulierter Energieaufwand (KEA)	Der Kumulierte Energieaufwand (KEA, Cumulative Energy Demand CED) gibt die Gesamtheit des primärenergetisch bewerteten Aufwands an, der im Zusammenhang mit der Herstellung, Nutzung und Beseitigung eines ökonomischen Gutes (Produkt oder Dienstleistung) entsteht bzw. diesem ursächlich zugewiesen werden kann (VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt 2012). Wichtig ist die Angabe, ob in Studien der gesamte KEA (erneuerbar und nicht erneuerbar) oder wie in dieser Studie der nicht erneuerbare KEA betrachtet wird. Statt der gesamten Bezeichnung ‚Kumulierter, nicht erneuerbarer Energieaufwand‘ wird einheitlich in diesem Bericht „Gesamter Energiebedarf“ verwendet.
Material	Material ist ein Sammelbegriff für alles, was zur Produktion oder Herstellung eines bestimmten Zwischen- oder Endproduktes verwendet wird und in dieses Produkt eingeht oder verbraucht wird. Material umfasst Rohstoffe, Werkstoffe, Halbzeuge, Hilfsstoffe, Betriebsstoffe, Bauteile und Baugruppen (Wikipedia).
Materialeffizienz	Materialeffizienz bezeichnet das Verhältnis eines bestimmten Nutzens von Gütern oder Dienstleistungen (Output) zum Materialaufwand (Input).
Material-Fussabdruck (RMC, inländischer Rohstoffverbrauch)	Der Material-Fussabdruck (auch: "inländischer Rohstoffverbrauch"), abgekürzt RMC (Raw Material Consumption) beschreibt den durch die inländische Endnachfrage eines Landes verursachten Rohstoffverbrauch inklusive Materialrucksack im Ausland (BFS 2015).
Metall	Metalle bilden diejenigen chemischen Elemente, die sich im Periodensystem der Elemente links und unterhalb einer Trennungslinie von Bor bis Astat befinden (Wikipedia).
Mineralischer Rohstoff	Durch zumeist natürliche Vorgänge entstandener Rohstoff, der - von wenigen Ausnahmen abgesehen - anorganisch und kristallin vorliegt. Hierzu zählen Gesteine, Salze und Erze (UBA 2012).
Konsum	Unter Konsum wird allgemein der Verzehr oder Verbrauch von Gütern verstanden. Im volkswirtschaftlichen Sinne steht der Begriff für den Kauf von Gütern des privaten Ge- oder Verbrauchs durch Konsumenten (Haushalte). Betriebswirtschaftlich wird oft der Output von Gütern als Konsum bezeichnet (Wikipedia).
Natürliche Ressource	Ressource, die Bestandteil der Natur ist: Primärrohstoffe, physischer Raum (Fläche), Umweltmedien (Wasser, Boden, Luft), strömende Ressourcen (z.B. Erdwärme, Wind-, Gezeiten- und Sonnenenergie) und Biodiversität (UBA 2012).
Nutzenergie	Die Energie, die dem Energieanwender nach der letzten Umwandlung (am Ausgang der energieverbrauchenden Geräte, z.B. an der Antriebswelle des Motors, am Heizkörper im Zimmer) in der für den jeweiligen Zweck benötigten technischen Form zur Verfügung steht. Die Nutzenergieformen werden in der Regel wie folgt gegliedert: Wärme/Kälte, mechanische Arbeit, Licht, Chemie (chemisch gebundene Energie), Nutzelektrizität (Leemann 1992). Durch Übertragungs- und Umwandlungsverluste ist die Nutzenergie geringer als die am Übergabepunkt gemessene Endenergie (Wikipedia).
Ökologischer Rucksack	Der Ökologische Rucksack ist die sinnbildliche Darstellung der Menge an Ressourcen, die bei der Herstellung, dem Gebrauch und der Entsorgung eines Produktes oder einer Dienstleistung verbraucht werden. Sie soll im Rahmen der Ökobilanz einen Vergleichsmassstab bieten, mit dem verdeutlicht wird, welche ökologischen Folgen die Bereitstellung bestimmter Güter verursacht (Wikipedia). Der Ökologische Rucksack umfasst Materialien und Energie, siehe auch 'Graue Energie'.

Primärenergie	Energieträger, die man in der Natur vorfindet und welche noch keiner Umwandlung oder Umformung unterworfen wurden, unabhängig davon, ob sie in dieser Rohform direkt verwendbar sind oder nicht; also Energie in jenem Ausgangszustand, wie er für die wirtschaftliche Nutzung zur Verfügung steht. Z.B. Erdöl, Erdgas, Steinkohle, Uran, Laufwasser, Brennholz und andere Biomasse, Sonneneinstrahlung, Wind, Umgebungswärme (Umweltenergie), Erdwärme. Die Primärenergie wird gewöhnlich unterteilt in die nichterneuerbaren und die erneuerbaren (regenerativen) Energieträger (Leemann 1992).
Ressource	Mittel, das in einem Prozess genutzt wird oder genutzt werden kann. Eine Ressource kann materieller oder immaterieller Art sein (UBA 2012).
Ressourceneffizienz	Ressourceneffizienz bezeichnet das Verhältnis eines bestimmten Nutzens von Gütern oder Dienstleistungen (Output) zum Ressourcenaufwand (Kissling-Näf et al. 2013).
Rohstoff	Stoffe oder Stoffgemische, die in einem oder gering bearbeitetem Zustand sind, welche in einen Produktionsprozess eingehen können. Man unterscheidet Primärrohstoffe (Rohstoffe, die durch Entnahme aus der Natur gewonnen werden) und Sekundärrohstoffe (Rohstoffe, die aus Abfällen oder Produktionsrückständen gewonnen werden). Weitere Unterscheidungen, wie in erneuerbare und nicht erneuerbare, biotische und abiotische Rohstoffe sind gängig (UBA 2012).
Technologiemetalle	Ein Metall, welches für die Herstellung von "high-tech" und "clean-tech" Produkten benötigt wird und denen für die Entwicklung der Gesellschaft eine wichtige Rolle zugesprochen wird (Hagelüken and Meskers 2010).
Umweltbelastung	Auswirkung menschlicher Aktivitäten auf die Umwelt (Boden, Wasser, Luft). Häufig sind auch Auswirkungen auf die Gesundheit oder auf den Verbrauch von Ressourcen im Begriff eingeschlossen.

A II Abkürzungen

a	Jahr
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BEK	Bekleidung, Accessoires
BFE	Bundesamt für Energie
BFS	Bundesamt für Statistik
Bio.	Billionen
CED	Kumulierter Energieaufwand (KEA, Cumulative Energy Demand)
CED-nr	Nicht erneuerbarer kumulierter Energieaufwand
CH	Schweiz (Confoederatio Helvetica)
CO₂	Kohlendioxid
CO₂-eq.	CO ₂ -Äquivalente
DLG	Dienstleistungsgebäude
DMC	Inländischer Materialverbrauch (Domestic Material Consumption)
EFH	Einfamilienhäuser
El. / e-	Elektro..., Elektrisch
Empa	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
ENE	Energie
ERN	Ernährung
EZV	Eidgenössische Zollverwaltung
FRE	Freizeit, Unterhaltung
GES	Gesundheit
GWP	Treibhauspotenzial (Global Warming Potential)
HABE	Haushaltsbudgeterhebung
ICT	Informations- und Kommunikationstechnik (Information and Communication Technology)
IND	Industrie, Industriegebäude
IPCC	Weltklimarat der Vereinten Nationen (Intergovernmental Panel on Climate Change)
IRP	Internationaler Ressourcenausschuss (International Resource Panel)
KEA	Kumulierter Energieaufwand (Cumulative Energy Demand, CED)
KOM	Kommunikation, Bildung
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage
kWh	Kilowattstunde
LCA	Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment, Ökobilanz)
Li-Ion	Lithium-Ionen
LKW	Lastwagen
LWG	Landwirtschaftsgebäude
LW/Ind.	Landwirtschaftliche und industrielle Fahrzeuge
MFH	Mehrfamilienhäuser
Mio.	Millionen

MJ	Megajoule
ne	Nicht erneuerbar
NE-Metalle	Nichteisenmetalle
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PAM	Polyacrylamid
PE	Polyethylen
P&K	Produktion & Konsum
PJ	Petajoule
PP	Polypropylen
PS	Polystyrol
PVC	Polyvinylchlorid
PW	Personenwagen
RMC	Inländischer Rohstoffverbrauch (Raw Material Consumption)
SAVA	Sonderabfallverbrennungsanlagen
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SBV	Schweizerischer Bauernverband
SITC	Internationales Warenverzeichnis für den Aussenhandel (Standard International Trade Classification)
STAT-TAB	Interaktive Statistik Datenbank des Bundes
SVGW	Schweizerischer Verein für Gas und Wasser
Swiss-Impex	Datenbank der schweizerischen Aussenhandelsstatistik
THG	Treibhausgas
TJ	Terajoule
toe	Tonnen Öl-Äquivalente (tons of oil equivalents). Häufig verwendete Einheit, um verschiedene Energieformen vergleichbar zu machen.
UBP	Umweltbelastungspunkte. Vorwiegend in der Schweiz verwendete Einheit, um die gesamte Belastung auf die Umwelt in einem Gesamtindikator darzustellen.
UEB	Übrige Gebäude
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
W/A	Wohnen, Arbeiten

A III Konsumbereiche (Systemübersicht)

Konsum-bereiche Ebene 1	Konsum-bereiche Ebene 2	Konsum-Bereiche Ebene 3	Beschreibung der Gütergruppen der Konsumbereiche auf Ebene 3
Bau	Hochbau	Einfamilienhäuser (EFH)	Einfamilienhäuser sind Gebäude, die nur eine Wohnung enthalten. Reiheneinfamilienhäuser und zusammengebaute Einfamilienhäuser zählen ebenfalls als EFH.
		Mehrfamilienhäuser (MFH)	Mehrfamilienhäuser umfassen sowohl reine Wohngebäude mit mehr als einer Wohnung sowie Wohnhäuser mit Geschäftsräumen (Büros, Handel, Gewerbe, Gastgewerbe, div. Zwecken; Wohnfläche > 50% der Nutzfläche).
		Dienstleistungsgebäude (DLG)	Unter Dienstleistungsgebäude fallen alle Verwaltungsgebäude der öffentlichen Hand, aber auch alle privaten Bürohäuser und Verkauf-Gastgewerbe (Büro-, Schul, Ladengebäude, Handels- und Warenhäuser, Spitäler, Anstalten und Heime, Handels- und Warenhäuser, Hotelbetriebe, Gastwirtschaftsgebäude, Gastwirtschaftsgebäude).
		Industriegebäude (IND)	Als Industriegebäude werden die Industriebauten und Werkstätten (Lagergebäude, Industrie und Gewerbe, Steine-, Erde-, Glas- und Keramikbearbeitung, Baugewerbe, Nahrungsmittel- und Getränkeherstellung, Tabakindustrie, usw.) zusammengefasst.
		Landwirtschaftsgebäude (LWG)	Zu den Landwirtschaftsgebäuden zählen Gebäude der Landwirtschaft, Gärtnerei und Forstwirtschaft.
		Übrige Gebäude (UEB)	Zu den übrigen Gebäuden zählen etwa Einstellhallen, Parkhäuser, Kirchen, Armeegebäude, Gemeinschaftszentren und Mehrzweckhallen, Kunst-, Kultur und Sportgebäude, Flugverkehrsgebäude.
	Tiefbau	Strasse	Zur Strasse zählen die National-, Kantons- und Gemeindestrassen. Dazu kommen andere Strassen und Wege, Parkplätze und Gehsteige.
		Schiene	Die Schiene umfasst das gesamte Schienennetz der Schweiz. Dazu zählen auch die Oberleitungen und Kunstbauten.
		Versorgung und Entsorgung	Die Entsorgung umfasst die Kanalisation der Abwasserbereiche, während zur Versorgung die Wasser-, Gas- und Stromnetze gezählt werden.
Mobilität	Mobilität	2-Rad	Als 2-Rad wird in der Regel ein Fahrzeug mit zwei Rädern, die in einer Spur hintereinander laufen, bezeichnet (Wikipedia). 2-Räder sind Motorräder, Motorfahrräder und Fahrräder.
		PW	Personenwagen (PW) sind leichte Motorwagen zum Personentransport mit höchstens neun Sitzplätzen einschliesslich Führer oder Führerin (bis 3.5 t). Die Kategorie wurde in kleine-, mittlere- und grosse Fahrzeuge unterteilt.
		3.5 t (Kleintransporter)	3.5 t sind leichte und schwere Motorwagen, Kleinbusse, Lieferwagen und Leichte Sattelmotorfahrzeuge mit einem Gesamtgewicht von nicht mehr als 3 500 kg.
		LKW	Ein Lastkraftwagen (LKW) ist ein Kraftfahrzeug mit starrem Rahmen, das vornehmlich für die gewerbliche Beförderung von Gütern eingesetzt wird. Als LKW werden in der Studie auch Sattelzüge gezählt, bestehend aus Zugmaschine und Sattelaufzieger.
		Bus	Busse für den Personentransport, unterschieden nach Gesellschaftswagen und Gelenkbussen.
		LW/Ind.	Die Kategorie LW/Ind. besteht aus landwirtschaftlichen und industriellen Fahrzeugen. Dazu gehören: Traktoren, Arbeitskarren, Motorkarren, Motoreinachser, Kombinations-Fahrzeuge, Arbeitsmaschinen.

		Anhänger	Anhänger sind Fahrzeuge ohne eigenen Antrieb, die gebaut sind, um von anderen Fahrzeugen gezogen zu werden und mit diesen schwenkbar verbunden sind. Die Kategorie wurde in kleine-, middle- und grosse Fahrzeuge unterteilt.
		Tram	Ein Tram ist ein schienengebundenen öffentliches Personennahverkehrsmittel im Stadtverkehr, das den speziellen Bedingungen des Strassenverkehrs angepasst ist (Wikipedia).
		Zug	Ein Zug ist ein Verbund aus Eisenbahnfahrzeugen, die auf die freie Strecke übergehen oder auf ihr fahren (Wikipedia). Dazu gelten: Triebzüge, Streckenlokomotiven, Rangierlokomotiven, Triebwagen, Reisezugwagen, Güterwagen und sonstige Fahrzeuge.
		Schiff	Ein Schiff ist ein Wasserfahrzeug oder ein anderer zur Fortbewegung auf oder unter der Wasseroberfläche bestimmter Schwimmkörper. Dazu gelten: Öffentliche Personenschiffe, private Personenschiffe (Motorboote und Boote ohne Motor) und Güterschiffe. In der Studie nicht inbegriffen sind Hochsee-Schiffe, da diese nie innerhalb der Schweiz verkehren.
		Flug	Zur Kategorie gehören Flugzeuge (Schweiz und international), Helikopter, Motorsegler, Segelflugzeuge, Freiballone und Luftschiffe. Internationale Flugzeuge von Schweizer Airlines sind inbegriffen, da diese regelmässig die Schweiz anfliegen.
		Seilbahnen	Eine Seilbahn ist ein Verkehrsmittel für den Personen- oder Gütertransport, bei dem Fahrzeuge oder Personen von einem umlaufenden Drahtseil gezogen werden oder auf einem fixierten Tragseil mithilfe von Hohlkehlrollen fahren (Wikipedia). Seilbahnen bestehen aus Zahnradbahnen, Luftseilbahnen, Standseilbahnen.
Produktion & Konsum	Ernährung	Ernährung (ERN)	Produkte der Lebensmittelindustrie: Leichtverderbliche Lebensmittel; nicht verderbliche Lebensmittel
	Wohnen, Arbeiten, Alltag	Wohnen, Arbeiten (W/A)	Farben, Lacke; Heimtextilien; Haushaltsgeräte; Industrielle und medizinische Maschinen; Austauschbare Gebäudeinfrastruktur; Möbel; Wohnaccessoires; Trinkwasser im Privathaushalt. Inbegriffen sind bewegliche Inventare und Ausrüstungen z.B. aus Büros, Spitälern, Industriebetrieben.
		Bekleidung, Accessoires (BEK)	Accessoires; Kleider; Schmuck; Schuhe; Uhren
		Kommunikation, Bildung (KOM)	Zeitungen; Bücher; Elektronische Geräte für die Informations- und Kommunikationstechnik (ICT)
		Freizeit, Unterhaltung (FRE)	Haustiere; Hobby (Garten, Werkzeug); Musikinstrumente; Spielzeuge und Sportgeräte; Waffen
		Gesundheit (GES)	Körperpflege; Medikamente; Putzmittel. Nicht inbegriffen sind Inventare und Ausrüstungen z.B. in Spitälern
	Industrie	Industrie (IND)	Keramische Rohstoffe; metallische Rohstoffe; organische Rohstoffe; chemische Rohstoffe ²³ ; Trinkwasser für Gewerbe und Industrie. Nicht inbegriffen sind Inventare und Ausrüstungen z.B. in Industriebetrieben

Tabelle A-1: Die 28 Konsumbereiche und 32 Gütergruppen in MatCH - Synthese.

²³ Öl (für nicht-energetische Zwecke, z.B. Erdöl und Öl aus bituminösen Mineralien, roh, nicht zur Verwendung als Treibstoff), verschiedene Erzeugnisse der chemischen Industrie (z.B. Bindemittel, Rückstände der chemischen oder verwandten Industrien); Kunststoffe und Waren daraus (Tafeln, Platten, Folien, Filme, etc.); Gusseisen, Eisen und Stahl (z.B. Eisenerzeugnisse oder Abfälle und Schrott, aus Gusseisen, Eisen oder Stahl); organische chemische Erzeugnisse, etc.

A IV Detaillierte Energieverteilung

Evaluation der Datengrundlagen des BFE für eine Aufteilung von Energie zu verschiedenen Verwendungszwecken, Zuweisung auf die Konsumbereiche gemäss Methodik dieser Studie.

Kategorie		Haushalte	Dienst-leistungen	Industrie	Verkehr	Stat. Diff.	Gesamt
Elektrizität		69.22	62.06	64.43	11.34	3.49	210.54
Treibstoff					296.77		296.77
Brennstoff		166.60	77.17	92.65		6.06	342.48
		235.82	139.23	157.08	308.11	9.55	849.79

Tabelle A-2: Gesamtenergiestatistik des BFE für das Jahr 2017 inkl. Tanktourismus und internationalem Flugverkehr (PJ/a) (BFE 2018b).

		Energieverbrauch 2017 [PJ/a]						
Kategorie		Haushalte	Dienst- leistungen	Industrie	Verkehr	Stat. Diff. inkl. LWG	Gesamt	Gesamt
Beleuchtung		4.90	15.00	5.40			25.30	207.98
Klima, Lüftung & Haustechnik		4.60	16.20	0.90			21.70	
I&K, Unterhaltung		4.60	4.50	0.70			9.80	
Prozesswärme		1.69	0.65	27.01			29.36	
Antriebe, Prozesse		15.34	16.41	36.43			68.18	
Raumwärme		12.89	5.25	1.26			19.40	
Warmwasser		6.76	2.34	0.55			9.64	
Mobilität - Elektrizität					11.87		11.87	
Sonstige		5.54	2.28	4.92			12.74	
Mobilität - Treibstoff					299.49		299.49	299.49
Raumwärme		146.04	59.55	14.25			219.84	331.61
Warmwasser		25.36	8.77	2.05			36.19	
Prozesswärme		3.81	1.45	60.71			65.97	
Antriebe, Prozesse		0.37	0.39	0.87			1.63	
Sonstige		3.47	1.43	3.09			7.99	
Elektrizität		56.31	62.63	77.18	11.87		207.98	207.98
Treibstoff		0.00	0.00	0.00	299.49		299.49	299.49
Brennstoff		179.05	71.60	80.96	0.00		331.61	331.61
		235.36	134.22	158.14	311.36		839.08	839.08

Tabelle A-3: Aufteilung des inländischen Endenergieverbrauchs 2017 nach Verwendungszwecken und Verbrauchssektoren in PJ/Jahr inkl. Tanktourismus und int. Flugverkehr (BFE 2018a). Blau: Baustuktur; Grün: Prozesse, Violett: Mobilität.

A V Entsorgung

Die Darstellung der Entsorgung im Haupt-Flussdiagramm ist stark vereinfacht. In der Realität gibt es verschiedene Zwischenstufen im Umgang mit Abfällen, Rückführungen von Sekundärrohstoffen in vorherige Prozesse oder ein Queraustausch von Stoffen zwischen Entsorgungsprozessen. Beispiele dafür sind Rückstände aus Verbrennungsanlagen (Schlackenaufbereitung), welche zurück in den Recyclingprozess gehen oder Rückstände aus Abwasserbehandlungsanlagen (Klärschlamm), welche in Verbrennungsanlagen gehen. Ein beachtlicher Teil der in die Entsorgung gelangenden Stoffe 'verschwindet' aus den Massebilanzen, beispielsweise durch die Überführung in gasförmige Stoffe in Verbrennungsprozessen oder in Kompostierungs/Biogasanlagen. Abbildung A-1 zeigt einige dieser detaillierten Flüsse.

MatCH - Synthese: Entsorgung

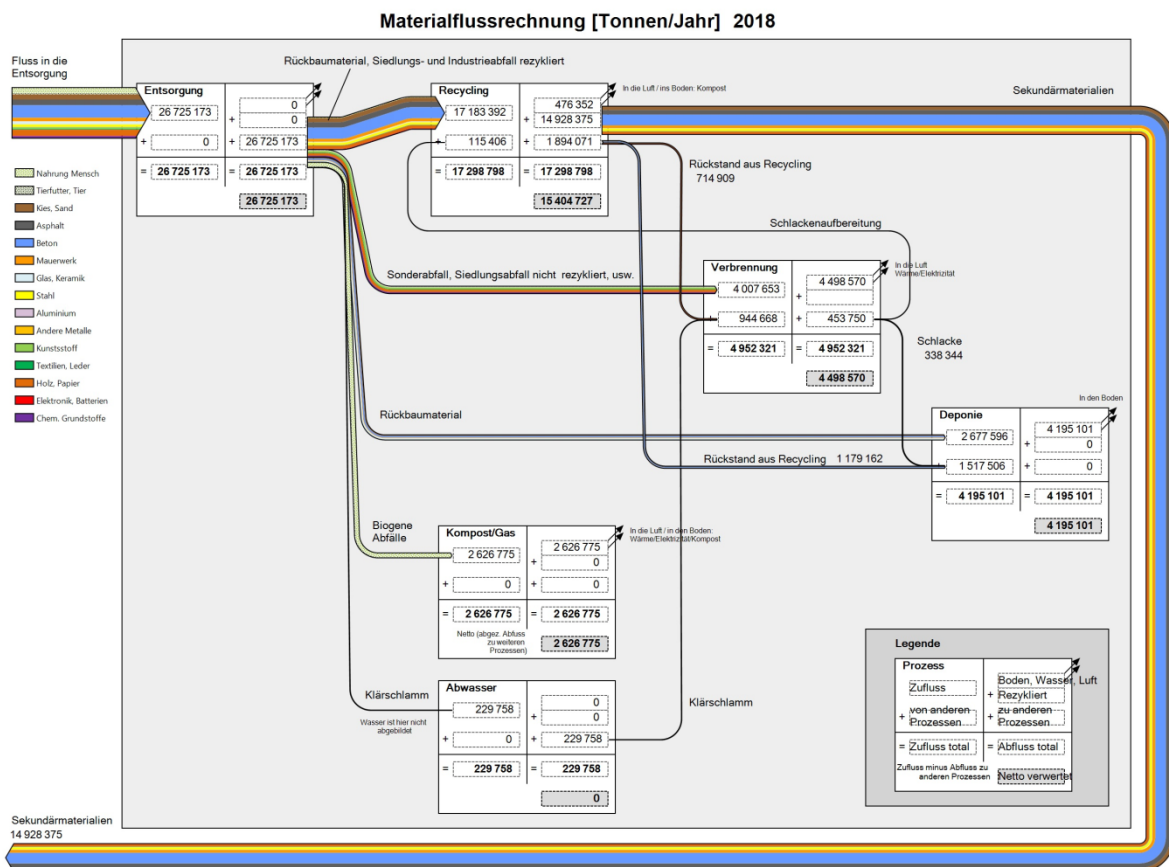


Abbildung A-1: Die Wege des Abfalls in der Entsorgung.

Zum besseren Verständnis wurden die detaillierten Flüsse für jede Materialkategorie vereinfacht auf vier Entsorgungspfade Recycling, Verbrennung, Deponie und Kompost/Biogas zusammengefasst, dargestellt in Abbildung A-2.

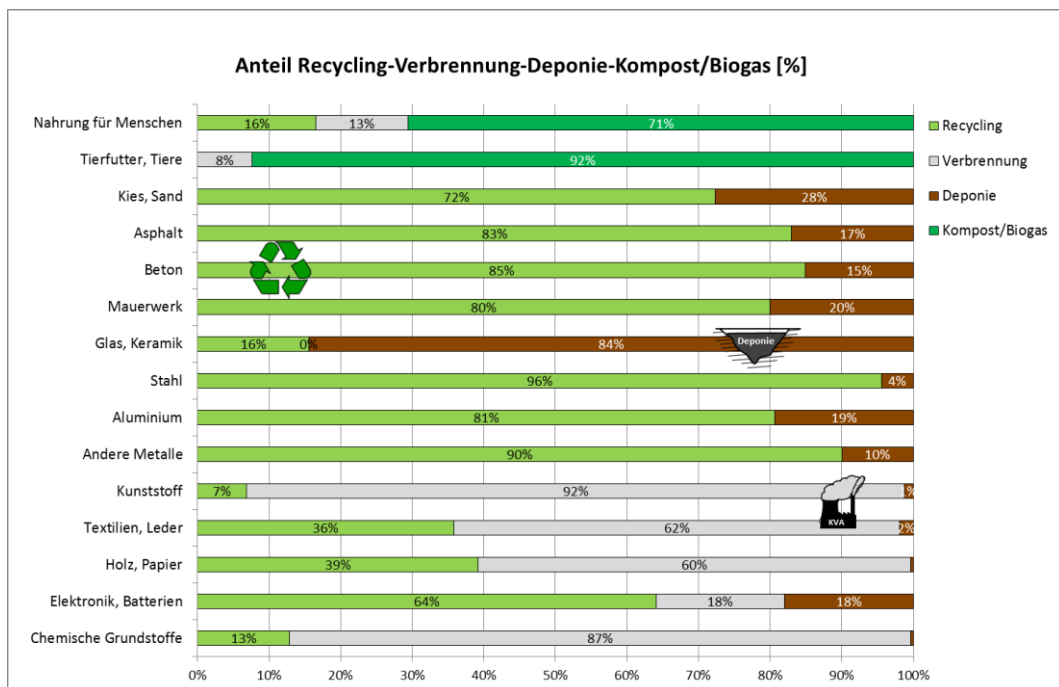


Abbildung A-2: Prozentuale Aufteilung (Transferkoeffizienten) der Materialkategorien auf vier mögliche Entsorgungspfade. Aggregation aus der drei Berichten.

Die zu entsorgenden Massen in den verschiedenen Materialkategorien variieren stark. Die Abbildung A-3 zeigt das Verhältnis der jährlich konsumierten Massen (schraffiert, weiss) zu den in die Entsorgung gelangenden Massen (farbig) sowie die Massenanteile in die Entsorgungspfade gemäss Transferkoeffizienten aus Abbildung A-2. Aushub ist in der Darstellung nicht inbegriffen da er nicht entsorgt, sondern eher nur lokal verschoben wird.

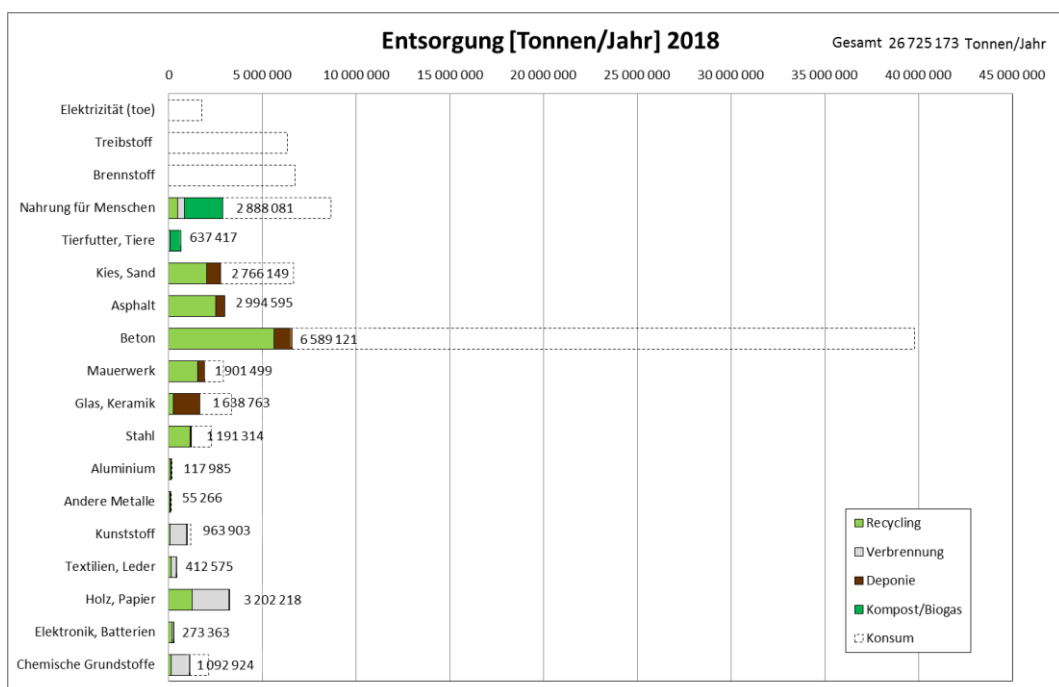


Abbildung A-3: Entsorgung von Materialien in verschiedene Entsorgungswege (farbig) mit Verhältnis zu den jährlich konsumierten Massen (weiss schraffiert).

A VI Resultate nach Materialkategorien

Konsum (DMC) in Tonnen pro Jahr

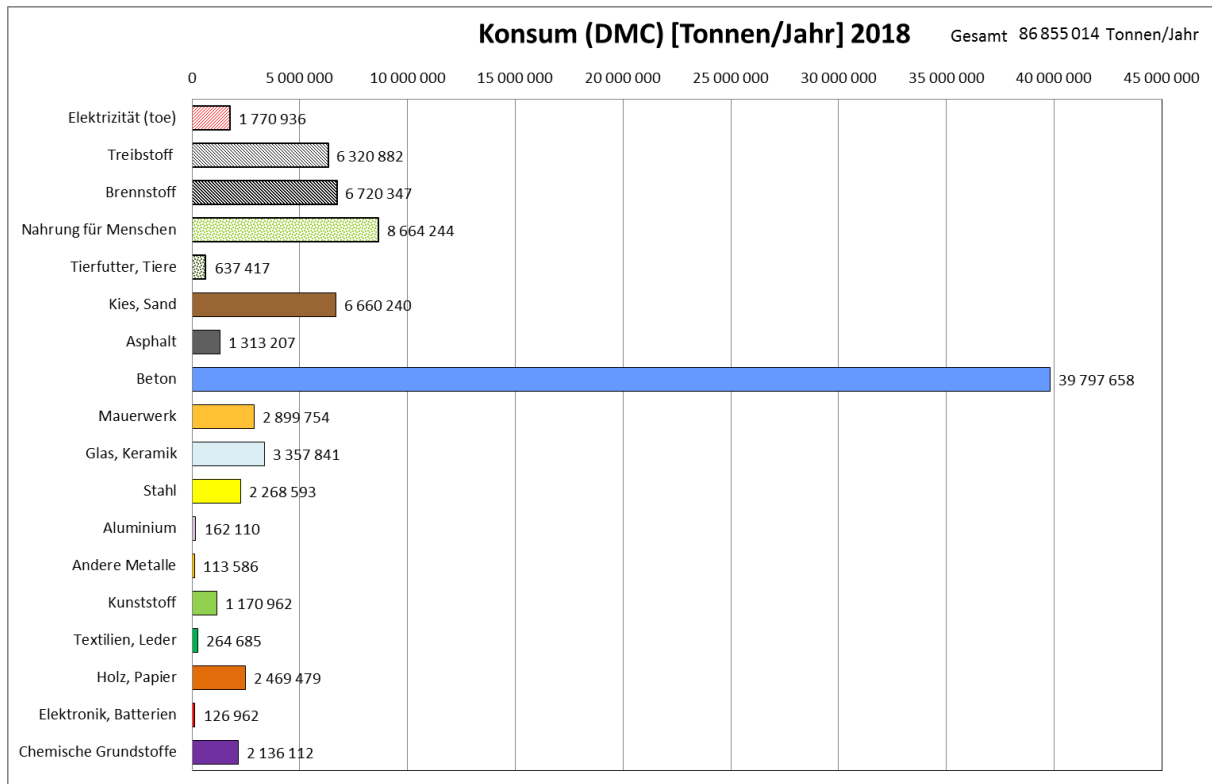


Abbildung A-4: Konsum (DMC) von Materialien pro Jahr.

Lagermasse in Tonnen

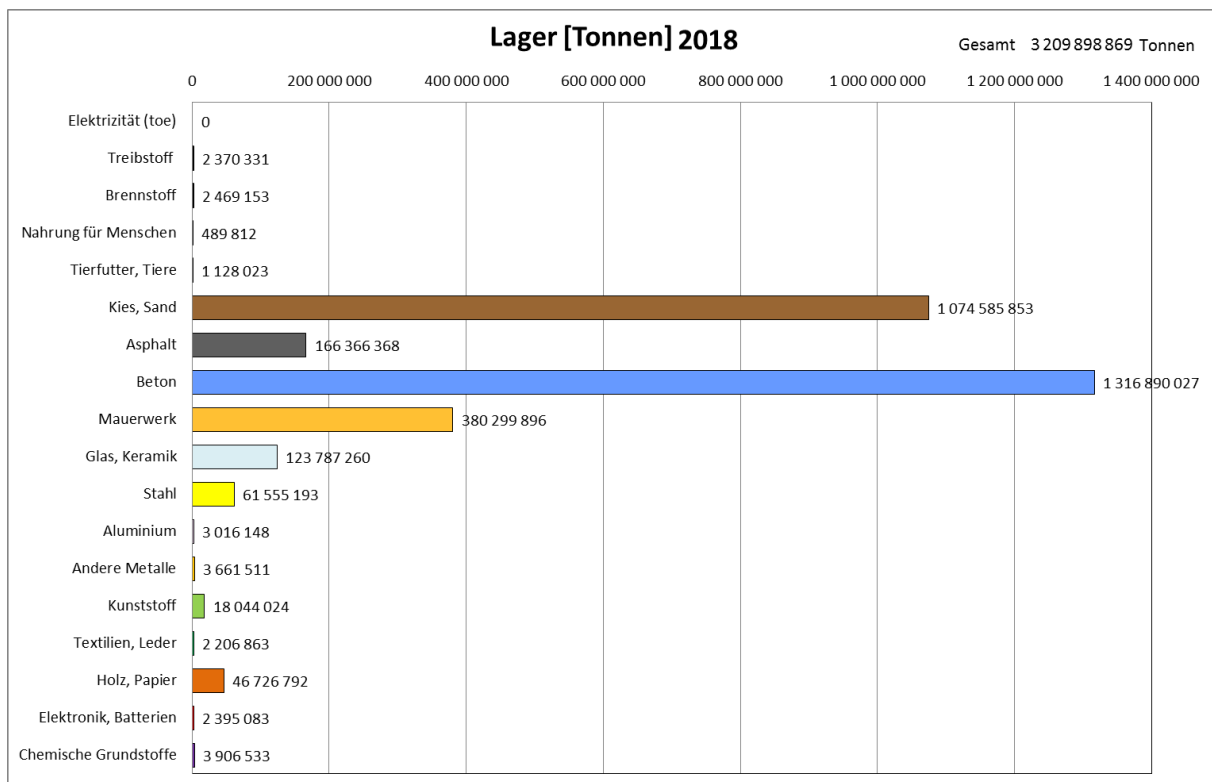


Abbildung A-5: Materialmassen im Lager für 2018.

In die Entsorgung gelangende Massen in Tonnen pro Jahr

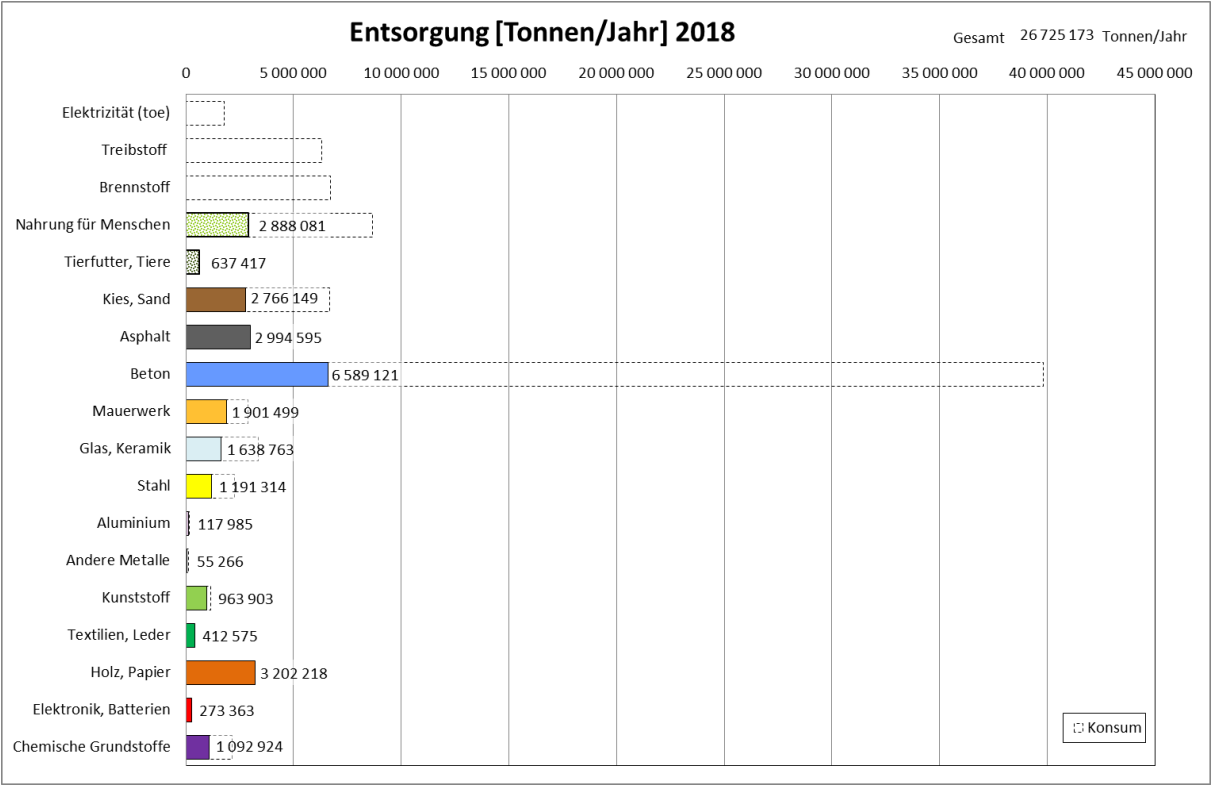


Abbildung A-6: In die Entsorgung gelangender Materialanteil (farbig) mit Verhältnis zur jährlich konsumierten Masse (weiss schraffiert).

Umweltbelastungen durch Konsum

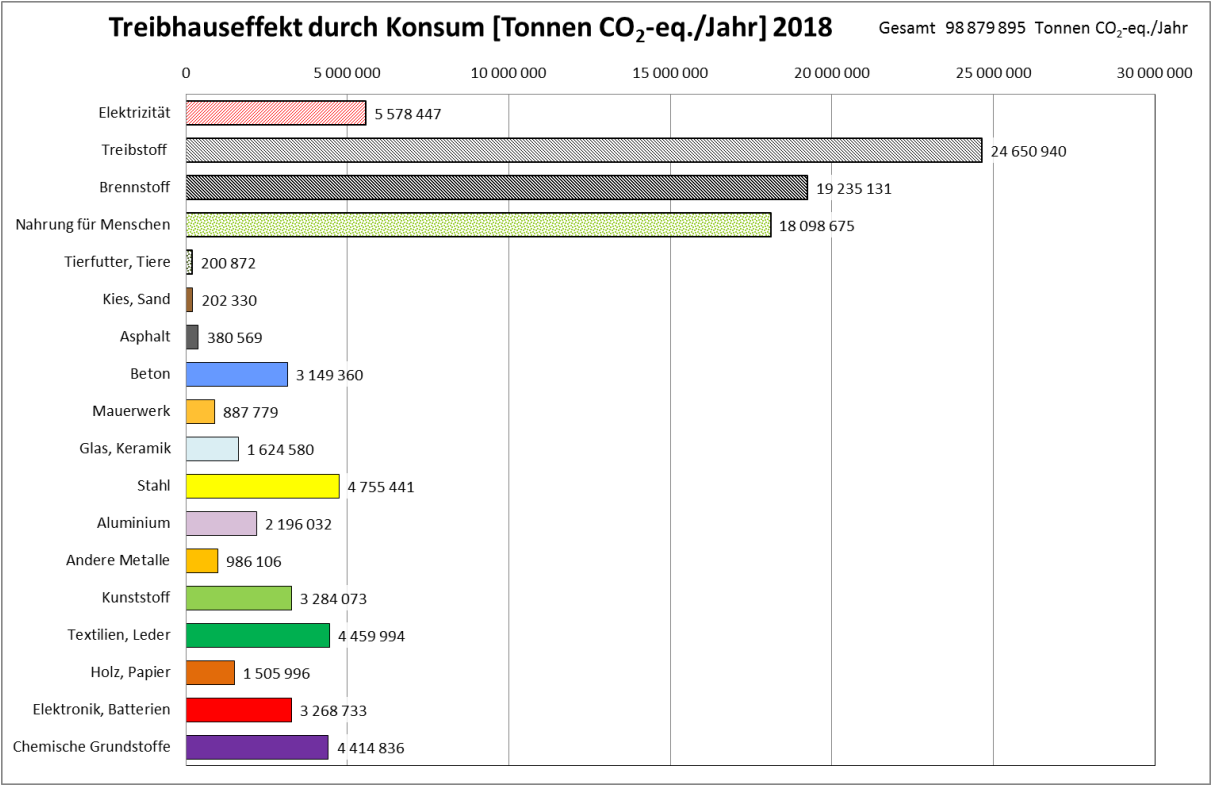


Abbildung A-7: Treibhauseffekt durch Konsum differenziert nach Materialkategorien.

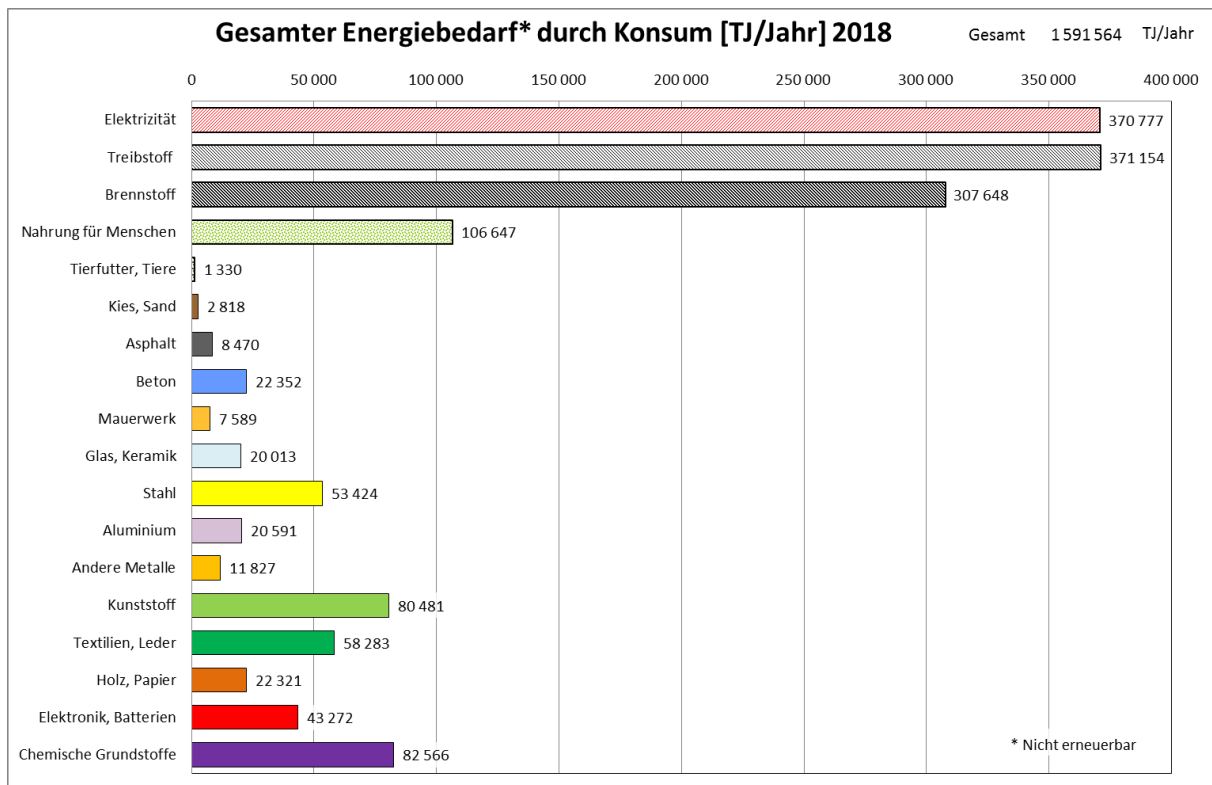


Abbildung A-8: Gesamter Energiebedarf (nicht erneuerbar) durch Konsum nach Materialkategorien.

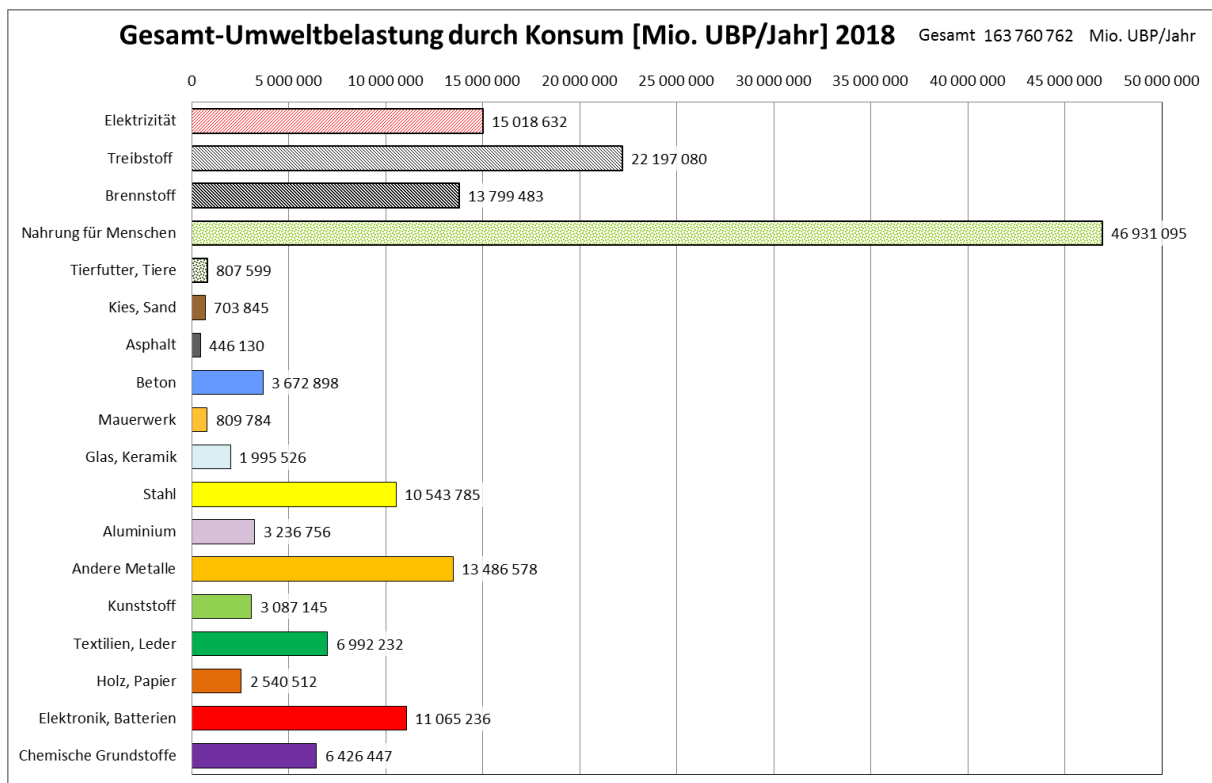


Abbildung A-9: Gesamt-Umweltbelastung durch Konsum nach Materialkategorien.

A VII Verhaltens-Archetypen aus Frömelt et al. (2018) im Detail

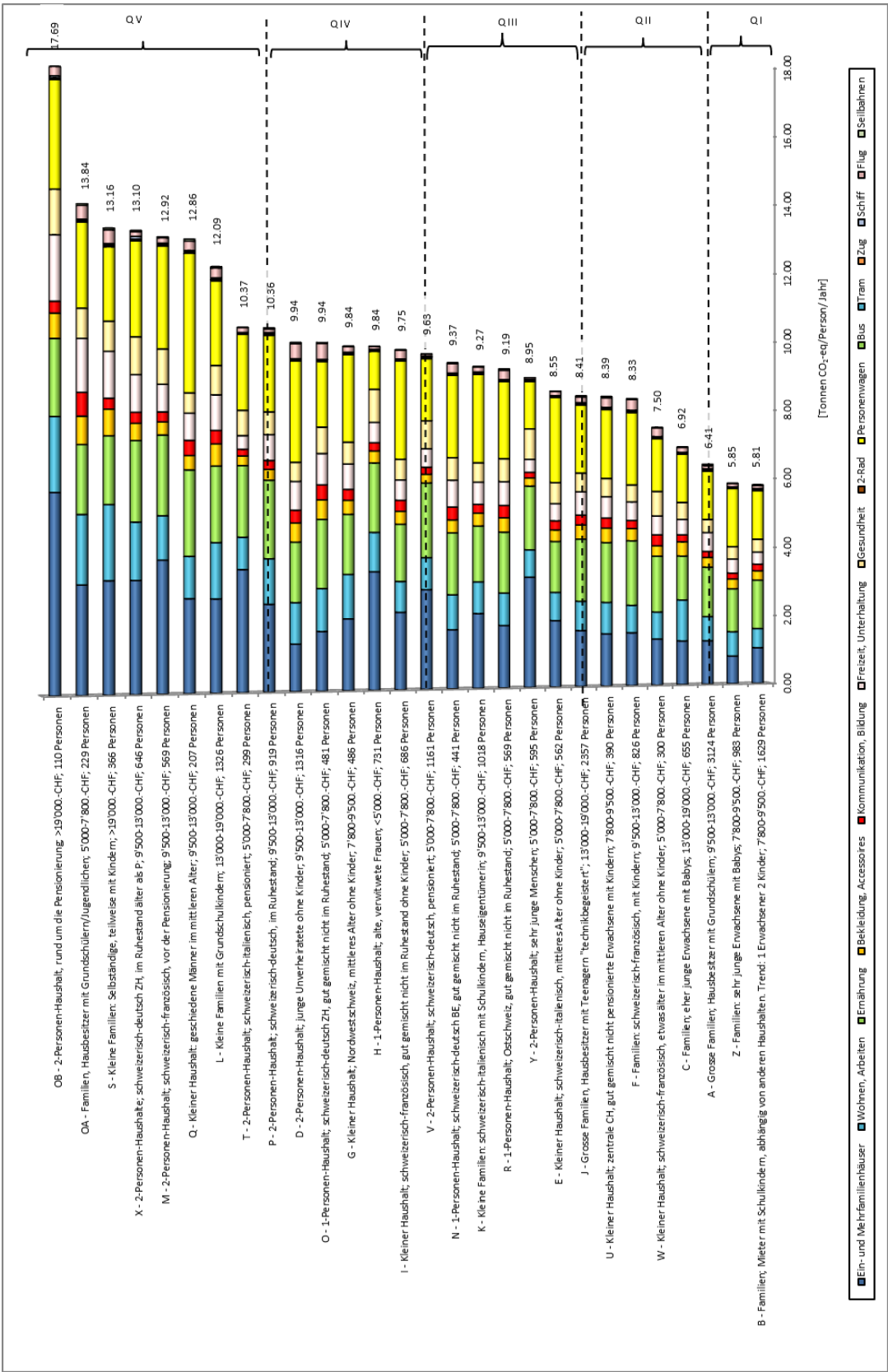


Abbildung A-10: Die 28 Verhaltens-Archetypen von (Frömelt, Dürrenmatt, und Hellweg 2018b). Die Treibhausgasemissionen pro Person weichen aufgrund von Abrundungen leicht von den ursprünglichen Zahlen ab. Schraffiert: Visualisierung der Aufteilungen in fünf Quintile gemäss MatCH.

A VIII Vergleich mit anderen Quellen

Das BFS sammelt Statistiken über die inländische Gewinnung, Importe, Exporte und DMC von Materialien. In Abbildung A-11 werden die fünf Haupt-Materialkategorien des BFS²⁴ mit den MatCH-Synthese Resultaten für den Konsum DMC verglichen. Der Grafik zeigt eine gute Überstimmung der Resultate. Bei Abbildung A-12 wurden die vier Flüsse (inländische Gewinnung, Import, Export und DMC) und ihre Aufteilung in Materialkategorien analysiert. Auch hier ist die Überstimmung gut, Unterschiede zwischen die Materialkategorien können erklärt werden, da in STAT-TAB Produkte²⁵ aus der Swiss-Implex Datenbank auf einen einzigen Hauptmaterialbestandteil reduziert werden, was die Datenqualität reduziert.

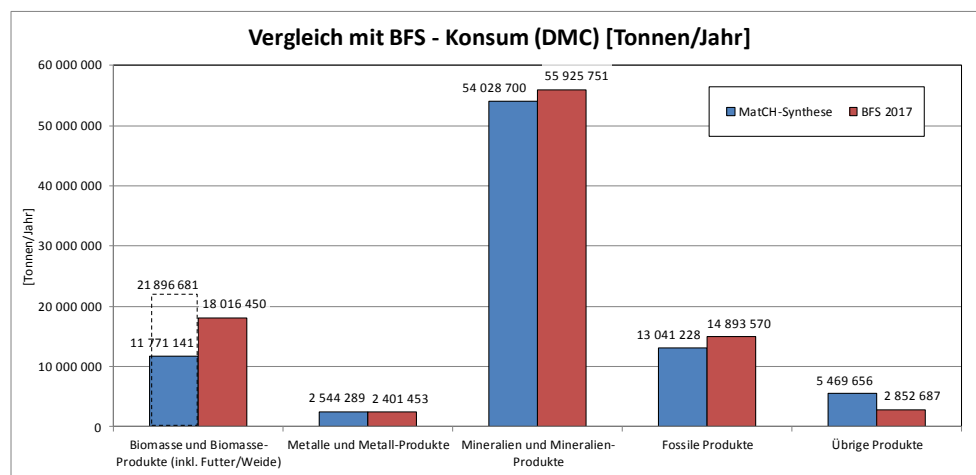


Abbildung A-11: Vergleich Konsum (DMC) mit BFS (Materialflüsse in der Schweiz 2017). Weiss schraffiert: Biomassekonsum MatCH inkl. Futter/Weide.

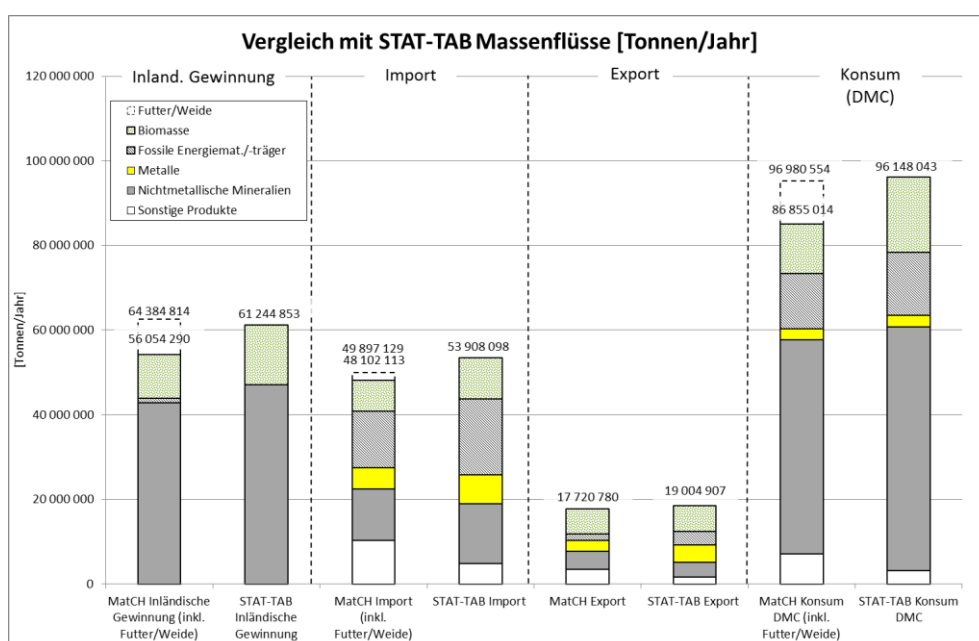


Abbildung A-12: Vergleich Massenflüsse mit STAT-TAB 2016. Weiss schraffiert: Inkl. Futter/Weide.

²⁴ <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/umweltgesamtrechnung/materialfluesse.assetdetail.5671635.html>.

²⁵ https://www.pxweb.bfs.admin.ch/pxweb/de/px-x-0204000000_101/-/px-x-0204000000_101.px.

Ein Vergleich der Umweltbelastungen konnte mit einzelnen Studien aus Abbildung 1-3 vorgenommen werden (siehe Tabelle A-4).

	Titel	Autoren	Teil	Bemerkung
[5]	Materialflussrechnung für die Schweiz	(N. Jungbluth, Stucki, and Leuenberger 2011)	Alle	Berechnungen abgeleitet aus Input-Output Tabellen und finanziellen Daten.
[10]	Entwicklung der weltweiten Umweltauswirkungen der Schweiz - Umweltbelastung von Konsum und Produktion von 1996 bis 2011	(Frischknecht et al. 2014)	Alle	Aktualisierter Bericht von (N. Jungbluth, Stucki, and Leuenberger 2011).
[13]	Umwelt-Fussabdrücke des Schweizer Konsums - Zeitlicher Verlauf 1996 bis 2015	(Frischknecht et al. 2018)	Alle	Aktualisierter Bericht von (Frischknecht et al. 2014).

Tabelle A-4: Übersicht der in der Studie für den Vergleich verwendeten Publikationen. Die Nummerierung in der ersten Kolonne bezieht sich auf Abbildung 1-3.

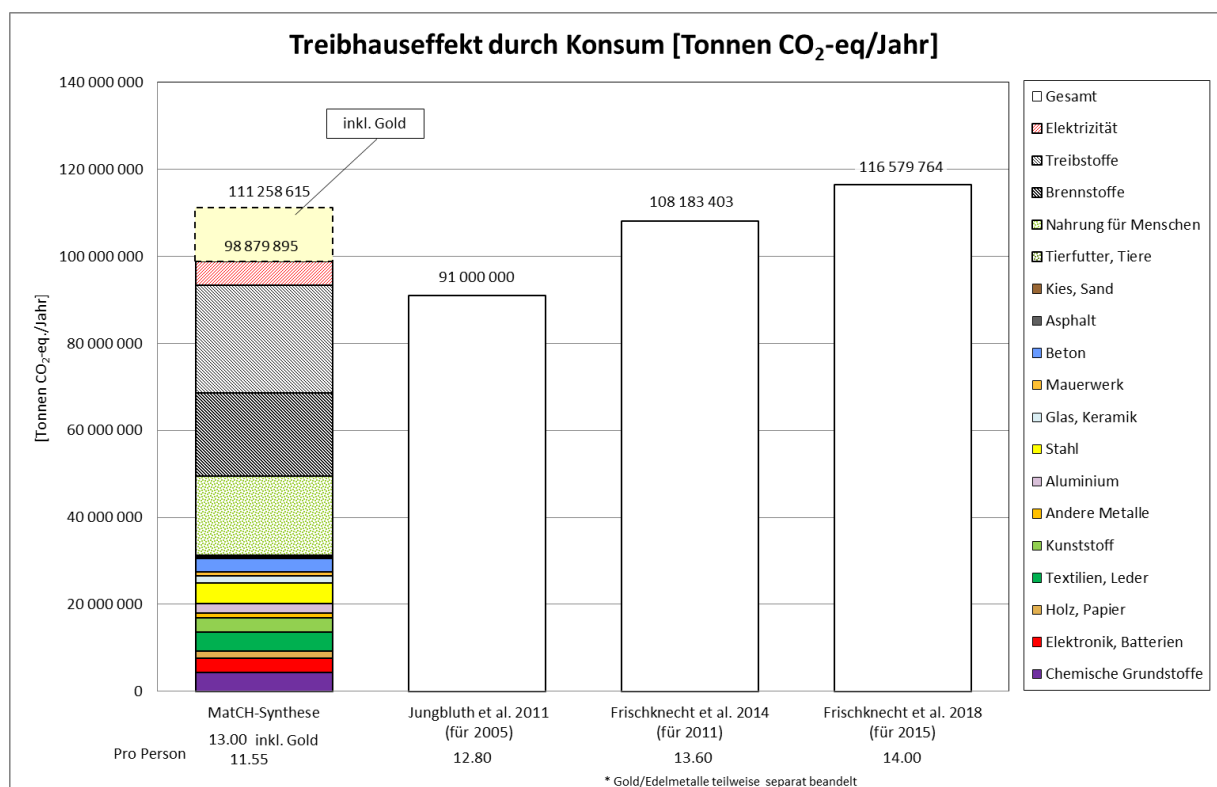


Abbildung A-13: Vergleich des Treibhauseffekts durch den Konsum (DMC) in der Schweiz mit anderen Studien.

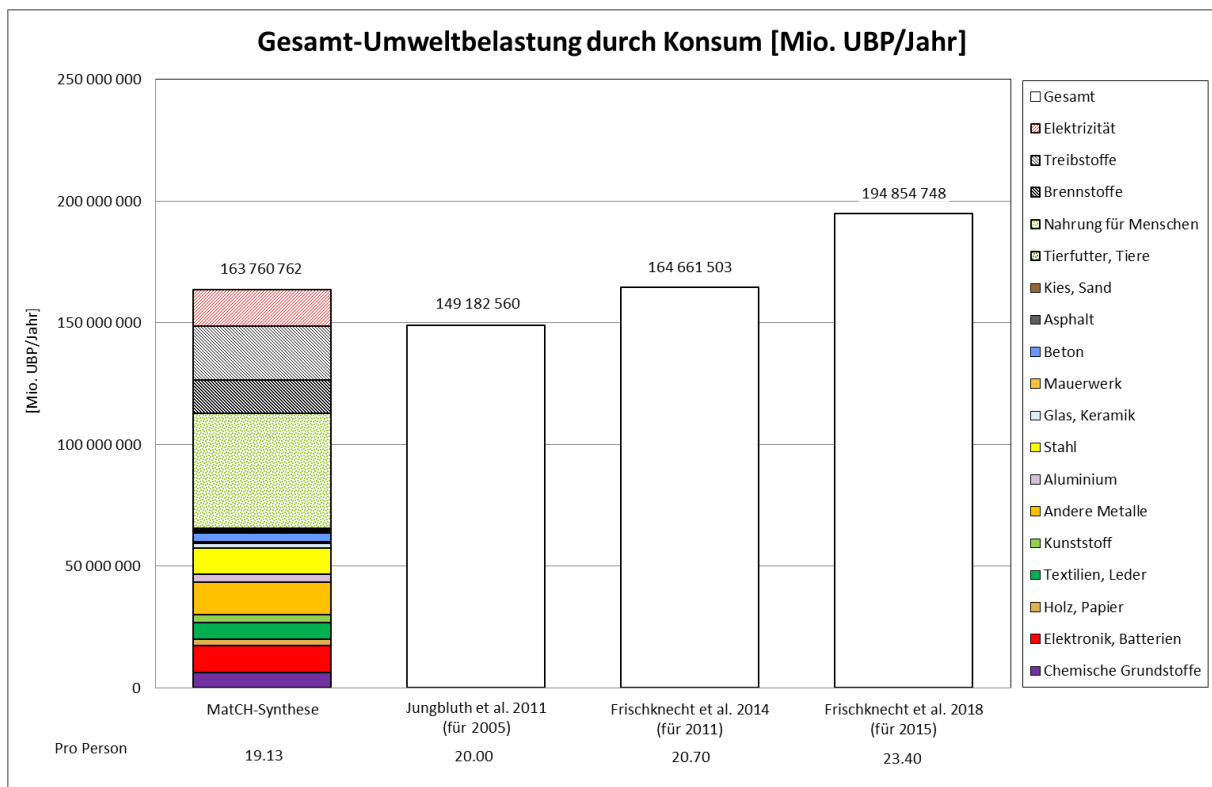


Abbildung A-14: Vergleich der Gesamten Umweltbelastung durch den Konsum (DMC) in der Schweiz mit anderen Studien.

Obwohl in der vorliegenden Studie eine vereinfachte Ökobilanz angewandt wurde, stimmen die Grössenordnungen mit der Studie von (Frischknecht et al. 2018) überein. Die höheren Werte für den Treibhauseffekt und die Gesamt-Umweltbelastung bei Frischknecht et al. stammen zum grossen Teil von einem zusätzlichen Multiplikationsfaktor, welcher zusätzliche Erwärmungseffekte durch stratosphärische Emissionen von Flugzeugen berücksichtigt. Gemäss technischem Bericht zu (Frischknecht et al. 2018) beträgt der Faktor 1.95.

