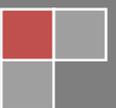


2017

Projekt MatCH - Mobilität

Material- und Energieressourcen sowie Umweltauswirkungen der Mobilität Schweiz



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

Marcel Gauch, Cecilia Matasci, Ingrid Hincapié, Heinz Böni

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

Zusammenfassung

Um die Effizienz des Verbrauchs von Materialressourcen in der Schweiz zu ermitteln, sollen im Rahmen des Projektes MatCH die Materialströme in der schweizerischen Volkswirtschaft auf Stufen einzelner Konsumbereiche dargestellt werden. Damit soll eine Grundlage geschaffen werden, um die Materialeffizienz über eine gewisse Zeitspanne beurteilen und mittels Szenarien künftige Entwicklungen abschätzen zu können. Dabei sollen „hot-spots“, insbesondere Potentiale zur Rückführung von Stoffen in eine Kreislaufwirtschaft, ermittelt und Massnahmen abgeleitet werden können.

Der vorliegende Bericht „Material- und Energieressourcen sowie Umweltauswirkungen der Mobilität Schweiz“ deckt den gesamten Verkehr der Schweiz ab (Strassen-, Schienen-, Schiff-, Flugverkehr und Sonstiges). Damit die Verkehrsmittel eingesetzt werden können, benötigen sie eine Infrastruktur wie Strassen und Schienen. Diese Infrastruktur wurde im Bericht ‚MatCH – Bau‘ „Material- und Energieressourcen sowie Umweltauswirkungen der baulichen Infrastruktur der Schweiz“ (Gauch u. a. 2016) erfasst und dargestellt.

Bei der Festlegung der momentan vorhandenen Materialien im Mobilitätsbereich Schweiz (Startwert für die Modellierung der Lagermasse) wurde für die Materialzusammensetzung ein bottom-up Ansatz mit 78 verschiedenen Verkehrsmitteln benutzt. Für alle Verkehrsmittel wurde die Materialzusammensetzung bestimmt. Bei der Anzahl der Fahrzeuge wurde vorwiegend auf Daten des Bundesamtes für Statistik zurückgegriffen. Zur einfacheren Übersicht wurden die 78 Unterkategorien zu 12 Hauptkategorien zusammengefasst.

Der Materialzufluss und Abfluss in die "Mobilität Schweiz" in Form von diversen Verkehrsmitteln wurde aufgrund von Stückzahlen, welche mit den individuellen Materialzusammensetzungen multipliziert wurden, bestimmt. Die resultierenden Materialflüsse halten den Mobilitätsbereich Schweiz intakt (abhängig von der Lebens- bzw. Nutzungsdauer der Fahrzeuge) und erweitern/verkleinern ihn in Abhängigkeit von der konjunkturellen Situation.

Mit dem gewählten Modell-Ansatz konnten die Materialflüsse erfasst und übersichtlich dargestellt werden. Es kann jedoch kein Anspruch auf präzise und widerspruchsfreie Zahlen erhoben werden, weil verschiedene Datenquellen in sich nicht konsistent sind.

Zusammensetzung des ‚Mobilitätslagers Schweiz‘

Die unten angefügten Abbildungen zeigen die Auswertung für die Lagermasse im Jahr 2016 pro Material- und pro Mobilitätskategorie. Insgesamt beträgt die Gesamtmasse der Mobilität Schweiz ca. 11 Mio. Tonnen, wobei Stahl mit ca. 7 Mio. Tonnen deutlich dominiert. Unterscheidet man nach Fahrzeugkategorien wird sichtbar, dass die Personenwagen mit ca. 7 Mio. Tonnen fast $\frac{2}{3}$ der gesamten mobilen Masse bilden.

Verglichen mit den über 1000 Mio. Tonnen an verbauter Strassen- und Schieneninfrastruktur (MatCH – Bau) beträgt der Anteil der Fahrzeuge an der kompletten Mobilitäts-Infrastruktur der Schweiz etwa 1%. Dies bedeutet, dass 1 Tonne Mobilität (Verkehrsmittel) im Schnitt ca. 100 Tonnen Infrastruktur benötigt.

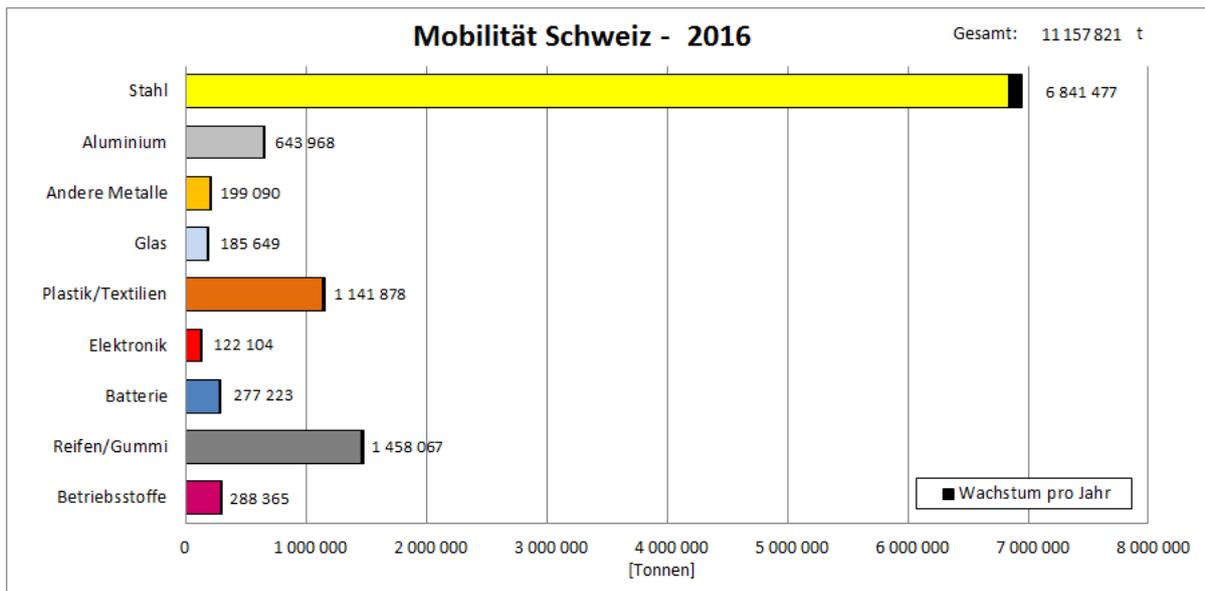


Abbildung: Lagermassen der Mobilität Schweiz 2016 nach Materialkategorien.

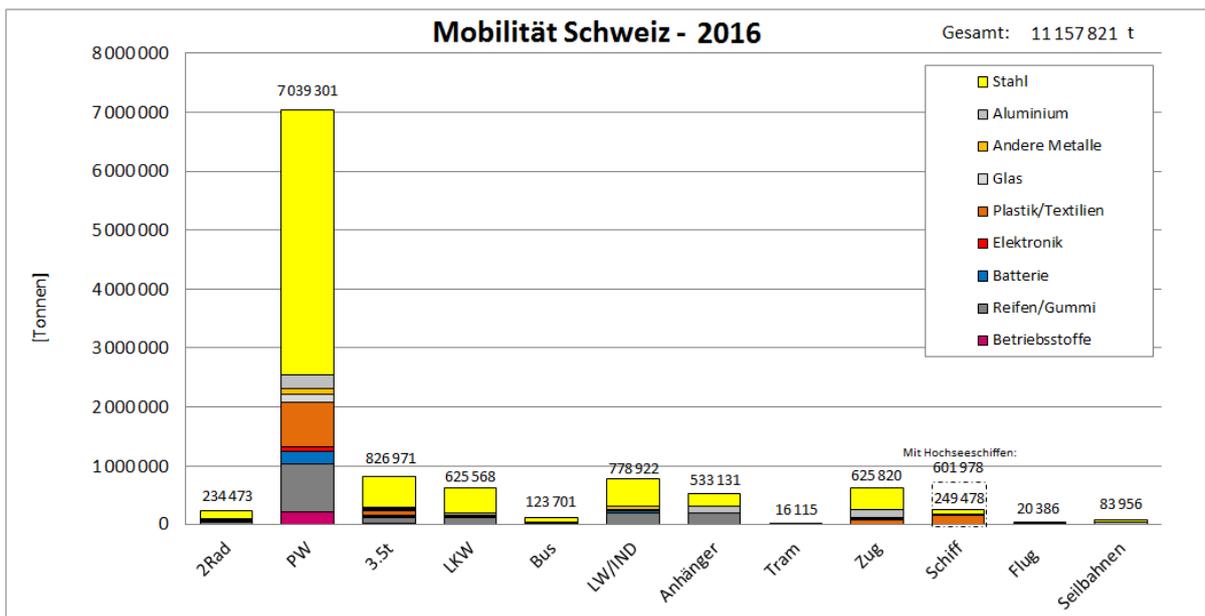


Abbildung: Materialien pro Mobilitätskategorie in der Schweiz im Jahr 2016. Hochseeschiffe wurden nicht näher betrachtet (Zahlenangabe als Grössenordnung).

Materialflussrechnung für die 'Mobilität Schweiz'

Zusätzlich zu den Materialmassen in der Mobilität Schweiz wurde ermittelt, welche Energiemassen nötig sind, um diese zu betreiben. Der Energiebedarf wurde analog zum Materialbedarf mit einem bottom-up Ansatz für 78 Mobilitätskategorien berechnet. Die Energieträger (wie Benzin, Diesel, Elektrizität) wurden in Öl-Äquivalente umgerechnet, was eine gemeinsame Darstellung von Materialien und Energie in Form von Massenflüssen ermöglicht.

Die Abbildung zeigt die Materialien, welche jährlich in Form von Neufahrzeugen in die Mobilität Schweiz einfließen. Aus dem Lager, d.h. dem Total aller Fahrzeuge (in Sinne sämtlicher Verkehrsmittel), wird jedes Jahr ein beträchtlicher Anteil als Gebrauchtfahrzeuge verkauft und wieder eingesetzt. Ein Teil der Fahrzeuge verlässt – meist aus Altersgründen – das System ‚Mobilität Schweiz‘ und gelangt zu ähnlichen Teilen entweder in die Entsorgungskette in der Schweiz oder wird als Gebrauchtfahrzeug im Ausland weiter eingesetzt. Der Verbleib eines erstaunlich hohen Anteils der Fahrzeuge ist unbekannt, vermutet wird der Abfluss ins Ausland ohne De-Registrierung in der Schweiz.

Interessant sind die Grössenordnungen des Energieflusses (in Öl-Äquivalenten) für den Betrieb aller Fahrzeuge und der dadurch resultierende Massenfluss an CO₂-Emissionen, welcher etwa das Doppelte der Masse sämtlicher Fahrzeuge in der Schweiz ausmacht.

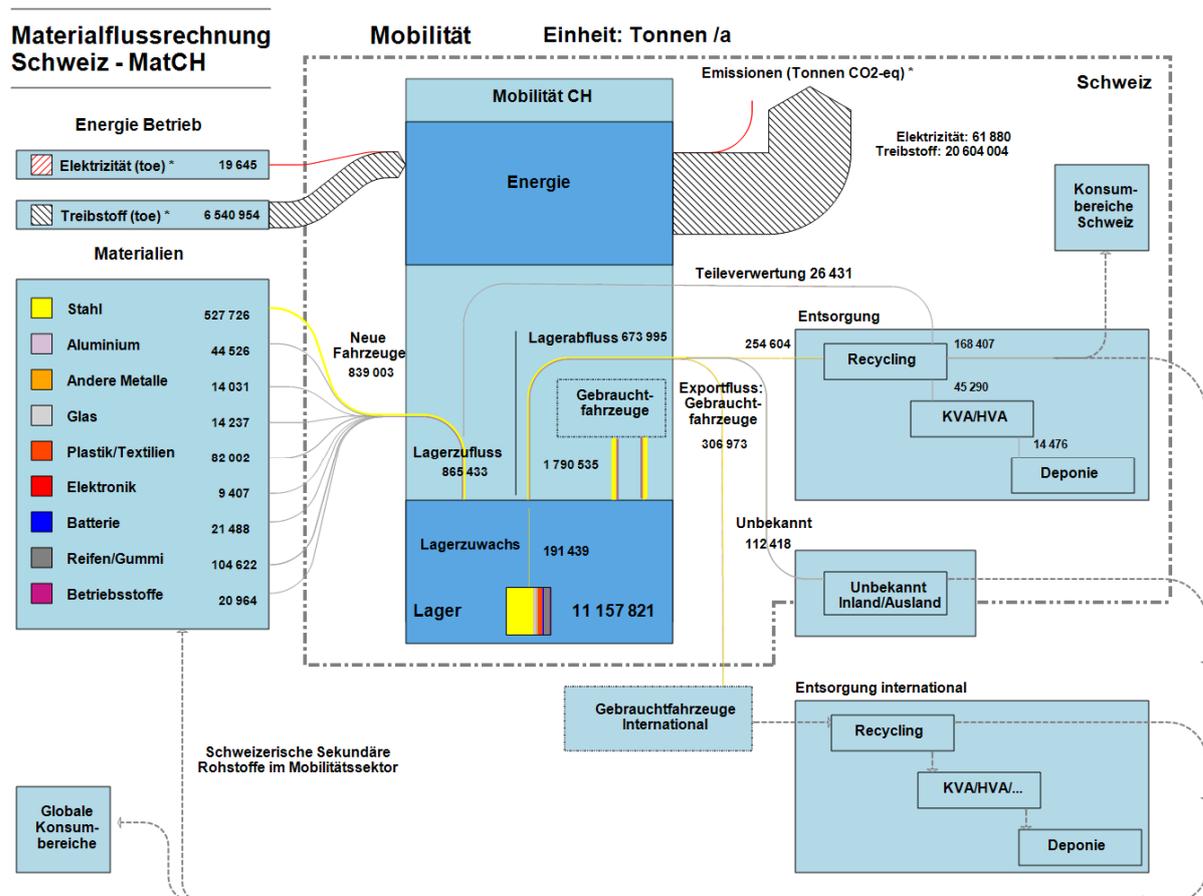


Abbildung: Übersicht der Material- und Energieflüsse im Mobilitätsbereich der Schweiz 2016.
 * Energieflüsse für den Betrieb der Fahrzeuge (reine Nutzungsphase ohne vorgelagerte Prozesse) werden dargestellt als Tonnen Öl-Äquivalente (toe).
 Schraffierte Pfeile (Entsorgungsflüsse im Ausland) werden in dieser Studie nicht näher betrachtet.

Umweltauswirkungen durch den Material- und Energiebedarf

Die Massenflüsse wurden mit einer vereinfachten Ökobilanz auf ihre Umweltrelevanz hin untersucht. Betrachtet man nicht nur Massenflüsse, sondern die damit verbundenen Umweltauswirkungen (Treibhauseffekt, nicht erneuerbarer gesamter Energiebedarf, Gesamt-Umweltbelastung) wird deutlich, dass die Verbrennung von Treibstoffen auch bei den drei Indikatoren der Umweltbelastung weitaus die grösste Umweltauswirkung verursacht. Bei den Materialien zeigen die Metalle (Stahl, Aluminium und weitere) sowie die Elektronik die grösste Gesamtumweltbelastung. Die übrigen Materialien haben mit Ausnahme der Batterien eine vergleichsweise geringe Umweltauswirkung.

| 2016 | Massenfluss | | Umweltauswirkungen | | | | | |
|--------------------------------|------------------|---------------|------------------------------|---------------|---------------------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------|
| | Importfluss | | Treibhauseffekt ¹ | | Gesamter Energiebedarf ^{1,2} | | Gesamt-Umweltbelastung ¹ | |
| | Tonnen/a | Prozentsatz | Tonnen CO ₂ -eq/a | Prozentsatz | TJ/a | Prozentsatz | Mio. UBP/a | Prozentsatz |
| Elektrizität (toe) * | 19 645 | 0.3% | 61 880 | 0.2% | 12 611 | 2.8% | 367 423 | 1.2% |
| Treibstoff (toe) * | 6 540 954 | 88.4% | 26 345 647 | 89.8% | 397 410 | 87.8% | 23 269 047 | 74.7% |
| Stahl | 527 726 | 7.1% | 1 224 191 | 4.2% | 13 209 | 2.9% | 2 365 441 | 7.6% |
| Aluminium | 44 526 | 0.6% | 540 660 | 1.8% | 4 925 | 1.1% | 671 169 | 2.2% |
| Andere Metalle | 14 031 | 0.2% | 200 091 | 0.7% | 2 443 | 0.5% | 1 574 313 | 5.1% |
| Glas | 14 237 | 0.2% | 15 018 | 0.1% | 178 | 0.0% | 16 174 | 0.1% |
| Plastik/Textilien | 82 002 | 1.1% | 175 098 | 0.6% | 6 205 | 1.4% | 146 894 | 0.5% |
| Elektronik | 9 407 | 0.1% | 399 228 | 1.4% | 5 045 | 1.1% | 1 331 061 | 4.3% |
| Batterie | 21 488 | 0.3% | 37 009 | 0.1% | 555 | 0.1% | 762 180 | 2.4% |
| Reifen/Gummi | 104 622 | 1.4% | 305 300 | 1.0% | 8 686 | 1.9% | 457 272 | 1.5% |
| Betriebsstoffe | 20 964 | 0.3% | 42 498 | 0.1% | 1 548 | 0.3% | 206 559 | 0.7% |
| Total Energie | 6 560 598 | 88.7% | 26 407 527 | 90.0% | 410 020 | 90.5% | 23 636 469 | 75.8% |
| Total Materialien | 839 003 | 11.3% | 2 939 092 | 10.0% | 42 795 | 9.5% | 7 531 064 | 24.2% |
| Total Mobilität Schweiz | 7 399 601 | 100.0% | 29 346 619 | 100.0% | 452 815 | 100.0% | 31 167 534 | 100.0% |

¹ Inklusive vorgelagerte Prozesse und Nutzung

² Nicht erneuerbar

Tabelle: Jährlicher Zufluss an Energie und Materialien in den Mobilitätsbereich Schweiz 2016 mit damit verbundenen Umweltauswirkungen (toe: Tonnen Öl-Äquivalente). Die Umweltauswirkungen schliessen Produktion und Transport mit ein.
* Der Massenfluss der Energieträger bezeichnet den reinen Verbrauch für die Fahrzeugnutzung (ohne Vorkette der Energieproduktion).

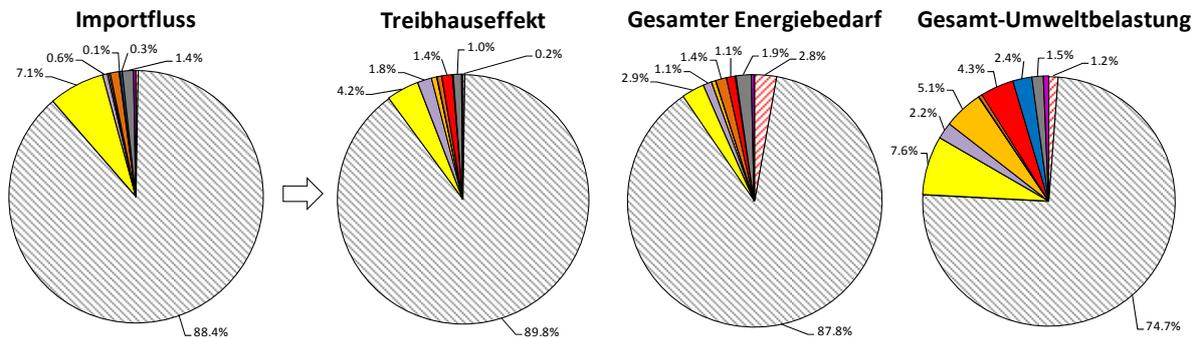


Abbildung: Anteile verschiedener Materialien am Energie- und Materialfluss bzw. den daraus entstehenden Umweltauswirkungen in drei Kategorien.

Sowohl beim jährlichen Materialzufluss in das System 'Mobilität Schweiz' als auch bei den Umweltauswirkungen dominiert der Treibstoff.

Wichtigste Erkenntnisse:

- Die Gesamtmasse aller Mobilitätsträger in der Schweiz („Mobilität Schweiz“) beträgt ca. 11 Mio. Tonnen. Die jährlich benötigte Masse an Energieträgern für den Betrieb der Flotte hat mit 6.56 Mio. Tonnen einen Anteil von 60% der Gesamtmasse.
→ Im Durchschnitt werden pro Tonne Fahrzeug jährlich 0.6 Tonnen an Treibstoff benötigt, dessen Herstellung und Verbrennung 2.4 Tonnen an CO₂-Äquivalenten verursacht.
- Der gesamte jährliche Importfluss beträgt 7.4 Mio. Tonnen, davon entfallen 88.7% auf Energie (6.56 Mio. Tonnen) und 11.3% (0.84 Mio. Tonnen) auf Materialien. Stahl ist hierbei das deutlich dominierende Material (7.1% der gesamten Masse, 0.53 Mio. Tonnen).
→ Die Treibstoffmasse zum Betrieb der Mobilität ist ca. 8-fach höher als die Masse an Materialien für den Erhalt und Ausbau der Flotte.
- Bei den CO₂-Emissionen (Treibhauseffekt) mit total 29.3 Mio. Tonnen CO₂-äq. gibt es eine klare Dominanz von Treibstoffen (90.0%, 26.3 Mio. Tonnen CO₂-äq). Materialien sind verantwortlich für 10.0% der Emissionen (2.94 Mio. Tonnen CO₂-äq). Stahl verursacht von allen Materialien die grössten Umweltauswirkungen (4.2% der Emissionen, 1.22 Mio. Tonnen CO₂-äq), gefolgt von Aluminium (1.8% der Emissionen, 0.54 Mio. Tonnen CO₂-äq).
- Beim nicht erneuerbaren gesamten Energiebedarf überwiegen mit 87.8% ebenfalls die Treibstoffe (0.40 Mio. TJ), an zweiter Stelle folgen praktisch gleichauf Stahl und Elektrizität mit jeweils 2.9% und 2.8% (0.013 Mio. TJ).
- Die Gesamt-Umweltbelastung der Mobilität Schweiz wird zu 75.8% durch den Energieverbrauch dominiert, der Anteil der Materialien ist mit 24.2% aber fast drei Mal so hoch wie in den anderen Umweltkategorien (Treibhausgase und gesamter Energiebedarf). Besonders die Metalle (zusammen 14.9%) verursachen beträchtliche ökologische Auswirkungen. Die Elektronik hat trotz des geringen Massenanteils von 0.1% einen deutlichen Anteil von 4.3% an der Gesamt-Umweltbelastung.
- Obwohl der grösste Teil des öffentlichen Verkehrs elektrisch betrieben wird, ist die Gesamt-Umweltbelastung durch die Elektrizität mit 1.2% gering.

In der Studie konnten Resultate der Modellierungen mit Daten des Bundesamtes für Statistik (BFS), der eidgenössischen Zollverwaltung (EZV)¹ und den Bundesämtern für Energie (BFE) und Umwelt (BAFU) verglichen werden, wobei sich gute Übereinstimmungen ergaben.

¹ <http://www.ezv.admin.ch/>

Inhalt

| | |
|---|-----------|
| Verzeichnis der Abbildungen | 7 |
| Verzeichnis der Tabellen | 9 |
| Begriffe | 11 |
| Abkürzungen | 14 |
| 1 Einleitung | 16 |
| 1.1 Motivation und Zielsetzung | 16 |
| 1.2 Umsetzungskonzept MatCH | 17 |
| 1.3 Systemaufbau..... | 18 |
| 1.4 Datengrundlagen..... | 20 |
| 1.5 Darstellung der Resultate | 22 |
| 2 Grundlagen | 23 |
| 2.1 Kategorisierungen | 23 |
| 2.2 Umweltauswirkungen | 27 |
| 3 Methodischer Ansatz | 29 |
| 3.1 Massenflüsse (Systemübersicht)..... | 29 |
| 3.2 Lagermasse | 30 |
| 3.3 Lagerzuwachs..... | 31 |
| 3.4 Gebrauchtfahrzeuge - Direktverwertung | 32 |
| 3.5 Lagerabfluss..... | 33 |
| 3.6 Export | 34 |
| 3.7 Fluss 'Unbekannt' | 35 |
| 3.8 Fluss in Entsorgung..... | 36 |
| 3.9 Teileverwertung..... | 36 |
| 3.10 Entsorgung und Aufbereitung zu Sekundärmaterial..... | 37 |
| 3.11 Lagerzufluss | 39 |
| 3.12 Importfluss | 40 |
| 3.13 Energiefluss | 40 |
| 4 Resultate | 43 |
| 4.1 Zusammensetzung des Lagers 2016..... | 43 |
| 4.2 Modellierung der Materialflüsse 2016 | 46 |
| 4.3 Modellierung der Umweltbelastungen 2016..... | 48 |
| 4.4 Diskussion: Materialflüsse und Umweltbelastungen | 54 |
| 5 Vergleich mit anderen Quellen | 56 |
| 5.1 Möglichkeiten des Vergleichs..... | 56 |
| 5.2 Vergleich der Materialflüsse mit anderen Quellen..... | 56 |
| 5.3 Vergleich der Energieflüsse mit anderen Quellen | 58 |
| 5.4 Vergleich der Treibhausgasemissionen mit BAFU (BAFU 2016a)..... | 62 |
| 6 Schlussfolgerungen und Ausblick | 64 |
| 6.1 Modellierung..... | 64 |
| 6.2 Verbesserung der Datengrundlagen | 65 |
| 6.3 Modellierung von Zukunftsszenarien..... | 65 |
| 7 Literaturverzeichnis | 66 |
| Anhang | 68 |
| A I Entsorgung/Recycling im Mobilitätsbereich..... | 68 |
| A II Datenvergleich Statistiken | 72 |
| A III Datenvergleich mit BAFU..... | 73 |
| A IV Basisinformationen zu den Kategorien im Detail (Ebene 3)..... | 74 |
| A V Umweltbelastungen: Zusammenstellung der Materialkategorien ('Rezept') und Verlinkung mit Daten aus Ecoinvent v.3.2..... | 93 |

Verzeichnis der Abbildungen

| | | |
|-----------------|--|----|
| Abbildung 1-1: | Übersicht Projekt MatCH als Zusammenfassung der drei grossen Bereiche Bau, Mobilität und Konsum. | 16 |
| Abbildung 1-2: | Schematische Darstellung des Umsetzungskonzeptes, Materialfluss Schweiz. Der Fokus in diesem Bericht liegt auf dem Konsumbereich Mobilität. | 17 |
| Abbildung 1-3: | Vereinfachte Darstellung des Materiallagers und der Zu-/Abflüsse aus dem System 'Mobilität Schweiz'. | 18 |
| Abbildung 1-4: | Zusammenstellung der Hauptpublikationen und Erhebungen der Mobilität in der Schweiz mit Darstellung der gegenseitigen Verknüpfungen. | 20 |
| Abbildung 2-1: | Übersicht der in dieser Studie verwendeten Mobilitäts- und Materialkategorien (vereinfacht, ohne Energieträger). | 23 |
| Abbildung 2-2: | Visualisierung der 78 einzelnen Mobilitätskategorien (Ebene 3, Gesamtliste sowie Details im Anhang A IV) und deren rechnerische Aggregation auf 12 Hauptkategorien (Ebene 1). | 24 |
| Abbildung 3-1: | Methodischer Ansatz MatCH, schrittweise Berechnung der Massenflüsse. | 29 |
| Abbildung 3-2: | Detaillierte Darstellung der Aufteilung der Materialien im Entsorgungsprozess (in Prozent der verschiedenen Materialien). | 38 |
| Abbildung 3-3: | Aufteilung der entsorgten Materialien auf Recycling, KVA/HVA und Deponie. | 38 |
| Abbildung 4-1: | Anzahl Fahrzeuge im Jahr 2016. | 43 |
| Abbildung 4-2: | Durchschnittsgewicht der schweizerischen Fahrzeuge im Jahr 2016. | 43 |
| Abbildung 4-3: | Gesamtmasse der schweizerischen Fahrzeuge im Jahr 2016. | 43 |
| Abbildung 4-4: | Materialien pro Mobilitätskategorie in der Schweiz im Jahr 2016. Insgesamt befinden sich 11.2 Mio. Tonnen im Lager. Personenwagen PW sind eindeutig dominierend mit 7.0 Mio. Tonnen (63% der gesamten Masse). | 44 |
| Abbildung 4-5: | Lagermassen in der Mobilität Schweiz 2016 pro Materialkategorie. Zusätzlich zeigt die schwarze Schraffur den jährlichen Lagerzuwachs in den entsprechenden Materialkategorien im Verhältnis zu den Lagermassen (sichtbar praktisch nur bei Stahl). Stahl ist eindeutig dominierend mit 6.8 Mio. Tonnen (61% der gesamten Masse). | 44 |
| Abbildung 4-6: | Die Masse der Mobilität Schweiz im Verhältnis mit den verbauten Massen im Strassen- und Schienennetz aus dem Bericht MatCH – Bau 2016 (Gauch u. a. 2016). | 45 |
| Abbildung 4-7: | Material- und Energieflüsse im Mobilitätsbereich Schweiz für das Jahr 2016. Eine detaillierte Beschreibung der Flüsse und des Lagerbestands ist in Tabelle 4-1 zu finden. * Energieflüsse für den Betrieb der Fahrzeuge (reine Nutzungsphase ohne vorgelagerte Prozesse) werden dargestellt als Tonnen Öl-Äquivalente (toe). Schraffierte Pfeile (Entsorgungsflüsse im Ausland) werden in dieser Studie nicht näher betrachtet. | 46 |
| Abbildung 4-8: | Darstellung Importfluss pro Mobilitätskategorie mit Anteilen Energie (schraffiert) und Material. | 47 |
| Abbildung 4-9: | Treibhauseffekt (Tonnen CO ₂ -Äquivalente) in der Mobilität Schweiz für das Jahr 2016 inklusive der vorgelagerten Prozesse, Nutzung und Entsorgung. Eine detaillierte Beschreibung der Flüsse ist in Tabelle 4-2 zu finden. | 49 |
| Abbildung 4-10: | Gesamter Energiebedarf (TJ, inklusive Graue Energie) in der Mobilität Schweiz für das Jahr 2016 inklusive der vorgelagerten Prozesse, Nutzung und Entsorgung. Eine detaillierte Beschreibung der Flüsse ist in Tabelle 4-3 zu finden. | 50 |
| Abbildung 4-11: | Gesamt-Umweltbelastung (Mio. UBP) in der Mobilität Schweiz für das Jahr 2016 inklusive der vorgelagerten Prozesse, Nutzung und Entsorgung. Eine detaillierte Beschreibung der Flüsse ist in Tabelle 4-4 zu finden. | 51 |
| Abbildung 4-12: | Darstellung Treibhauseffekt pro Mobilitätskategorie mit Anteilen Energie (schraffiert) und Material. Energie: Emissionen durch Nutzung. | 53 |

| | | |
|-----------------|--|----|
| Abbildung 4-13: | Darstellung Gesamter Energiebedarf pro Mobilitätskategorie mit Anteilen Energie (schraffiert) und Material. Energie: Emissionen durch Nutzung..... | 53 |
| Abbildung 4-14: | Darstellung Gesamt-Umweltbelastung pro Mobilitätskategorie mit Anteilen Energie (schraffiert) und Material. Energie: Emissionen durch Nutzung..... | 53 |
| Abbildung 4-15: | Anteile der Material- und Energieflüsse sowie die damit verbundenen Umweltauswirkungen für 2016 (Farblegende: siehe Tabelle 4-5)..... | 54 |
| Abbildung 5-1: | Vergleich MatCH 2016 mit Zahlen für Import der EZV für 2014..... | 57 |
| Abbildung 5-2: | Vergleich Stahl im Lager (2016) mit (Rubli und Jungbluth 2005) (Zahlen 2002). | 57 |
| Abbildung 5-3 | Energieflussdiagramm der Schweiz im Jahr 2015 (in TJ). Originaldarstellung (BFE 2016)..... | 59 |
| Abbildung 5-4: | Vergleich CO ₂ -Emissionen mit BAFU (BAFU 2016a). | 63 |
| Abbildung A-1: | Wiederverwendungsquoten gemäss der EU-Altfahrzeug-Richtlinie (2005/2105).. | 68 |
| Abbildung A-2: | Prinzipschema Fahrzeugrecycling, Beispiel PW..... | 69 |
| Abbildung A-3: | Graphische Illustration des Entsorgungswegs für PW-Altfahrzeuge in Tonnen..... | 71 |
| Abbildung A-4: | Personenwagenstatistik Schweiz (Stiftung Autorecycling Schweiz 2015). | 71 |

Verzeichnis der Tabellen

| | | |
|---------------|---|----|
| Tabelle 2-1: | Kategorien des Mobilitätsbereichs. | 25 |
| Tabelle 2-2: | Materialkategorien. | 26 |
| Tabelle 2-3: | Energiekategorien. | 27 |
| Tabelle 2-4: | Kategorien von Umweltauswirkungen. | 28 |
| Tabelle 3-1: | Anzahl der Fahrzeuge in den 12 Fahrzeugkategorien für das Jahr 2015. | 31 |
| Tabelle 3-2: | Berechnete Masse im Ursprungslager (2015). | 31 |
| Tabelle 3-3: | Modellansatz Lagerzuwachs (berechnet aus BFS und TA-Suisse, Beispielrechnung für das Jahr 2016). | 32 |
| Tabelle 3-4: | Berechnet Lagerbestand für 2016. | 32 |
| Tabelle 3-5: | Modellansatz Direktverwertung (Beispielrechnung für das Jahr 2016). | 33 |
| Tabelle 3-6: | Modellansatz Lagerabfluss in Entsorgung (Beispielrechnung für das Jahr 2016). | 34 |
| Tabelle 3-7: | Modellansatz Export (Beispielrechnung für das Jahr 2016). | 35 |
| Tabelle 3-8: | Modellansatz Fluss in Entsorgung nach Export (Beispielrechnung für das Jahr 2016). | 35 |
| Tabelle 3-9: | Modellansatz Fluss in Entsorgung nach Export und 'Unbekannt' (Beispielrechnung für das Jahr 2016). | 36 |
| Tabelle 3-10: | Anteil der Materialien, welche nicht stofflich, sondern funktional als Ersatzteile verwertet werden. | 37 |
| Tabelle 3-11: | Anteile (%) der Materialmassen, welche in die drei Entsorgungsprozesse Recycling, KVA/HVA und Deponie ein- und ausfliessen. Fett: Zusammengefasste Netto-Werte. | 37 |
| Tabelle 3-12: | Transferkoeffizienten (netto) im Entsorgungsschritt mit Aufteilung in Recycling, Verbrennung und Deponie sowie resultierende Massenflüsse. | 39 |
| Tabelle 3-13: | Modellansatz Lagerzufluss (Beispielrechnung für das Jahr 2016). | 39 |
| Tabelle 3-14: | Modellansatz Importfluss (Beispielrechnung für das Jahr 2016). | 40 |
| Tabelle 3-15: | Umrechnung von Elektrizität auf Tonnen Öl-Äquivalente unter Berücksichtigung der Treibhausgas-Emissionen für den Zugverkehr und den restlichen Verkehr. | 41 |
| Tabelle 3-16: | Energiebedarf und Treibhausgasemissionen der Haupt-Mobilitätskategorien des Strassenverkehrs als Mittelwert pro Fahrzeug der Kategorie (konventionell und elektrisch). | 41 |
| Tabelle 3-17: | Energiebedarf und Treibhausgasemissionen der Haupt-Mobilitätskategorien ohne Strassenverkehr als Mittelwert pro Fahrzeug der Kategorie. | 42 |
| Tabelle 3-18: | Energiebedarf der Haupt-Mobilitätskategorien für die gesamte Flotte. | 42 |
| Tabelle 3-19: | Treibhausgasemissionen der Haupt-Mobilitätskategorien für die gesamte Flotte. | 42 |
| Tabelle 4-1: | Zusammenfassung des Lagerbestandes und der Flüsse für die verschiedenen Kategorien und Materialien (berechnet für 2016). | 47 |
| Tabelle 4-2: | Zahlen zum Treibhauseffekt (Tonnen CO ₂ -eq) in der Mobilität Schweiz für das Jahr 2016. | 52 |
| Tabelle 4-3: | Zahlen zum (nicht erneuerbaren) Gesamten Energiebedarf (TJ) in der Mobilität Schweiz für das Jahr 2016. | 52 |
| Tabelle 4-4: | Zahlen zur Gesamt-Umweltbelastung (Mio. UBP) in der Mobilität Schweiz für das Jahr 2016. | 52 |
| Tabelle 4-5: | Jährlicher Zufluss an Energie und Materialien in den Mobilitätsbereich Schweiz 2016 mit damit verbundenen Umweltauswirkungen (toe: Tonnen Öl- Äquivalente). Die Umweltauswirkungen schliessen Produktion und Transport mit ein. * Der Massenfluss der Energieträger bezeichnet den reinen Verbrauch für die Fahrzeugnutzung. | 54 |
| Tabelle 5-1: | Vergleich Energiebedarf Mobilität Schweiz (in Tonnen Öl-Äquivalenten) zwischen Gesamtenergiestatistik des BFE und dieser Studie. | 58 |

| | | |
|--------------|--|----|
| Tabelle 5-2: | Energiebilanz der Schweiz (BFE 2016) und Emissionsfaktoren gemäss (BAFU 2016b). 90% der im Verkehr verwendeten Elektrizität entspricht dem SBB Strommix..... | 60 |
| Tabelle 5-3: | Treibhausgasbilanz (Multiplikation der Energiemasse mit Emissionsfaktoren)..... | 60 |
| Tabelle 5-4: | Massenbilanz in Tonnen Öl-Äquivalenten (toe)..... | 61 |
| Tabelle 5-5: | Berechnung der Umweltauswirkungen für die Nutzung von Treibstoffen und Elektrizität. Zusätzlich zur Bereitstellung ist auch die Verbrennung/Nutzung und die Infrastruktur inbegriffen. ne: nicht erneuerbar..... | 62 |
| Tabelle 5-6: | Vergleich Treibhauseffekt Mobilität Schweiz (in Tonnen CO ₂ -Äquivalenten) zwischen Gesamtenergiestatistik des BFE (Emissionsfaktoren BAFU (Tabelle 5-3) bzw. Ecoinvent (Tabelle 5-5)) und dieser Studie (Tabelle 3-6). | 62 |
| Tabelle 5-7: | Vergleich der Treibhausgasemissionen mit (BAFU 2016a). | 63 |
| Tabelle A-1: | Wiederverwertung pro Material: Anteil und Beschreibung (Andreas Kaufmann, VASSO, persönliche Mitteilung). | 70 |
| Tabelle A-2: | Details Entsorgungsweg von PW-Altfahrzeugen in Tonnen. Beispielsjahr 2016. Daten verwendet in dieser Studie..... | 70 |
| Tabelle A-3: | Zuweisung Kategorien gemäss Swiss-Impex auf Mobilitätskategorien MatCH..... | 72 |
| Tabelle A-4: | Zuweisung der Kategorien aus dem Treibhausgasinventar des BAFU (BAFU 2016b) zu MatCH-Kategorien. Der Bereich Mobilität wurde markiert..... | 73 |
| Tabelle A-5: | Materialkategorien MatCH und prozentuale Zuweisung von Materialien aus der Datenbank Ecoinvent v.3.2 ('Rezept') mit den resultierenden Umweltauswirkungen. | 93 |

Begriffe

| | |
|---|--|
| 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). |
| Fahrleistung | Von Fahrzeugen gefahrene Kilometer, bezogen auf eine Zeitspanne (BFS, http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/11/def.html). |
| Fahrzeuge | Der Begriff Fahrzeuge umfasst in diesem Bericht sämtliche Verkehrsmittel für Personen und Güter. Eingeschlossen sind somit Strassenfahrzeuge (2-Räder, Personenwagen, Leichte und schwere Nutzfahrzeuge (3.5t, LKW), Busse, Landwirtschaftliche und Industrielle Fahrzeuge (LW/IND), Anhänger), Schienenfahrzeuge (Tram, Züge), Schiffe, Flugverkehrsmittel sowie sonstige Fahrzeuge (Seilbahnen). |
| Fahrzeugkilometer | Masseinheit der Fahrleistung, die einem zurückgelegten Kilometer eines Fahrzeuges entspricht (im Unterschied zu einem Personen-Kilometer als Einheit im öffentlichen Verkehr) (BFS, http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/11/def.html). |
| Gesamtgewicht | "Gesamtgewicht" ist das für die Zulassung massgebende Gewicht (Art. 9 Abs. 3bis SVG). Es ist das höchste Gewicht, mit dem das Fahrzeug verkehren darf (https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19950165/index.html#a7). |
| Gesamtverkehr | Öffentlicher und privater Verkehr aller Verkehrsmittel (BFS, http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/11/def.html). |
| 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 dem Energieinhalt 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). |
| Kumulierter Energieaufwand (KEA) | Der Kumulierte Energieaufwand (KEA) 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. |
| Leergewicht | Die Schweizer Verordnung definiert Leergewicht als „das Gewicht des fahrbereiten, unbeladenen Fahrzeugs mit Kühl- und Schmiermittel, Treibstoff (mind. 90 % der vom Hersteller oder von der Herstellerin angegebenen Treibstofffüllmenge) und der eventuell vorhandenen Zusatzausrüstung wie Ersatzrad, Anhängerkupplung, Werkzeug, Radkeil, Feuerlöscher sowie dem Fahrzeugführer, dessen Gewicht mit 75 kg angenommen wird“ (https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19950165/index.html#a7) |

| | |
|-------------------------------|--|
| 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). |
| 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). |
| Mobilität | Der Begriff «Mobilität» bezeichnet die Beweglichkeit von Personen und Gütern in einem geographischen Raum. Der Verkehr macht die räumliche Mobilität sichtbar und ist damit ein Teil von ihr (http://rundum-mobil.ch/web/taxonomy/term/4). |
| 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). |
| Netto-Tonnenkilometer | Vgl. Begriff "Tonnenkilometer", jedoch explizit ohne Gewicht der Sachtransportfahrzeuge (inkl. Anhänger), Container und Wechselbehälter im kombinierten Verkehr. (Gemäss BFS, http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/11/def.html) |
| 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). |
| Öffentlicher Verkehr | Der öffentliche Verkehr umfasst verkehrliche Leistungsangebote mit definierter öffentlicher und zeitlicher Verfügbarkeit (regelmässige Fahrten), die von jedermann aufgrund vorgegebener Beförderungsbestimmungen beansprucht werden können. (BFS, http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/11/def.html) |
| 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“. |
| Personenwagen (PW) | Mehrspurige Fahrzeuge mit eigenem Antrieb zum vorwiegenden Zwecke der Personenbeförderung. In der Schweiz werden Personenwagen als "Motorfahrzeuge zum Personentransport bis 9 Personen mit weniger als 3.5 t zulässigem Gesamtgewicht" definiert. In Deutschland wird der Begriff Personenkraftwagen (PKW) verwendet (Blaser, Widmer, und Wäger 2012). |

| | |
|-------------------------------------|---|
| 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). |
| Privatverkehr | Verkehr mit Verkehrsmitteln, welche nicht zum öffentlichen Verkehr gehören (BFS, www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/11/def.html). |
| 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 (BAFU 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). |
| Schiene, Schienenverkehr | Die Verkehrsträger Eisenbahnen und Trams (wenn nicht anders präzisiert). |
| Seltene Metalle | Ein Technologiemetall wird als geochemisch knapp bezeichnet, wenn es im Durchschnitt in Konzentrationen geringer als 0.01% Gewichts-% in der Erdkruste vorkommt (Skinner, B.J. 1979). |
| Sortierung | Die Sortierung umfasst in diesem Bericht den ganzen Materialstrom, der vom Lager in die Entsorgung fließt und dann in Recycling und Entsorgung aufgeteilt (sortiert) wird. |
| 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 und Meskers 2010). |
| Tonnenkilometer | Masseinheit im Gütertransport: Eine Tonne eines Gutes über einen Kilometer transportiert entspricht einem Tonnenkilometer. |
| 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. |
| Verkehrsmittel | Verkehrsmittel sind Transportmittel die dem ausserbetrieblichen Transport (Verkehr) dienen. Dies sind technische Einrichtungen, die der Beförderung von Personen (Personenverkehr) oder Gütern (Güterverkehr) zwischen abgegrenzten Gebieten dienen (Wikipedia). In diesem Bericht wird auch der Begriff 'Fahrzeuge' verwendet für sämtliche Verkehrsmittel auf dem Boden, dem Wasser und in der Luft. |

Abkürzungen

| | |
|---------------------|---|
| AGVS | Auto Gewerbe Verband Schweiz |
| ASTRA | Bundesamt für Strassen |
| auto-schweiz | Vereinigung Schweizer Automobil-Importeure |
| BAFU | Bundesamt für Umwelt |
| BAZL | Bundesamt für Zivilluftfahrt |
| BFE | Bundesamt für Energie |
| BFS | Bundesamt für Statistik |
| CED | Kumulierter Energieaufwand (Cumulative Energy Demand) |
| CED-nr | Nicht erneuerbarer kumulierter Energieaufwand |
| COICOP | Klassifizierung der United Nations Statistics Division zur Erstellung von Konsumstatistiken nach Verwendungsart (Classification of Individual Consumption by Purpose) |
| CTCI | Internationale Warenverzeichnis für den Aussenhandel (SITC = Standard International Trade Classification; CTCI = Classification Type pour le Commerce International) |
| DMC | Inländischer Materialverbrauch (Domestic Material Consumption) |
| EE-IOA | Umwelt-orientierte Materialflussanalyse (Environmentally Extended Input-Output Analysis) |
| El. / e- | Elektro..., Elektrisch... |
| Empa | Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt |
| EZV | Eidgenössische Zollverwaltung |
| Fz. | Fahrzeug |
| Fz-kat | Fahrzeugkategorie |
| GWP | Treibhauspotenzial (Global Warming Potential) |
| HVA | Verbrennungsanlage für Sonderabfälle |
| ICE | Verbrennungsmotor (Internal Combustion Engine) |
| IPCC | Weltklimarat der Vereinten Nationen (Intergovernmental Panel on Climate Change) |
| KEA | Kumulierter Energieaufwand |
| KVA | Kehrichtverbrennungsanlage |
| LCA | Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment, Ökobilanz) |
| LKW | Lastwagen |
| LW/Ind. | Landwirtschaftliche und industriellenfahrzeuge |
| LSVA | Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe |
| MJ | Megajoule |
| ne | nicht erneuerbar |
| Pkm | Personenkilometer. Masseinheit der Verkehrsleistung im Bereich Personenverkehr. die einem von einer Person zurückgelegten Kilometer entspricht |
| ppm | Teile von einer Million (parts per million) |
| ppmw | Gewichts-ppm |
| PW | Personenwagen (auch: PKW) |
| RESH | REStoffe aus SHredderanlagen |
| SARS | Stiftung Auto-Recycling Schweiz |
| SBB | Schweizerische Bundesbahnen |
| SSV | Schweizerischer Shredder Verband |
| STAT-TAB | Interaktive Statistik Datenbank des Bundes |

| | |
|-----------------|--|
| TA-SWISS | Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung |
| TJ | Terajoule |
| Tkm | Tonnenkilometer. Masseinheit der Verkehrsleistung im Bereich Güterverkehr, die der Beförderung einer Tonne über einen Kilometer entspricht. |
| 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. |
| VASSO | Vereinigung der offiziellen Autosammelstellen-Halter der Schweiz und des Fürstentums Liechtenstein. |

1 Einleitung

1.1 Motivation und Zielsetzung

Um die Effizienz des Verbrauchs von Materialressourcen darzustellen, sollen im Projekt „MatCH – Materialressourcen Schweiz“ die Materialströme in die schweizerische Volkswirtschaft im Detail auf Stufe einzelner Konsumbereiche ausgewertet und dargestellt werden. Dadurch soll eine Grundlage geschaffen werden, um die Materialeffizienz über eine Zeitspanne beurteilen und mittels Szenarien künftige Entwicklungen abschätzen zu können.

Ein erste Studie beinhaltet die Material- und Energieflüsse sowie die Umweltauswirkungen der baulichen Infrastruktur der Schweiz (Gauch u. a. 2016). Ziel der vorliegenden Studie war es, die Material- und Energieflüsse sowie die Lagermassen des Mobilitätsbereichs der Schweiz zu erfassen. In einem nächsten Schritt wird der gesamte Konsumbereich mit einbezogen, wodurch ein umfassendes Bild des Material- und Energiebedarfs der schweizerischen Volkswirtschaft gezeigt werden kann (Abbildung 1-1).

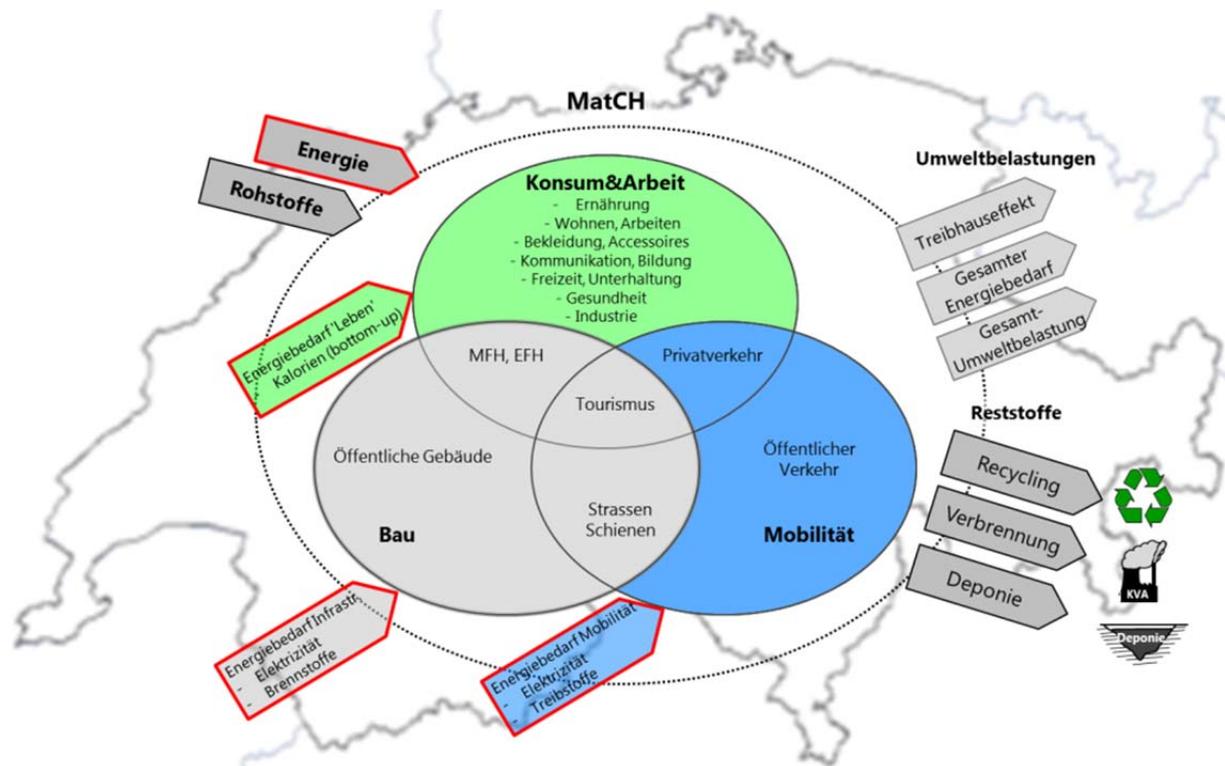


Abbildung 1-1: Übersicht Projekt MatCH als Zusammenfassung der drei grossen Bereiche Bau, Mobilität und Konsum.

Da die verwendeten Daten aus verschiedenen Quellen und Jahren stammen sowie unterschiedliche Materialklassierungen aufweisen, konnte kein homogenes und widerspruchsfreies Datenmodell erzeugt werden. Ziel war es jedoch, die Verhältnisse möglichst gut zu erfassen, um generelle Aussagen zu den Material- und Energieströmen im Mobilitätsbereich machen zu können. Durch Kalibrierungen mit besseren, realen Daten wird die Genauigkeit der Massenflüsse des Modells in Zukunft verbessert werden können.

Zusätzlich zu den Massenflüssen wurden auch die Umweltauswirkungen ausgewiesen (Kapitel 4), welche durch den Material- und Energieverbrauch im Mobilitätsbereich verursacht werden. Die Betrachtungen umfassen den gesamten Lebensweg der Stoffe (von der Wiege bis zur Bahre - „cradle-to-grave“). Damit soll ein Eindruck gewonnen werden, welche Stoffe in welchem Abschnitt des Lebenszyklus umweltmässig relevant sind. Es handelt sich jedoch nicht um eine vollständige Ökobilanz, da die Vorketten der Produktion der Fahrzeuge und Energieträger und die Entsorgung nur angenähert betrachtet werden konnten.

1.2 Umsetzungskonzept MatCH

Abbildung 1-2 zeigt das Gesamtmodell der Materialflüsse durch die schweizerische Volkswirtschaft, gegliedert in einzelne Konsumbereiche. Das Modell ist angelehnt an den Bericht zu den Umweltbelastungen durch Produktion und Konsum in der Schweiz (BAFU 2011b), welcher auf der internationalen Klassierung COICOP² basiert.

Im Vordergrund steht die Frage, welche Materialflüsse aus Import oder inländischer Produktion in die Schweizer Konsumbereiche fließen und welche Flüsse aus dem System in Form von Exporten oder Emissionen abfließen (siehe auch (Böni und Wäger 2014)).

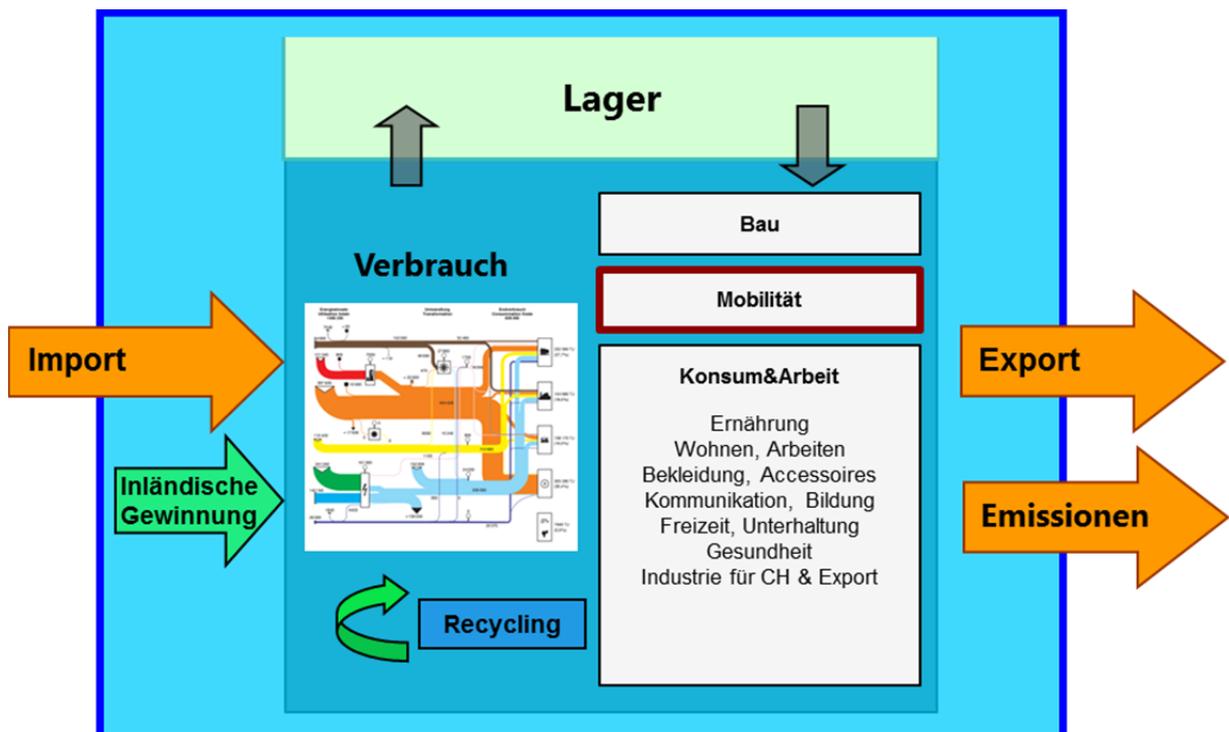


Abbildung 1-2: Schematische Darstellung des Umsetzungskonzeptes, Materialfluss Schweiz. Der Fokus in diesem Bericht liegt auf dem Konsumbereich Mobilität.

² Klassifizierung der Statistischen Abteilung der Vereinten Nationen (United Nations Statistics Division) zur Erstellung von Konsumstatistiken nach Verwendungsart, siehe z.B. <http://ec.europa.eu/eurostat/ramon/nomenclatures> für weitere Informationen.

1.3 Systemaufbau

Die Basis für die Berechnungen ist ein einfacher Modellierungsansatz der gelagerten Materialmasse mit den Zu- und Abflüssen (englisch als 'Stock and Flow Modeling' bekannt). In dieser Studie wurden sämtliche Verkehrsträger innerhalb der Schweizer Grenze als 'Lager' betrachtet. Diese weist eine gewisse Leakage (Abfluss) auf (durch Alterung, Verschiebung ins Ausland). Der Abfluss aus der Schweiz muss durch neue Fahrzeuge (Zufluss) mindestens kompensiert werden. Durch Veränderung des Konsumverhaltens infolge konjunktureller und technologischer Veränderungen variiert das Verhältnis von Zu- und Abfluss im Laufe der Zeit.

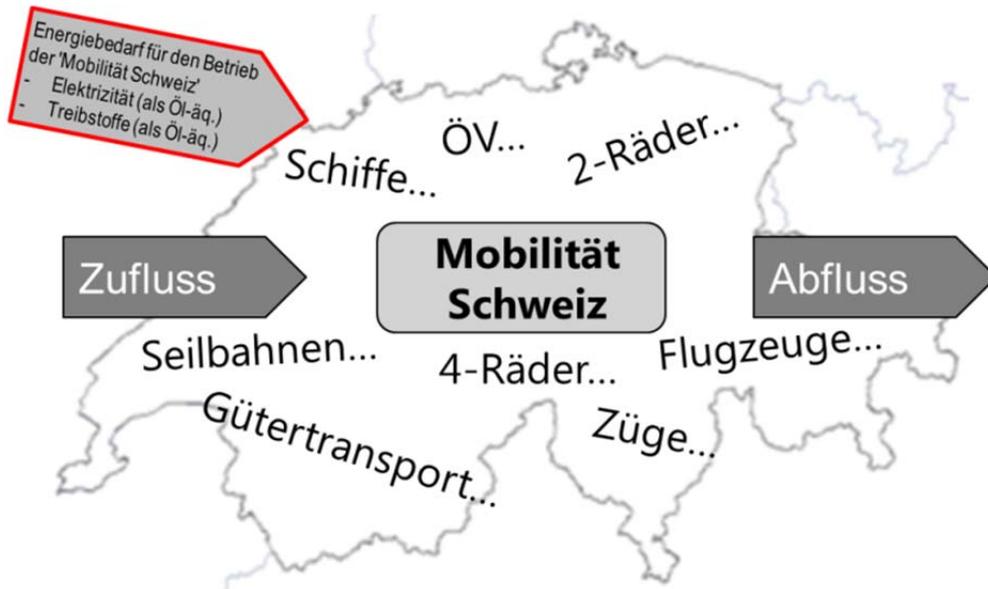


Abbildung 1-3: Vereinfachte Darstellung des Materiallagers und der Zu-/Abflüsse aus dem System 'Mobilität Schweiz'.

Die drei Teilbereiche **Zufluss**, **Mobilität Schweiz** und **Abfluss** (dargestellt in Abbildung 1-3) wurden mit jeweils unterschiedlichen Ansätzen und Datenquellen ermittelt:

- Der **Zufluss** setzt sich zusammen aus dem Primärzufluss (vorwiegend gebrauchsfertige importierte Neufahrzeuge) und dem Sekundärzufluss von Teilen, welche aus dem Recycling stammen.
- Der Bereich **Mobilität Schweiz** umfasst die Masse an sämtlichen Fahrzeugen (alle Verkehrsmittel), welche aktuell in der Schweiz in Gebrauch sind. Die Grösse des Lagers kann sich über die Zeit verändern, beispielsweise durch Wachstum oder durch Verlagerungen zu anderen Fahrzeugen.
- Im **Abfluss** werden Materialflüsse analysiert, welche dem Materiallager entnommen und einer Nachbearbeitung zugeführt werden. Durch Wiederaufbereitung (Recycling) kann ein Teil der Materialien erneut gebraucht werden. Ein Teil ist nicht mehr wiederverwendbar und muss entsorgt werden (Deponie, Kehrrichtverbrennungsanlage (KVA) und Verbrennungsanlagen für Sonderabfälle). Der Abfluss beinhaltet Fahrzeuge, welche in die Entsorgung gelangen (Inland oder Ausland) oder im Ausland als Gebrauchtfahrzeuge weiter betrieben werden.

Im Unterschied zum Konsumbereich Bau gibt es bei der Mobilität praktisch keine inländische Produktion wodurch die Bedeutung von Import und Export ist viel höher ist. Ein wichtiger Anteil des Exports erfolgt in Form von ganzen Gebrauchtfahrzeugen oder als Material, welches im Inland aus Gebrauchtfahrzeugen rezykliert wurde. Der Weitergebrauch von Fahrzeugen und das Recycling im Ausland wurden nicht näher untersucht, sondern nur durch gestrichelte Linien in den Darstellungen angedeutet.

Die nötige Infrastruktur für den Betrieb der Mobilität Schweiz, das heisst insbesondere das Strassen- und Schienennetz, wurde im Bericht 'MatCH – Bau' als Teil des Tiefbaus im Bauwerk Schweiz berücksichtigt. Dieser Bericht erfasst ausschliesslich die Fahrzeuge. Ein Vergleich der Grössenordnungen der Massen der Fahrzeuge und der Strassen/Schienen erfolgt in Abbildung 4-6.

1.4 Datengrundlagen

Nur wenige Studien betrachteten bisher die gesamte Masse der schweizerischen Mobilität. Einzelne Studien konnten im Bereich der Umweltauswirkungen des gesamten schweizerischen Konsums gefunden werden, ein Teil davon bezieht sich auf die Mobilität ((BAFU 2011b), (Jungbluth, Itten, und Stucki 2012), (BAFU 2013)). In Abbildung 1-4 sind in grün die Hauptstudien gekennzeichnet und in blau die Hauptquellen, auf welche sich die Studien beziehen.

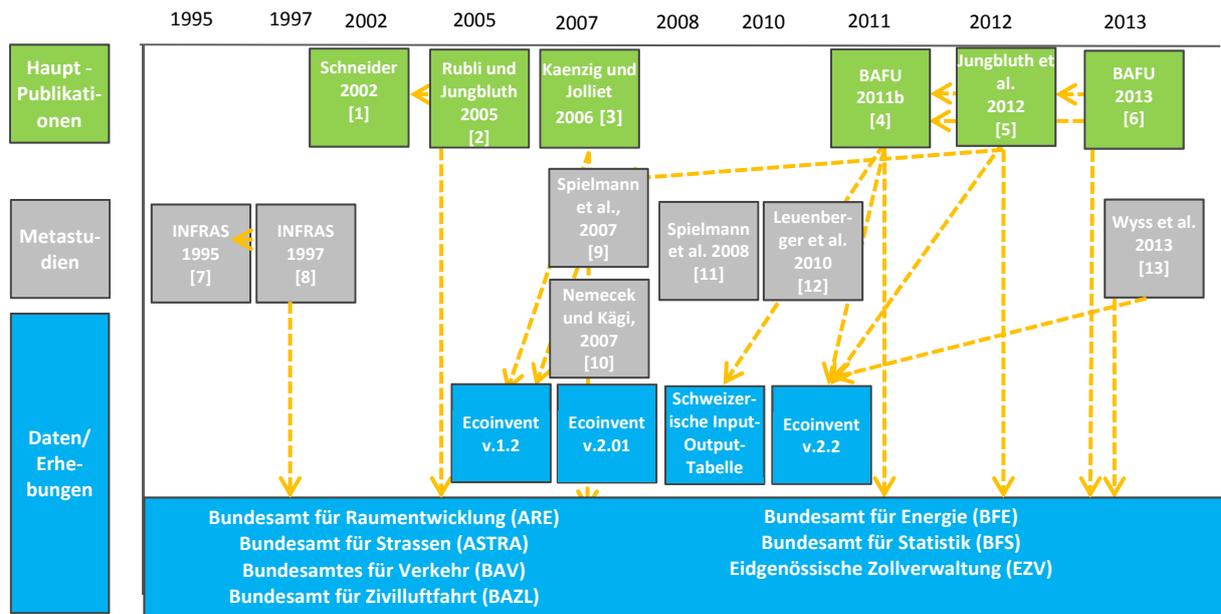


Abbildung 1-4: Zusammenstellung der Hauptpublikationen und Erhebungen der Mobilität in der Schweiz mit Darstellung der gegenseitigen Verknüpfungen.

Hauptpublikationen:

- [1] Material- und Abfallbewirtschaftung des Systems Fahrbahn SBB (Schneider 2002).
- [2] Materialflussrechnung für die Schweiz (Rubli und Jungbluth 2005): Nur Berechnung der Eisen- und Stahllager in den Fahrzeugen, im Schienen-, Bus- und Schiffsverkehr.
- [3] Umweltbewusster Konsum: Schlüsselerentscheide, Akteure und Konsummodelle. Umwelt-Wissen Nr. 0616 (Kaenzig und Jolliet 2006).
- [4] Environmental Impacts of Swiss Consumption and Production (BAFU 2011b): Berechnungen abgeleitet aus Input-Output Tabellen und finanziellen Daten.
- [5] Umweltbelastungen des privaten Konsums und Reduktionspotenziale (Jungbluth, Itten, und Stucki 2012): In dieser Studie werden zunächst die durch Schweizer Haushalte verursachten Umweltbelastungen berechnet (Mobilität, Wohnen, und Ernährung).
- [6] RessourcenEFFizienz Schweiz REFF (BAFU 2013): Hier gibt es unter anderem eine Berechnung des Ressourcenaufwands der Mobilität in der Schweiz.

Metadaten:

- [7] INFRAS, 1995: Ökoinventar Transporte, Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Transportsystemen und für den Einbezug von Transportsystemen in Ökobilanzen, SPP Umwelt, Zürich 1995 (INFRAS 1995).
- [8] INFRAS, 1997: Umweltindikatoren im Verkehr Kennziffern für einen ökologischen Vergleich der Verkehrsmittel (INFRAS 1997).
- [9] Nemecek T. und Kägi, T. 2007: Life Cycle Inventories of Agricultural Product Systems Data v.2.0 (Nemecek und Kägi 2007).
- [10] Spielmann M., Dones R., Bauer C. and Tuchschnid M., 2007: Life Cycle Inventories of Transport Services. ecoinvent report No. 14, v.2.0. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Schweiz, aus: www.ecoinvent.org (Michael Spielmann u. a. 2007).
- [11] Spielmann M. und de Haan P., 2008: Umweltindikatoren im Verkehr - Vergleich der Verkehrsmittel anhand CO₂-Emissionen, Energieaufwand und übriger Umweltauswirkungen. Rüegger Verlag, Zürich, p. 76. (M. Spielmann und de Haan 2008).
- [12] Leuenberger et al., 2010: Life Cycle Assessment of Two Wheel Vehicles (Leuenberger und Frischknecht 2010).
- [13] Wyss et al., 2013: Umweltauswirkungen der Autoflotte der Schweiz (Wyss und Frischknecht 2013).

Datenbanken/Datenerhebungen:

- [14] Gesamtkonzept Mobilitäts- und Verkehrsstatistik (ARE, ASTRA, BAFU, BAV, BAZL, BFE) Strassenfahrzeugbestand nach Fahrzeuggruppe und Fahrzeugart 1990 - 2014 (BFS).³
Verkehrsinfrastruktur und Fahrzeuge > Strassenfahrzeuge (BFS).⁴
Verkehrsinfrastruktur und Fahrzeuge > Weitere Fahrzeuge (BFS).⁵
- [15] Datenbank Swiss-Impex⁶ mit Daten der EZV.
- [16] Spielmann et al., 2007: Transport Services Data v.2.0, Paul Scherrer Institute (PSI) und ESU-Services Ltd. (im Dokument als: (Michael Spielmann u. a. 2007)).
- [17] Nemecek und Kägi, 2007: Life Cycle Inventories of Agricultural Product Systems Data v2.0, Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART (im Dokument als: (Nemecek und Kägi 2007)).
- [18] Schweizerische Gesamtenergiestatistik für 2015 (im Dokument als (BFE 2016)).
- [19] De Haan und Zah, 2013: Chancen und Risiken der Elektromobilität in der Schweiz (im Dokument als (de Haan und Zah 2013)).

³ <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/03/blank/02/01/01.html>

⁴ <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/03/blank/02.html>

⁵ <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/03/blank/02/02.html>

⁶ „Bei Swiss-Impex handelt es sich um die Datenbank der schweizerischen Aussenhandelsstatistik. Die Applikation erlaubt den Zugriff auf die monatlichen Statistikdaten über die Importe und Exporte der Schweiz seit 1988 für die folgenden Bereiche: Tarifnummer, Warenart, Verwendungszweck, CTCI und Handelspartner.“
<http://www.ezv.admin.ch/themen/04096/05728/index.html?lang=de>

1.5 Darstellung der Resultate

Die Resultate der Arbeiten bestehen aus zwei Teilen:

- dem vorliegenden Bericht und
- einer ergänzenden Excel Datei, auf welcher die Berechnungen und Darstellungen im Bericht basieren⁷.

Für die graphischen Darstellungen wurde die Dicke der Flusspfeile proportional zu ihrer Masse als Sankey-Diagramme dargestellt. Dazu wurde die Software e!Sankey⁸ verwendet, welche Daten aus der Excel-Tabelle bezieht. Über Verknüpfungen können Flussdiagramme bei Änderung der Excel-Daten automatisch aktualisiert werden.

⁷ Die Excel-Tabellen können auf Anfrage von den Autoren zur Verfügung gestellt werden.

⁸ Das Programm ist hier erhältlich: <http://www.e-sankey.com/de/kaufen/>.

2 Grundlagen

2.1 Kategorisierungen

2.1.1 Übersicht

Für den Bereich der Mobilität Schweiz wurden die wichtigsten Mobilitäts- und Materialkategorien unter Berücksichtigung von gebräuchlichen Unterscheidungen erfasst. In verschiedenen Datenquellen und Studien existieren unterschiedliche Nomenklaturen und Kategorisierungen bei Materialien und Mobilitätsbereichen. Um den hier gewählten Ansatz mit anderen Berichten vergleichen zu können, musste ein Abgleich von Kategorisierungen vorgenommen werden.

Als Grundlage für die vorliegende Studie wurden Kategorien von Mobilitätsbereichen gemäss BFS und ASTRA möglichst weitgehend übernommen. Daraus resultierten 12 Mobilitätskategorien.

Die Kategorisierung der Materialien erfolgte vorwiegend aufgrund von Erfahrungen der Autoren aus Projekten im Mobilitätsbereich, was 9 Materialkategorien (Abbildung 2-1) und zwei Kategorien von Energieträgern (vgl. Kapitel 2.1.4 Energiekategorien) ergab.

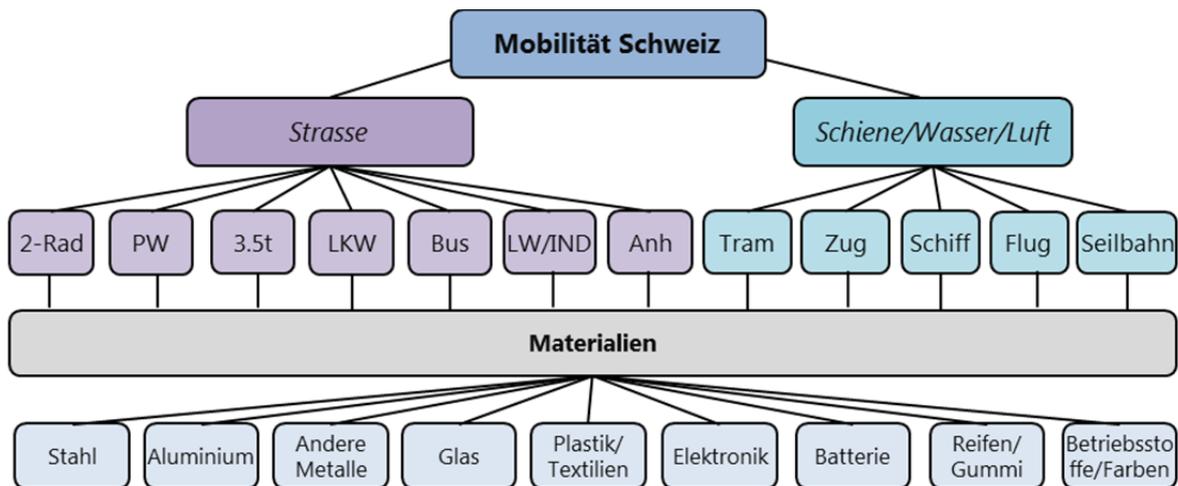


Abbildung 2-1: Übersicht der in dieser Studie verwendeten Mobilitäts- und Materialkategorien (vereinfacht, ohne Energieträger).

Bei den untersuchten 12 Haupt-Mobilitätskategorien lassen sich Unterkategorien bis hin zu 78 Detailkategorien unterscheiden. Für diese Studie wurde ein konsequenter bottom-up Ansatz gewählt, bei dem jede Detailkategorie einzeln mit folgenden Hauptmerkmalen quantifiziert wurde:

- Fahrzeug-Stückzahlen in der Schweiz und im jährlichen Zufluss
- Jahres-Kilometerleistung
- Energiebedarf für den Betrieb
- Materialzusammensetzung
- Lebensdauer bzw. Nutzungsdauer in der Schweiz

2.1.2 Kategorien von Mobilitätsbereichen

Um ein vollständiges Bild der möglichen Mobilitätsoptionen zu erhalten, wurden nicht nur die übergeordneten Kategorien Strassen- und Schienenverkehr, sondern auch der Verkehr auf dem Wasser und in der Luft betrachtet. Als Systemgrenze wurde die Schweiz festgelegt. Dies bedeutet, dass alle Fahrzeuge berücksichtigt wurden, welche regelmässig innerhalb der Schweizer Grenze verkehren. Dadurch wurden Hochsee-Schiffe ausgeschlossen, auch wenn diese unter Schweizer Flagge verkehren. Hingegen wurden Verkehrsflugzeuge von Schweizer Fluggesellschaften eingeschlossen, da diese regelmässig die Schweiz anfliegen.

Bei einigen Kategorien ist offensichtlich, mit welcher Energieform diese betrieben werden. Beispielsweise werden der Schienenverkehr und Seilbahnen ausschliesslich elektrisch betrieben, Flugzeuge und Schiffe hingegen mit fossilem Treibstoff. Da sich beim Strassenverkehr allmählich ein Wandel von fossilen Treibstoffen zu Elektrizität zeigt, wurden die Strassenverkehrskategorien jeweils für einen Betrieb mit Verbrennungsmotoren und einen Betrieb mit Elektromotoren betrachtet. Aus Gründen der Verschiedenheit der Materialzusammensetzung (Traktionsbatterien) und der möglichen Anpassung der Studie für zukünftige Szenarien wurde die Unterscheidung konsequent durchgezogen, obwohl die Stückzahlen für Elektrofahrzeuge zurzeit noch sehr gering sind.

Abbildung 2-2 zeigt die auf diese Weise resultierten 78 Detailkategorien auf der Betrachtungsebene 3, die Kategorien werden im Anhang A IV, im Einzelnen beschrieben.

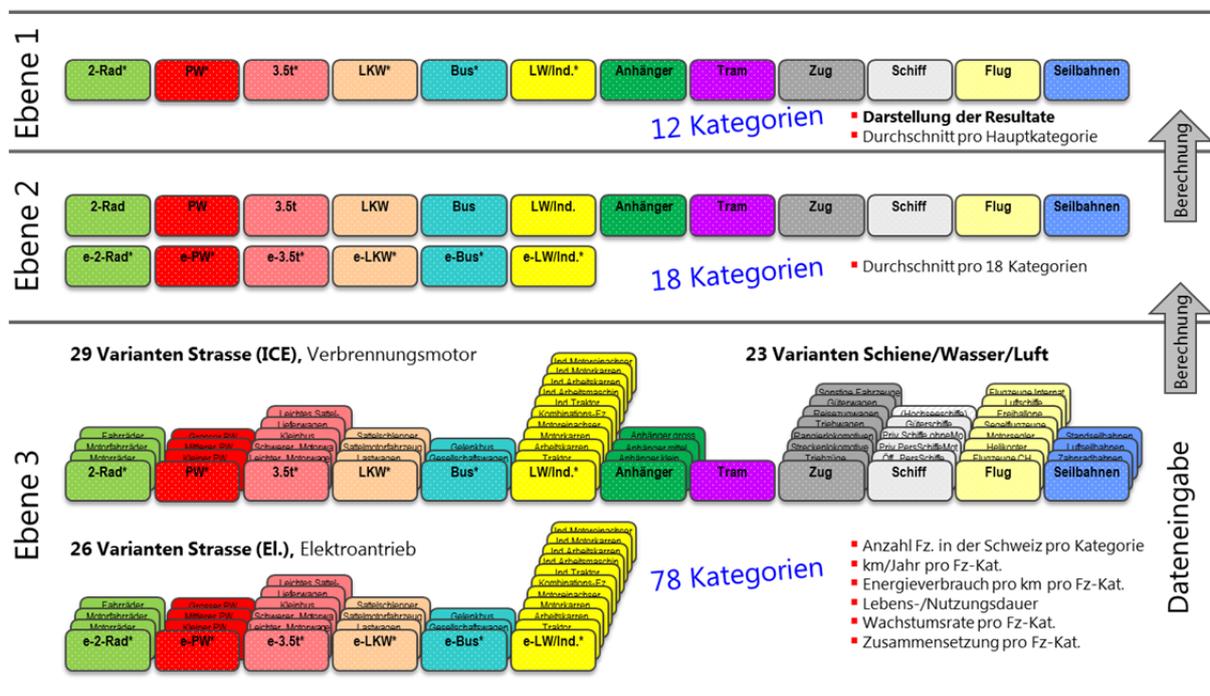


Abbildung 2-2: Visualisierung der 78 einzelnen Mobilitätskategorien (Ebene 3, Gesamtliste sowie Details im Anhang A IV) und deren rechnerische Aggregation auf 12 Hauptkategorien (Ebene 1).

Die Dateneingabe erfolgte individuell pro Kategorie auf Ebene 3. Zur Verbesserung der Übersichtlichkeit wurde in einem ersten Schritt eine Zusammenfassung auf 18 Kategorien mit Differenzierung der elektrifizierten Varianten im Strassenverkehr (Ebene 2) vorgenommen. Auf der obersten Ebene erfolgte die Zusammenfassung auf 12 Hauptkategorien (Ebene 1). Die Berechnungsergebnisse werden auf dieser höchsten aggregierten Stufe dargestellt. Erläuterungen zu den 12 Hauptkategorien sind in Tabelle 2-1 zu finden.

| Kategorie Ebene 1 | | |
|--------------------------|------------|---|
| Strasse | 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, Motorfahräder und Fahrräder. |
| | PW | Personenwagen (PW) sind leichte Motorwagen zum Personentransport mit höchstens neun Sitzplätzen einschliesslich Führer oder Führerin (bis 3.50 t). Die Kategorie wurde in kleine-, mittlere- und grosse Fahrzeuge unterteilt. |
| | 3.5t | 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 Sattelaufleger. |
| | 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-, mittlere- und grosse Fahrzeuge unterteilt. |
| Schiene | Tram | Ein Tram ist ein schienengebundenes 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. |
| Wasser | 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. |
| Luft | 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. |
| Sonstige | 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 Hohlkehllrollen fahren (Wikipedia). Seilbahnen bestehen aus Zahnradbahnen, Luftseilbahnen, Standseilbahnen. |

Tabelle 2-1: Kategorien des Mobilitätsbereichs.

2.1.3 Materialkategorien

In der vorliegenden Studie wurden für die Zusammensetzung 9 Hauptkategorien definiert, welche auf Erfahrungen der Autoren mit Mobilitätsprojekten basiert und auch von (Habermacher 2010) (leicht angepasst) verwendet wurde (Tabelle 2-2).

| Kategorie | Erläuterungen |
|--------------------------|--|
| 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 | Aluminium ist ein silbrig-weisses Leichtmetall. In der Erdhülle ist es, auf den Massenanteil (ppmw) bezogen, nach Sauerstoff und Silizium das dritthäufigste Element und in der Erdkruste das häufigste Metall (Wikipedia). |
| Andere Metalle | Alle andere Metalle wie Kupfer, Zink, Chrom und seltene Metalle wie Platin und Palladium, welche für Katalysatoren verwendet werden. |
| Glas | Glas ist ein Sammelbegriff für eine Gruppe amorpher Feststoffe. Die meisten Gläser bestehen hauptsächlich aus Siliciumdioxid, wie Trink- oder Fenstergläser. Diese – meist lichtdurchlässigen – Silikat-Gläser haben wirtschaftlich die weitaus grösste Bedeutung aller Gläser (Wikipedia). |
| Plastik/Textilien | Verschiedene Kunststoffe und Textilien für diverse Fahrzeugteile. |
| Elektronik | Unter Elektronik werden alle Vorgänge in Steuer-, Regel- und Verstärkerschaltungen sowie die Vorgänge in den hierfür verwendeten Bauelementen verstanden (Wikipedia). Elektronik setzt sich zusammen aus verschiedensten Metallen, Kunststoffen und sonstige Materialien. Gewichtsmässig machen Gehäuse (Stahl, Alu, Plastik) einen bedeutenden Anteil aus, funktional sind seltenere Metalle sehr wichtig (Kupfer, Gold, Indium, Tantal etc.). |
| Batterie | Elektrochemischer Energiespeicher, die Zusammenschaltung mehrerer galvanischer Zellen, umgangssprachlich auch eine einzelne solcher Zellen. Man unterscheidet zwischen Starterbatterie und Traktionsbatterie. Die Starterbatterie, ist üblicherweise eine besonders für den Anlasser in Kraftfahrzeugen bestimmte Blei-Säure Batterie. Die Traktionsbatterie ist typischerweise eine für den Antrieb von Elektrofahrzeugen bestimmte Zusammenschaltung Lithium-Ionen Batteriezellen. Metalle, Plastik und sonstige Materialien, die in den Batterie zu finden sind werden hier betrachtet. |
| Reifen/Gummi | Reifen sind der aus Gummi bestehende, mit Luft gefüllte äussere Teil eines Rades, der die Felge umschliesst (TheFreeDictionary). |
| Betriebsstoffe | Schmiermittel, Öle, diverse Flüssigkeiten für Kühlung Hydraulik und Klimatisierung plus Farben und Lacke. |

Tabelle 2-2: Materialkategorien.

Einige Kategorien (z.B. Batterien und Elektronik) enthalten auch Materialien, welche in anderen Kategorien zu finden sind (z.B. Metalle). Diese Materialien werden nur in einer Kategorie ausgewiesen um Doppelzählung zu vermeiden.

2.1.4 Energiekategorien

Beim Energiebedarf für den Mobilitätsbereich Schweiz wurden verschiedene Energieträger in zwei Hauptkategorien unterteilt: Elektrizität und Treibstoff (Tabelle 2-3):

| | |
|---------------------|--|
| Elektrizität | Elektrizität |
| Treibstoff | Überwiegend Produkte, welche aus Erdölprodukten gewonnen wurden, Erdgas, Biogas und übrige erneuerbare Energien ⁹ |

Tabelle 2-3: Energiekategorien.

Die benötigte Energie, ausgedrückt als Massenstrom, stammt aus bottom-up Berechnungen des Energiebedarfs für die 78 untersuchten Mobilitäts-Kategorien. Die Ergebnisse wurden mit Daten aus der Gesamtenergiestatistik des Bundesamts für Energie (BFE) für das Jahr 2015 (BFE 2016) verglichen. Die Statistik weist den Endverbrauch verschiedener Energieträger für verschiedene Verbraucher aus. Der Verbraucher, der für den Bereich Mobilität betrachtet wurde, ist der Verkehr. Die anderen wurden im Bericht MatCH – Bau betrachtet.

2.2 Umweltauswirkungen

Menschliche Tätigkeiten führen zu einer Vielzahl von 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). Verschiedene Methoden erlauben eine Quantifizierung des Umwelteinflusses.

Das Prinzip von Ökobilanzen für eine Beurteilung der Umweltauswirkungen basiert auf der Zuordnung eines Umweltauswirkungs-Indikators auf jeden Massenfluss. Da es viele Kategorien von Umweltauswirkungen gibt (z.B. auf Wasser, Boden, Luft oder Gesundheit) ist es wichtig, die betrachteten Methoden und Indikatoren genau zu definieren. Dabei ist zu verhindern, dass Kategorien gewählt werden, welche für die entsprechende Fragestellung nicht relevant sind. In dieser Studie wurden drei Methoden gemäss Tabelle 2-4 angewandt.

⁹ Zu den «Übrigen erneuerbaren Energien» zählen in der Schweiz Solar- und Windenergie, Erd- und Umgebungswärme sowie Biogas, Biogene Treibstoffe und Biomasse (ausser Energieholz). Der elektrische Anteil bei Sonne und Wind wird direkt in der Kategorie „Elektrizität“ betrachtet.

| | |
|---|---|
| <p>Treibhauseffekt CO₂-Rucksack (IPCC 2013 GWP 100a V1.00)</p> | <p>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 CO₂-Äquivalente dargestellt. Häufig wird der Begriff CO₂-Fussabdruck (Carbon Footprint oder CO₂-Rucksack) für den Wert verwendet.</p> |
| <p>Gesamter Energiebedarf (ne) Energiebedarf, nicht erneuerbar (CED V1.09)</p> | <p>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, 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.</p> |
| <p>Gesamt-Umweltbelastung Ökologische Knappheit (Ecological Scarcity 2013 V1.01)</p> | <p>Die Methode der ökologischen Knappheit (Ecological Scarcity 2013 V1.01) ermöglicht es seit 1990, im Rahmen 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 und Büsser Knöpfel 2013). Der Wert aggregiert und bewertet verschiedene Umweltauswirkungen, welche zusammengefasst als Ökologischer Fussabdruck bezeichnet werden können.</p> |

Tabelle 2-4: Kategorien von Umweltauswirkungen.

Datengrundlage:

Für die vorliegende Studie wurden die Ökobilanzdaten aus Ecoinvent v.3.2 (Ecoinvent 2016) unter Verwendung des Softwaretools Simapro 8.0.4.26 verwendet. Im Anhang A V ist ersichtlich, wie die Zuweisung von Materialien auf Ecoinvent v.3.2 erfolgte und aus welchen Einzelmaterialien die neun verwendeten Materialkategorien (gemäss Kapitel 2.1.3) und die zwei Energiekategorien (gemäss Kapitel 2.1.4) bestehen. Die Zusammensetzung der Einzelmaterialien bildete die Grundlage („Materialrezept“) für die elf MatCH Hauptkategorien.

Recycling:

Der Einsatz von rezykliertem Sekundärmaterial wurde in der Weise berücksichtigt, dass die vermiedene Umweltauswirkung aus der Produktion der gleichen Masse Primärmaterial ausgewiesen wurde. Ein kg Recyclingstahl verhindert also die Umweltauswirkungen der Produktion von einem kg Stahl aus Eisenerz.

Die gewählte Allokationsmethode aus Ecoinvent v.3.2 „Alloc Rec, U“ bedeutet, dass der gesamte Aufwand für Produktion und Entsorgung dem Erstnutzer eines Materials zugeschrieben wird. Solches Material gelangt ohne Schadensrucksack in den Recyclingprozess und verlässt diesen als Sekundärmaterial mit den Umweltauswirkungen des Recyclingprozesses¹⁰.

Systemgrenzen:

In den Daten zu den Primärmaterialien wurde der gesamte Lebenszyklus („cradle to grave“) berücksichtigt, d.h. von der Extraktion des Rohmaterials, der Verarbeitung zu Halb- und Endprodukten, der Nutzungsphase bis zur Entsorgung.

¹⁰ <http://www.ecoinvent.org/>

3 Methodischer Ansatz

3.1 Massenflüsse (Systemübersicht)

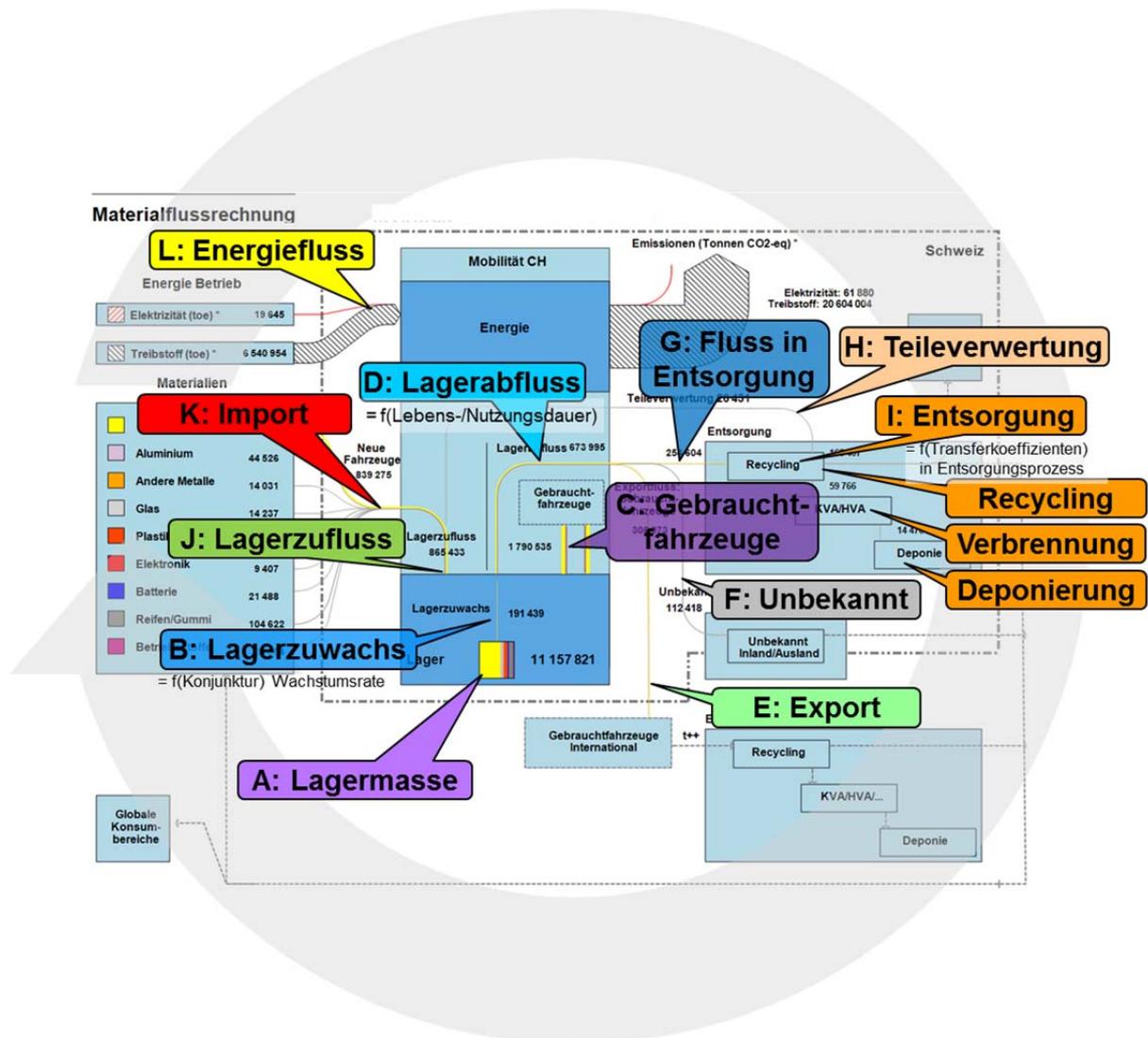


Abbildung 3-1: Methodischer Ansatz MatCH, schrittweise Berechnung der Massenflüsse.

Die Massenflüsse und die Massen im Lager wurden gemäss Abbildung 3-1 in verschiedenen Schritten berechnet (Schritte A bis L, bzw. Kapitel 3.2 bis 3.13).

- **A Lagermasse** (Kapitel 3.2): Bottom-up Ansatz, Anzahl Fahrzeuge (basierend auf Statistiken des BFS) multipliziert mit der Zusammensetzung in 78 verschiedenen Kategorien.
- **B Lagerzuwachs** (Kapitel 3.3): Definition des Lagerwachstums von Daten des BFS. Intervall 2010-2015.
- **C Gebrauchtfahrzeuge** (Kapitel 3.4): Definition des Anteils wiederverkaufter Gebrauchtfahrzeuge in der Schweiz (Quote Direktverwertung Schweiz). Es waren ausschliesslich Daten für PW verfügbar. Bei den anderen Kategorien wurden Schätzungen vorgenommen.
- **D Lagerabfluss** (Kapitel 3.5): Abhängig von der Nutzung-/Lebensdauer von verschiedenen Fahrzeugen und der dazugehörigen Anteile an Abfallstoffen jedes Jahr.

- **E Export** (Kapitel 3.6): Definition der Exportquote (Daten aus Zollstatistiken), entspricht Gebrauchtfahrzeugen, welche ins Ausland verkauft werden.
- **F Fluss 'Unbekannt'** (Kapitel 3.7): Bei einem Teil der Fahrzeuge (prinzipiell PW) ist unklar, ob sie exportiert oder entsorgt werden.
- **G Fluss in Entsorgung** (Kapitel 3.8): Fluss in die Entsorgung nach dem Export: Entspricht dem Lagerabfluss minus dem Export und ohne den unbekanntem Fluss 'F'.
- **H Teileverwertung** (Kapitel 3.9): Diese Angaben stammen aus Abschätzungen laufender Arbeiten der Empa und Informationen von Branchenvertretern.
- **I Entsorgung und Aufbereitung zu Sekundärmaterial** (Kapitel 3.10): Definition der Entsorgung in drei Kategorien: Recycling, Verbrennung in KVA/HVA und Deponierung. Deponiemassen stammen nur aus Rückständen der Verbrennung in KVA und Hochtemperatur-Verbrennung Anlagen (HVA).
- **J Lagerzufluss** (Kapitel 3.11): Definition des Lagerzuflusses (= Lagerzuwachs + Lagerabfluss): Entspricht dem Ersatz der abfließenden Fahrzeuge und Teile plus dem konjunkturbedingten Wachstum.
- **K Importfluss** (Kapitel 3.12): Entspricht dem Zufluss an importierten Fahrzeugen plus dem in Öl-Äquivalente umgerechneten Energiefluss.
- **L Energiefluss** (Kapitel 3.13): Berechnung der Energiemasse. Bottom-up Ansatz berechnet anhand des Energiebedarfs pro km und der jährlich gefahrenen Kilometer.

3.2 Lagermasse

Die Lagermasse wurde mit einem bottom-up Ansatz anhand der Anzahl Fahrzeuge (Statistiken BFS) und der Zusammensetzung der Fahrzeuge in den verschiedenen Kategorien berechnet. Für die Bestimmung der Massen im Lager wurden einerseits die Daten des BFS (wenn möglich für das Jahr 2015, sonst die aktuellsten verfügbaren Daten, z.B. für Seilbahnen: 2010) entnommen (Anzahl der Fahrzeuge in den verschiedenen Kategorien, Tabelle 3-1, Abbildung 4-1). Daten zu der durchschnittlichen Materialzusammensetzung der meisten Fahrzeuge waren aus verschiedenen LCA Studien verfügbar (Tabelle 3-2). Ansonsten wurde auf Daten der Hersteller zurückgegriffen. Bei Kategorien wie Schiffen oder industriellen Fahrzeugen erwies sich die Datensuche als schwierig, die notwendigen Schätzungen und Internetrecherchen reduzieren die Verlässlichkeit der Daten.

Die Materialmassen wurden für die gesamte Nutzungs-/Lebensdauer berechnet. Beispielsweise werden Starterbatterien von nicht-elektrischen Fahrzeugen drei Mal, Reifen im Schnitt vier Mal und Betriebsstoffe im Schnitt fünf Mal im Lebenszyklus eines Fahrzeugs ersetzt.

Nähere Angaben zu den verschiedenen Kategorien sind im Anhang A IV zu finden.

Summe Anzahl der Fahrzeuge in den verschiedenen Kategorien = Anzahl in den Fahrzeugkategorien

| 2015 | Anzahl in den Fahrzeugkategorien [#] | | | | | | | | | | | | Total |
|--------|--------------------------------------|-----------|---------|--------|-------|---------|----------|-----------------|--------|------------|-----------|------------|------------|
| | Strassenverkehr | | | | | | | Schienenverkehr | | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges | |
| | 2Rad | PW | 3.5t | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff | Flug | Seilbahnen | |
| Anzahl | 4 580 022 | 4 458 069 | 397 975 | 53 070 | 8 879 | 258 233 | 413 592 | 781 | 13 017 | 98 660 | 3 494 | 40 512 | 10 326 304 |

Tabelle 3-1: Anzahl der Fahrzeuge in den 12 Fahrzeugkategorien für das Jahr 2015.

Anzahl in den Fahrzeugkategorien *

Materialzusammensetzung in den Fahrzeugkategorien

| Kategorie | Materialzusammensetzung in den Fahrzeugkategorien [kg] | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------------|-----------|------------|-----------|------------|
| | Strassenverkehr | | | | | | | Schienenverkehr | | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges |
| | 2Rad | PW | 3.5t | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff | Flug | Seilbahnen |
| Stahl | 27.51 | 988.92 | 1 279.82 | 8 133.78 | 8 009.80 | 1 779.70 | 506.38 | 16 700.00 | 29 134.59 | 645.90 | 576.61 | 1 210.22 |
| Aluminium | 5.40 | 51.74 | 66.96 | 498.39 | 1 971.52 | 0.00 | 280.88 | 588.00 | 9 465.91 | 307.38 | 4 198.88 | 605.11 |
| Anderere Metalle | 1.69 | 19.77 | 25.59 | 149.52 | 238.47 | 187.12 | 0.00 | 1 524.10 | 2 273.58 | 0.00 | 301.99 | 0.00 |
| Glas | 0.00 | 30.07 | 38.91 | 49.84 | 578.47 | 12.96 | 0.00 | 763.00 | 1 223.61 | 10.14 | 28.59 | 100.85 |
| Plastik/Textilien | 1.94 | 166.82 | 215.89 | 348.88 | 652.84 | 97.19 | 22.15 | 850.00 | 5 756.59 | 1 488.76 | 104.29 | 100.85 |
| Elektronik | 1.35 | 20.28 | 25.85 | 39.87 | 50.00 | 35.15 | 0.00 | 50.00 | 22.82 | 5.16 | 4.61 | 5.34 |
| Batterie | 1.95 | 45.82 | 54.30 | 150.08 | 176.65 | 90.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 37.85 | 0.00 | 0.00 |
| Reifen/Gummi | 8.31 | 176.21 | 228.04 | 2 255.36 | 1 912.49 | 748.92 | 449.41 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 394.84 | 0.00 |
| Betriebsstoffe | 2.12 | 49.91 | 64.64 | 100.67 | 95.14 | 33.34 | 1.46 | 50.00 | 200.00 | 39.52 | 293.69 | 50.00 |
| Total | 50.26 | 1 549.53 | 2 000.00 | 11 726.38 | 13 685.39 | 2 984.63 | 1 260.29 | 20 525.10 | 48 077.10 | 2 534.71 | 5 903.49 | 2 072.37 |

= Masse im Ursprungslager (2015)

| 2015 | Ursprungslager MatCH | | | | | | | | | | | | Total |
|-------------------|--|-----------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|---------|------------|-----------|-----------|------------|
| | 10 966 382 | | | | | | | | | | | | |
| | Lagerbestand der einzelnen Fahrzeugkategorien [Tonnen] | | | | | | | | | | | | |
| Kategorie | 2Rad | PW | 3.5t | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges | |
| Stahl | 125 987 | 4 408 653 | 509 336 | 431 660 | 71 119 | 459 578 | 209 437 | 13 043 | 379 245 | 63 725 | 2 015 | 49 028 | 6 722 826 |
| Aluminium | 24 715 | 230 675 | 26 650 | 26 450 | 17 505 | 0 | 116 171 | 459 | 123 218 | 30 326 | 14 671 | 24 514 | 635 354 |
| Anderere Metalle | 7 736 | 88 137 | 10 183 | 7 935 | 2 117 | 48 322 | 0 | 1 190 | 29 595 | 0 | 1 055 | 0 | 196 270 |
| Glas | 0 | 134 041 | 15 486 | 2 645 | 5 136 | 3 346 | 0 | 596 | 15 928 | 1 001 | 100 | 4 086 | 182 364 |
| Plastik/Textilien | 8 884 | 743 682 | 85 918 | 18 515 | 5 797 | 25 097 | 9 159 | 664 | 74 934 | 146 881 | 364 | 4 086 | 1 123 980 |
| Elektronik | 6 165 | 90 400 | 10 290 | 2 116 | 444 | 9 077 | 0 | 39 | 297 | 509 | 16 | 216 | 119 570 |
| Batterie | 8 927 | 204 282 | 21 610 | 7 965 | 1 568 | 23 307 | 0 | 0 | 0 | 3 734 | 0 | 0 | 271 392 |
| Reifen/Gummi | 38 051 | 785 542 | 90 754 | 119 692 | 16 981 | 193 395 | 185 874 | 0 | 0 | 0 | 1 380 | 0 | 1 431 668 |
| Betriebsstoffe | 9 726 | 222 514 | 25 724 | 5 343 | 845 | 8 609 | 604 | 39 | 2 603 | 3 899 | 1 026 | 2 026 | 282 958 |
| Total | 230 193 | 6 907 926 | 795 951 | 622 319 | 121 513 | 770 729 | 521 244 | 16 030 | 625 820 | 250 074 | 20 627 | 83 956 | 10 966 382 |

Tabelle 3-2: Berechnete Masse im Ursprungslager (2015).

3.3 Lagerzuwachs

Ob und wie die Lagermasse sich verändert, hängt von der Marktsituation (allgemeine wirtschaftliche Lage und konjunkturelle Entwicklung, Metallpreise, Import und Exportbeschränkungen, etc.) und von Trends/Mode ab. In der Studie wurde der langjährige Trend der Lagerbestände basierend auf Zahlen des BFS aus der Vergangenheit ermittelt. Das Wachstum wurde für eine Periode von fünf Jahren errechnet (2010-2015). Bei Kategorien ohne Daten (z.B. Fahrräder) wurde eine Schätzung vorgenommen. Für die verschiedenen Kategorien der Bahn sind Daten der SBB nur über die Jahre 2014-2015 verfügbar, was aufgrund nicht-regelmässiger Beschaffungen keinen plausiblen Durchschnitt ergibt (das Lager würde zu tief sinken). Deshalb wurden Daten des BFS miteinbezogen. Je nach Beschaffungsrunde ergeben sich grössere Schwankungen von Jahr zu Jahr, im Durchschnitt scheinen die Stückzahlen jedoch konstant (Wachstum = 0%, Tabelle 3-3).

Für elektrisch angetriebene Personenwagen wurden Zahlen einer Studie des Zentrums für Technologiefolgenabschätzung TA Swiss übernommen (de Haan und Zah 2013). Die Projektionen zeigen höhere Wachstumsraten für kleinere als für grössere Klassen von Personenwagen. Rechnungen für das Ursprungslager (2015) sind in Tabelle 3-3 zu finden. In Tabelle 3-4 ist der berechnete Lagerbestand für 2016 dargestellt.

| Ursprungslager (Kapitel 3.2)* Jahreswachstum ^{Jahre} | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|---------|--------|-------|-------|--------|----------|-----------------|-------|------------|-----------|------------|---------|
| Jahreswachstum (Fahrzeugbestand) [%] | | | | | | | | | | | | | |
| Kategorie | Strassenverkehr | | | | | | | Schienenverkehr | | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges | |
| | 2Rad | PW | 3.St | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff | Flug | Seilbahnen | |
| | 1.86% | 1.90% | 3.90% | 0.52% | 1.80% | 1.06% | 2.28% | 0.53% | 0.00% | -0.24% | -1.17% | 0.00% | |
| = Lagerzuwachs | | | | | | | | | | | | | |
| Lagerzuwachs [Tonnen/a] | | | | | | | | | | | | | |
| Kategorie | Strassenverkehr | | | | | | | Schienenverkehr | | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges | Total |
| | 2Rad | PW | 3.St | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff | Flug | Seilbahnen | |
| Stahl | 2193 | 83 530 | 19 850 | 2 247 | 1 282 | 4 880 | 4 776 | 69 | 0 | -152 | -23 | 0 | 118 651 |
| Aluminium | 344 | 4 371 | 1 039 | 138 | 316 | 0 | 2 649 | 2 | 0 | -72 | -171 | 0 | 8 614 |
| Anderere Metalle | 166 | 1 670 | 397 | 41 | 38 | 513 | 0 | 6 | 0 | 0 | -12 | 0 | 2 820 |
| Glas | 0 | 2 540 | 604 | 14 | 93 | 36 | 0 | 3 | 0 | -2 | -1 | 0 | 3 285 |
| Plastik/Textilien | 134 | 14 090 | 3 348 | 96 | 105 | 266 | 209 | 3 | 0 | -351 | -4 | 0 | 17 898 |
| Elektronik | 262 | 1 757 | 401 | 11 | 8 | 96 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 | 2 535 |
| Batterie | 303 | 4 362 | 843 | 51 | 24 | 256 | 0 | 0 | 0 | -9 | 0 | 0 | 5 830 |
| Reifen/Gummi | 773 | 14 884 | 3 537 | 623 | 306 | 2 054 | 4 239 | 0 | 0 | 0 | -16 | 0 | 26 399 |
| Betriebsstoffe | 106 | 4 171 | 1 002 | 28 | 17 | 91 | 14 | 0 | 0 | -9 | -12 | 0 | 5 408 |
| Total | 4 281 | 131 375 | 31 020 | 3 249 | 2 188 | 8 193 | 11 887 | 84 | 0 | -597 | -240 | 0 | 191 439 |

Tabelle 3-3: Modellansatz Lagerzuwachs (berechnet aus BFS und TA-Suisse, Beispielrechnung für das Jahr 2016).

| 2016 | Lager Strassen- und Schienfahrzeuge [Tonnen] | | | | | | | | | | | | Total |
|-------------------|--|-----------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------------|---------|------------|---------------------|------------|------------|
| | 11 157 821 | | | | | | | | | | | | |
| | Lagerbestand der einzelnen Fahrzeugkategorien [Tonnen] | | | | | | | | | | | | |
| Kategorie | Strassenverkehr | | | | | | | Schienenverkehr | | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges | Total |
| | 2Rad | PW | 3.St | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff | Flug | Seilbahnen | |
| Stahl | 128 180 | 4 492 183 | 529 186 | 433 907 | 72 401 | 464 458 | 214 213 | 13 111 | 379 245 | 63 573 | 1 991 | 49 028 | 6 841 477 |
| Aluminium | 25 059 | 235 046 | 27 689 | 26 587 | 17 821 | 0 | 118 820 | 462 | 123 218 | 30 253 | 14 500 | 24 514 | 643 968 |
| Anderere Metalle | 7 902 | 89 807 | 10 579 | 7 976 | 2 156 | 48 835 | 0 | 1 197 | 29 595 | 0 | 1 043 | 0 | 199 090 |
| Glas | 0 | 136 581 | 16 089 | 2 659 | 5 229 | 3 382 | 0 | 599 | 15 928 | 998 | 99 | 4 086 | 185 649 |
| Plastik/Textilien | 9 018 | 757 772 | 89 267 | 18 611 | 5 901 | 25 363 | 9 368 | 667 | 74 934 | 146 530 | 360 | 4 086 | 1 141 878 |
| Elektronik | 6 427 | 92 157 | 10 691 | 2 127 | 452 | 9 173 | 0 | 39 | 297 | 508 | 16 | 216 | 122 104 |
| Batterie | 9 230 | 208 644 | 22 453 | 8 016 | 1 592 | 23 563 | 0 | 0 | 0 | 3 725 | 0 | 0 | 277 223 |
| Reifen/Gummi | 38 824 | 800 425 | 94 291 | 120 315 | 17 287 | 195 448 | 190 112 | 0 | 0 | 0 | 1 363 | 0 | 1 458 067 |
| Betriebsstoffe | 9 831 | 226 685 | 26 726 | 5 370 | 861 | 8 701 | 618 | 39 | 2 603 | 3 890 | 1 014 | 2 026 | 288 365 |
| Total | 234 473 | 7 039 301 | 826 971 | 625 568 | 123 701 | 778 922 | 533 131 | 16 115 | 625 820 | 249 478 | 20 386 | 83 956 | 11 157 821 |
| | | | | | | | | | | 601 978 | Mit Hochseeschiffen | | |

Tabelle 3-4: Berechnet Lagerbestand für 2016.

3.4 Gebrauchtfahrzeuge - Direktverwertung

Diverse Fahrzeuge werden in der Schweiz wiederverwendet ('Occasionsmarkt'). Dieser interne Kreislauf (Übergabe von einem Nutzer zum anderen, 'Halterwechsel') verändert die Lagermasse zwar nicht, die Grössenordnung im Vergleich mit anderen Materialflüssen ist jedoch interessant und wurde in der Studie berücksichtigt. Um den internen Kreislauf zu beschreiben, wurden die Daten des Auto Gewerbe Verbands Schweiz für PW 2016 genommen (AGVS 2016). Für die anderen Kategorien existieren solche Daten nicht, weswegen eigene Hypothesen aufgestellt wurden (siehe Tabelle 3-5).

Lagerbestand (Kapitel 3.3)* Quote Direktverwertung

| 2016 | Quote Direktverwertung Schweiz [%] | | | | | | | | | | | |
|-----------|------------------------------------|-----|------|-----|-----|--------|----------|-----------------|-----|------------|-----------|------------|
| | Strassenverkehr | | | | | | | Schienenverkehr | | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges |
| | 2Rad | PW | 3.5t | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff | Flug | Seilbahnen |
| Fahrzeuge | 20% | 20% | 20% | 10% | 5% | 5% | 5% | 1% | 1% | 4% | 5% | 1% |

= Direktverwertung in der Schweiz

| Kategorie | Direktverwertung Schweiz [Tonnen/a] | | | | | | | | | | | | Total |
|-------------------|-------------------------------------|-----------|---------|--------|-------|--------|----------|-----------------|-------|------------|-----------|------------|-----------|
| | Strassenverkehr | | | | | | | Schienenverkehr | | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges | |
| | 2Rad | PW | 3.5t | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff | Flug | Seilbahnen | |
| Stahl | 25 636 | 910 161 | 105 837 | 43 391 | 3 620 | 23 223 | 10 711 | 131 | 3 792 | 2 395 | 100 | 490 | 1 129 486 |
| Aluminium | 5 012 | 47 623 | 5 538 | 2 659 | 891 | 0 | 5 941 | 5 | 1 232 | 1 140 | 725 | 245 | 71 009 |
| Andere Metalle | 1 580 | 18 196 | 2 116 | 798 | 108 | 2 442 | 0 | 12 | 296 | 0 | 52 | 0 | 25 599 |
| Glas | 0 | 27 673 | 3 218 | 266 | 261 | 169 | 0 | 6 | 159 | 38 | 5 | 41 | 31 836 |
| Plastik/Textilien | 1 804 | 153 532 | 17 853 | 1 861 | 295 | 1 268 | 468 | 7 | 749 | 5 519 | 18 | 41 | 183 416 |
| Elektronik | 1 285 | 18 672 | 2 138 | 213 | 23 | 459 | 0 | 0 | 3 | 19 | 1 | 2 | 22 815 |
| Batterie | 1 846 | 42 268 | 4 491 | 802 | 80 | 1 178 | 0 | 0 | 0 | 140 | 0 | 0 | 50 804 |
| Reifen/Gummi | 7 765 | 162 174 | 18 858 | 12 031 | 864 | 9 772 | 9 506 | 0 | 0 | 0 | 68 | 0 | 221 039 |
| Betriebsstoffe | 1 966 | 45 929 | 5 345 | 537 | 43 | 435 | 31 | 0 | 26 | 147 | 51 | 20 | 54 531 |
| Total | 46 895 | 1 426 226 | 165 394 | 62 557 | 6 185 | 38 946 | 26 657 | 161 | 6 258 | 9 397 | 1 019 | 840 | 1 790 535 |

Tabelle 3-5: Modellansatz Direktverwertung (Beispielrechnung für das Jahr 2016).

3.5 Lagerabfluss

Der Lagerabfluss ist abhängig von der Nutzungs-/Lebensdauer der Fahrzeuge und vom anfänglichen Anteil an Abfall in den entsprechenden Mobilitäts-Kategorien (Tabelle 3-6).

Nutzungsdauer/Lebensdauer:

Der Begriff ‚Lebensdauer‘ wird je nach Konsumsektor unterschiedlich verwendet. In dieser Studie war weniger die technisch mögliche Lebensdauer massgebend, sondern eher die Zeit, während der üblicherweise ein Material oder ein Produkt eine Aufgabe erfüllt, bevor es aus sozio-ökonomischen Gründen ersetzt wird. Deshalb wird im Bericht der Doppelbegriff Nutzungs-/Lebensdauer verwendet.

Fahrzeuge erreichen ihr Nutzungs- oder Lebensende aus Altersgründen, wegen vorzeitiger Abschreibung durch Unfall oder durch Verkauf in den Export (GHK 2006).

Für die Abschätzung der Nutzungs-/Lebensdauer wurden Literaturwerte (z.B. (SARS 2010) oder (Michael Spielmann u. a. 2007)) verwendet. Zwischen der Erstinverkehrssetzung eines Fahrzeugs und der Annullation des Fahrzeugausweises liegen ca. 15 bis 16 Jahre (SARS 2010) (SARS 2011). Für PW wurden in dieser Studie 16 Jahre angenommen.

Bei Lastwagen wurde eine Nutzungs-/Lebensdauer von 12 Jahren gewählt; Zahlen aus dem Ausland zeigen zwar eine längere Nutzungsdauer (Bsp. Deutschland über 20 Jahre), in der Schweiz erfolgen Fahrzeugwechsel jedoch wegen reduzierten Betriebs- und Unterhaltskosten von modernen LKW (u.a. tiefere Tarife für die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe LSWA bei höheren Emissionsklassen¹¹) deutlich früher.

¹¹ http://www.ezv.admin.ch/zollinfo_firmen/04020/04204/04208/04744/index.html?lang=de

| Lagerbestand (Kapitel 3.3) * (1/Lebensdauer der Materialien) | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|-------|-------|------------|-----------|------------|--|
| Lebensdauer / Nutzungsdauer [Jahre] | | | | | | | | | | | | | |
| kehr | Schienerverkehr | | | | | | | | | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges | |
| Kategorie | 2Rad | PW | 3.5t | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff | Flug | Seilbahnen | |
| Lebensdauer Fahrzeug | 17.2 | 16.0 | 18.0 | 12.0 | 12.0 | 20.0 | 15.0 | 30.0 | 24.5 | 30.0 | 20.0 | 40.0 | |
| Anfallender Anteil an Abfall der entsprechenden Lager pro Jahr [% / a] | | | | | | | | | | | | | |
| kehr | Schienerverkehr | | | | | | | | | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges | |
| Kategorie | 2Rad | PW | 3.5t | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff | Flug | Seilbahnen | |
| Entsorgung [% Stock] | 5.81% | 6.25% | 5.56% | 8.33% | 8.33% | 5.00% | 6.67% | 3.33% | 4.09% | 3.33% | 5.00% | 2.50% | |

= Lagerabfluss

| Lagerabfluss [Tonnen/a] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|----------|---------|---------|--------|-----------------|----------|-------|-------|------------|-----------|------------|----------|--|
| Kategorie | Strassenverkehr | | | | | Schienerverkehr | | | | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges | Total | |
| | 2Rad | PW | 3.5t | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff | Flug | Seilbahnen | | |
| Elektrizität (t CO2-eq) | 227 | 1941 | 4 | 94 | 2381 | 0 | 0 | 15576 | 24728 | 0 | 0 | 16929 | 61880 | |
| Treibstoff (t CO2-eq) | 205618 | 11511425 | 1641095 | 2116680 | 368841 | 514689 | 0 | 0 | 0 | 141580 | 4104076 | 0 | 20604004 | |
| Stahl | 7447 | 280761 | 29399 | 36156 | 6033 | 23223 | 14281 | 437 | 15495 | 2119 | 100 | 1226 | 416678 | |
| Aluminium | 1453 | 14690 | 1538 | 2215 | 1485 | 0 | 7921 | 15 | 5034 | 1008 | 725 | 613 | 36699 | |
| Anderer M. / RESH | 460 | 5613 | 588 | 665 | 180 | 2442 | 0 | 40 | 1209 | 0 | 52 | 0 | 11248 | |
| Glas / RESH | 0 | 8536 | 894 | 222 | 436 | 169 | 0 | 20 | 651 | 33 | 5 | 102 | 11068 | |
| Plastik / RESH | 523 | 47361 | 4959 | 1551 | 492 | 1268 | 625 | 22 | 3062 | 4884 | 18 | 102 | 64867 | |
| Elektronik / RESH | 379 | 5760 | 594 | 177 | 38 | 459 | 0 | 1 | 12 | 17 | 1 | 5 | 7443 | |
| Batterie | 541 | 13040 | 1247 | 667 | 133 | 1178 | 0 | 0 | 0 | 124 | 0 | 0 | 16931 | |
| Reifen, Gummi | 2259 | 50027 | 5238 | 10025 | 1441 | 9772 | 12674 | 0 | 0 | 0 | 68 | 0 | 91505 | |
| Betriebsstoffe | 569 | 14168 | 1485 | 447 | 72 | 435 | 41 | 1 | 106 | 130 | 51 | 51 | 17556 | |
| Total Energie | 205844 | 11513367 | 1641099 | 2116774 | 371222 | 514690 | 0 | 15576 | 24728 | 141580 | 4104076 | 16929 | 20665884 | |
| Total Materialien | 13632 | 439956 | 45943 | 52126 | 10308 | 38946 | 35542 | 537 | 25570 | 8316 | 1019 | 2099 | 673995 | |
| Total | 219477 | 11953323 | 1687041 | 2168900 | 381530 | 553636 | 35542 | 16113 | 50297 | 149896 | 4105095 | 19028 | 21339879 | |

Tabelle 3-6: Modellansatz Lagerabfluss in Entsorgung (Beispielrechnung für das Jahr 2016).

3.6 Export

Ein Teil der alten Fahrzeuge wird ins Ausland exportiert und dort wiederverwendet. Daten über diese Flüsse (in Massen) werden bei der eidgenössischen Zollverwaltung (EZV) erfasst¹². In diesem Bericht wurden die Daten für die verschiedenen Kategorien aggregiert. Nicht inbegriffen sind Teile von Fahrzeugen (z.B. Reifen, Fahrgestelle, Bremsen) die separat exportiert werden. Die Zollverwaltung macht keinen Unterschied zwischen dem Export von alten und neuen Fahrzeugen. Es kann deshalb sein, dass diese Statistiken auch Daten für neue Fahrzeuge enthalten.

Die Exportquoten berechnen sich aus den gemäss der EZV rapportierten Zahlen im Verhältnis zum Fahrzeugbestand in den entsprechenden Kategorien (Tabelle 3-7). Auf europäischer Ebene existieren Publikationen beispielsweise von Eurostat¹³, welche Informationen über die Verschiebungen von Fahrzeugen innerhalb und ausserhalb der EU liefern. Unter der Annahme ähnlicher Verhältnisse wie in Deutschland würden ca. 50% der aus der Schweiz exportierten Fahrzeuge in östlichen EU-Ländern (v.a. Polen, Rumänien, Tschechien) weiterbetrieben, über die restlichen 50% gibt es keine genauen Angaben. Die Weiternutzung im Ausland wurde nicht näher untersucht, sondern graphisch nur durch gestrichelte Linien gekennzeichnet (Abbildung 3-1 und Auswertungen Kapitel 4).

¹² <https://www.swiss-impex.admin.ch/>

¹³ http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/docs/2010_2nd_hand_car_en.pdf

Lagerbestand (Kapitel 3.3) * Exportquote am Lagerbestand

| Exportquote am Lagerbestand [%] | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-----------------|------|------|------|------|--------|----------|-----------------|------|------------|-----------|------------|
| Kategorie | Strassenverkehr | | | | | | | Schienenverkehr | | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges |
| | 2Rad | PW | 3.5t | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff | Flug | Seilbahnen |
| Export [% Stock] | 1.8% | 2.4% | 2.4% | 6.6% | 6.6% | 3.3% | 1.3% | 0.0% | 4.0% | 0.6% | 4.0% | 0.5% |

= Export

| Exportfluss [Tonnen/a] | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------|---------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|------------|------------|---------------|
| Kategorie | Strassenverkehr | | | | | | | Schienenverkehr | | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges | Total |
| | 2Rad | PW | 3.5t | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff | Flug | Seilbahnen | |
| Stahl | 2327 | 109895 | 12963 | 28817 | 4808 | 15401 | 2820 | 0 | 15145 | 368 | 80 | 227 | 192852 |
| Aluminium | 457 | 5750 | 678 | 1766 | 1184 | 0 | 1564 | 0 | 4921 | 175 | 584 | 113 | 17192 |
| Andere Metalle | 143 | 2197 | 259 | 530 | 143 | 1619 | 0 | 0 | 1182 | 0 | 42 | 0 | 6115 |
| Glas | 0 | 3341 | 394 | 177 | 347 | 112 | 0 | 0 | 636 | 6 | 4 | 19 | 5036 |
| Plastik/Textilien | 164 | 18538 | 2187 | 1236 | 392 | 841 | 123 | 0 | 2992 | 848 | 15 | 19 | 27355 |
| Elektronik | 113 | 2255 | 262 | 141 | 30 | 304 | 0 | 0 | 12 | 3 | 1 | 1 | 3122 |
| Batterie | 164 | 5109 | 550 | 532 | 106 | 782 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 7265 |
| Reifen/Gummi | 702 | 19581 | 2310 | 7991 | 1148 | 6481 | 2502 | 0 | 0 | 0 | 55 | 0 | 40770 |
| Betriebsstoffe | 180 | 5545 | 655 | 357 | 57 | 288 | 8 | 0 | 104 | 23 | 41 | 9 | 7267 |
| Total | 4251 | 172211 | 20258 | 41546 | 8215 | 25829 | 7017 | 0 | 24992 | 1444 | 821 | 388 | 306973 |

Tabelle 3-7: Modellansatz Export (Beispielrechnung für das Jahr 2016).

3.7 Fluss 'Unbekannt'

Die Datenqualität des Flusses in die Entsorgung ist begrenzt, da es Differenzen zwischen annullierten und tatsächlich entsorgten Fahrzeugen gibt ((Stiftung Autorecycling Schweiz 2015), Anhang A I). Eine Analyse von (Blaser, Widmer, und Wäger 2012) hat beispielsweise ergeben: „Da beim Export und bei der Entsorgung ein gewisser Anteil der Fahrzeuge nicht gemeldet werden, können nicht alle Fahrzeugströme zuverlässig geschätzt werden“. Mögliche Gründe können sein: Fahrzeuge, welche ohne Annullation ins Ausland gehen, illegal abgestellte oder verlassene Fahrzeuge. Diese Fahrzeuge (prinzipiell PW) wurden als Fluss 'Unbekannt' zugeordnet. Es ist unklar, ob dieser Fluss in der Schweiz bleibt oder (als wahrscheinlicher anzunehmen) längerfristig ins Ausland geht. Die Quote dieses Flusses wurde aus Daten von SARS (Mittelwert 2006-2015 der Differenz zwischen annullierten zu geschredderten Fahrzeugen über den Lagerbestand 2016) (Stiftung Autorecycling Schweiz 2015) berechnet (Tabelle 3-8).

Lagerbestand (Kapitel 3.3) * Quote 'Unbekannt'

| Unbekannt | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|-----------------|-------|------------|-----------|------------|
| Kategorie | Strassenverkehr | | | | | | | Schienenverkehr | | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges |
| | 2Rad | PW | 3.5t | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff | Flug | Seilbahnen |
| Unbekannt [% Stock] | 0.00% | 1.60% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| Unbekannt [Anzahl] | 0 | 72548 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

= Fluss 'Unbekannt'

| Unbekannt - Fluss [Tonnen/a] | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|----------|------------|-----------|------------|---------------|
| Kategorie | Strassenverkehr | | | | | | | Schienenverkehr | | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges | Total |
| | 2Rad | PW | 3.5t | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff | Flug | Seilbahnen | |
| Stahl | 0 | 71762 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 71762 |
| Aluminium | 0 | 3755 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3755 |
| Andere Metalle | 0 | 1435 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1435 |
| Glas | 0 | 2182 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2182 |
| Plastik/Textilien | 0 | 12105 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12105 |
| Elektronik | 0 | 1469 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1469 |
| Batterie | 0 | 3299 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3299 |
| Reifen/Gummi | 0 | 12787 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12787 |
| Betriebsstoffe | 0 | 3624 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3624 |
| Total | 0 | 112418 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 112418 |

Tabelle 3-8: Modellansatz Fluss in Entsorgung nach Export (Beispielrechnung für das Jahr 2016).

3.8 Fluss in Entsorgung

Wird von den aus der Flotte abfliessenden Fahrzeugen der Anteil abgezogen, welcher in den Export geht (Kapitel 3.6) sowie die Fahrzeuge, die ein unbekanntes Schicksal haben (Kapitel 3.7), erhält man den Fluss in das Entsorgungssystem in der Schweiz (Tabelle 3-9). Die Zahlen können Schwankungen unterliegen, falls beispielsweise durch fiskalische Anreize zu tieferen Emissionsklassen bei Lastwagen mehr Fahrzeuge in den Export gehen, als normalerweise aus der Flotte abfliessen würden.

**Lagerabfluss (Kapitel 3.5) – Export (Kapitel 3.6) – Unbekannt (Kapitel 3.7)
= Fluss in Entsorgung**

| Fluss in Entsorgung nach Export und Unbekannt [Tonnen/a] | | | | | | | | | | | | | | Total |
|--|-----------------|---------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-----------------|------------|-------------|------------|-------------|---------------|-------|
| Kategorie | Strassenverkehr | | | | | | | Schienenverkehr | | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges | | |
| | 2Rad | PW | 3.St | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff | Flug | Seilbahnen | | |
| Stahl | 5120 | 99105 | 16436 | 7339 | 1225 | 7822 | 11461 | 437 | 350 | 1751 | 19 | 999 | 152064 | |
| Aluminium | 996 | 5185 | 860 | 450 | 302 | 0 | 6357 | 15 | 114 | 833 | 141 | 500 | 15753 | |
| Andere M. / RESH | 317 | 1981 | 329 | 135 | 36 | 822 | 0 | 40 | 27 | 0 | 10 | 0 | 3698 | |
| Glas / RESH | 0 | 3013 | 500 | 45 | 88 | 57 | 0 | 20 | 15 | 27 | 1 | 83 | 3850 | |
| Plastik / RESH | 359 | 16718 | 2773 | 315 | 100 | 427 | 501 | 22 | 69 | 4036 | 3 | 83 | 25407 | |
| Elektronik / RESH | 265 | 2036 | 332 | 36 | 8 | 154 | 0 | 1 | 0 | 14 | 0 | 4 | 2851 | |
| Batterie | 377 | 4632 | 697 | 135 | 27 | 396 | 0 | 0 | 0 | 103 | 0 | 0 | 6367 | |
| Reifen, Gummi | 1557 | 17659 | 2929 | 2035 | 292 | 3292 | 10172 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 37948 | |
| Betriebsstoffe | 389 | 4998 | 830 | 91 | 15 | 147 | 33 | 1 | 2 | 107 | 10 | 41 | 6665 | |
| Total | 9381 | 155327 | 25685 | 10579 | 2093 | 13117 | 28525 | 537 | 578 | 6872 | 198 | 1711 | 254604 | |

Tabelle 3-9: Modellansatz Fluss in Entsorgung nach Export und 'Unbekannt' (Beispielrechnung für das Jahr 2016).

3.9 Teileverwertung

Ein Teil der in die Entsorgung gelangenden Komponenten kann in ihrer ursprünglichen Funktion wiederverwertet werden. Die Teile werden aus Gebrauchtfahrzeugen ausgebaut und in die Lager der Teileverwerter aufgenommen. Der bedeutend grössere Anteil der Gebrauchtfahrzeuge wird jedoch stofflich verwertet, d.h. die Materialien werden nach einem Shredder- und Separationsprozess als Sekundärmaterialien verkauft.

Die Zahlen der Studie (Tabelle 3-10) sind eine approximative Abschätzung basierend auf Diskussionen mit Branchenfachleuten (gemäss Anhang A I). Wissenschaftliche Arbeiten dazu sind in Ausführung, jedoch zurzeit nicht verfügbar.

Fluss in Entsorgung (Kapitel 3.8)* Transferkoeffizienten Teileverwertung

| Kategorie | Transferkoeffizienten Teileverwertung [%] |
|------------------------|---|
| Eisen, Stahl | 5% |
| Aluminium | 5% |
| Andere Metalle | 1% |
| Glas | 3% |
| Plastik, Synthetisches | 3% |
| Elektronik | 20% |
| Batterie | 20% |
| Reifen, Gummi | 35% |
| Betriebsstoffe | 30% |

= Teileverwertung

| Kategorie | Fluss Teileverwertung [Tonnen/a] |
|------------------------|----------------------------------|
| Eisen, Stahl | 7 603 |
| Aluminium | 788 |
| Andere Metalle | 37 |
| Glas | 115 |
| Plastik, Synthetisches | 762 |
| Elektronik | 570 |
| Batterie | 1 273 |
| Reifen, Gummi | 13 282 |
| Betriebsstoffe | 1 999 |
| Total | 26 431 |

Tabelle 3-10: Anteil der Materialien, welche nicht stofflich, sondern funktional als Ersatzteile verwertet werden.

3.10 Entsorgung und Aufbereitung zu Sekundärmaterial

Im Entsorgungsprozess werden drei kaskadisch angeordnete Verwertungswege unterschieden. Ziel des Recyclings ist die möglichst vollständige Rückgewinnung von Materialien unter Einhaltung von gesetzlichen Vorgaben (siehe Anhang A I). Nicht-verwertbare Anteile werden in einer Kehrriechverbrennungsanlage KVA oder Hochtemperatur-Verbrennung HVA (z.B. auch Zementwerke für Reifen) thermisch verwertet. Durch die Verbrennung organischen Materials sinkt die Masse. Metallische Rückstände in der Schlacke gehen zurück in das Recycling. Der Rest der Schlacke wird deponiert. Die detaillierten Zahlen aus Tabelle 3-11 werden in Abbildung 3-2 visualisiert. Da keine detaillierten Werte für verschiedene Mobilitätskategorien vorliegen, wurden Personenwagen als Referenz angenommen. Das heisst, dass beispielsweise die Rückgewinnungsrate von Aluminium gleich angenommen wurde für Schiffe und Flugzeuge wie für Autos.

| [%] | Recycling | | | | | KVA/HVA | | | | | Deponie | | | |
|--------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | Recycling EIN direkt | Recycling AUS zu KVA/HVA | Recycling AUS zu Deponie | Recycling IN aus KVA/HVA | Recycling zusammen gefasst | KVA/HVA EIN direkt | KVA/HVA EIN aus Recycling | KVA/HVA AUS zu Recycling | KVA/HVA AUS zu Deponie | KVA/HVA zusammen gefasst | Deponie EIN direkt | Deponie EIN aus Recycling | Deponie EIN aus KVA/HVA | Deponie zusammen gefasst |
| Stahl | 100% | 5% | 0% | 2% | 97% | 0% | 5% | 2% | 3% | 0% | 0% | 0% | 3% | 3% |
| Aluminium | 100% | 5% | 0% | 2% | 97% | 0% | 5% | 2% | 3% | 0% | 0% | 0% | 3% | 3% |
| Andere M. / (RESH) | 100% | 5% | 0% | 2% | 97% | 0% | 5% | 2% | 3% | 0% | 0% | 0% | 3% | 3% |
| Glas / RESH | 100% | 97% | 0% | 0% | 3% | 0% | 97% | 0% | 94% | 3% | 0% | 0% | 94% | 94% |
| Plastik / RESH | 100% | 97% | 0% | 0% | 3% | 0% | 97% | 0% | 3% | 94% | 0% | 0% | 3% | 3% |
| Elektronik / RESH | 100% | 97% | 0% | 0% | 3% | 0% | 97% | 0% | 50% | 47% | 0% | 0% | 50% | 50% |
| Batterie | 100% | 0% | 0% | 0% | 100% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Reifen, Gummi* | 100% | 100% | 0% | 0% | 0% | 0% | 100% | 0% | 17% | 83% | 0% | 0% | 17% | 17% |
| Betriebsstoffe | 100% | 10% | 0% | 0% | 90% | 0% | 10% | 0% | 0% | 10% | 0% | 0% | 0% | 0% |

* Verbrennung in der Zementindustrie

Tabelle 3-11: Anteile (%) der Materialmassen, welche in die drei Entsorgungsprozesse Recycling, KVA/HVA und Deponie ein- und ausfliessen. Fett: Zusammengefasste Netto-Werte.

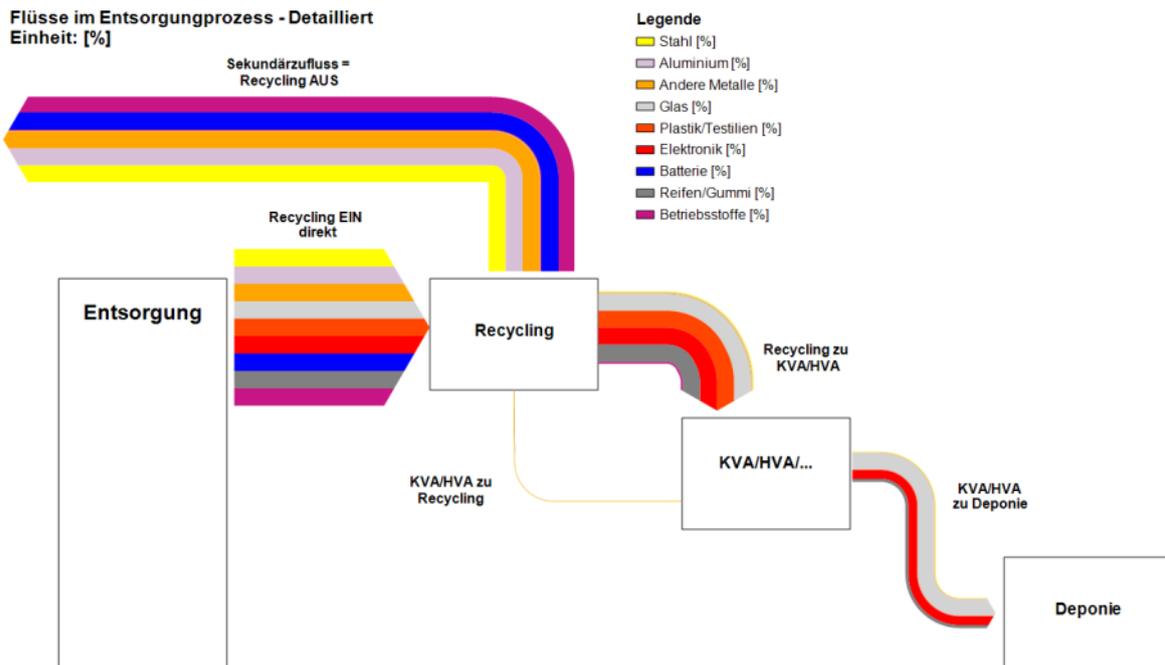
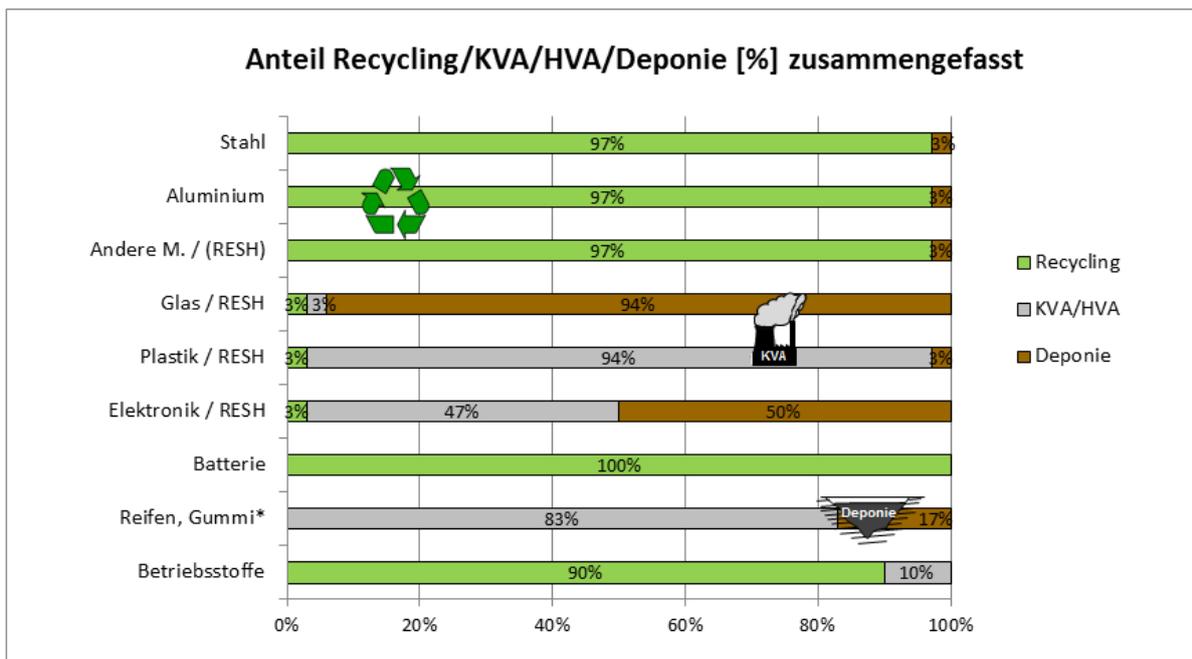


Abbildung 3-2: Detaillierte Darstellung der Aufteilung der Materialien im Entsorgungsprozess (in Prozent der verschiedenen Materialien).

Zur einfacheren Übersicht kann pro Materialkategorie eine Netto-Aufteilung auf Recycling, KVA/HVA und Deponie vorgenommen werden, die resultierenden Transferkoeffizienten sind in Abbildung 3-3 und in Tabelle 3-12 dargestellt.



* Verbrennung in der Zementindustrie

Abbildung 3-3: Aufteilung der entsorgten Materialien auf Recycling, KVA/HVA und Deponie.

Recyclingfluss nach Teilverwertung*

Transferkoeffizienten Recycling/KVA/Deponie

| | Transferkoeffizienten | | |
|-------------------|-----------------------|---------|---------|
| | Recycling | KVA/HVA | Deponie |
| Stahl | 0.97 | 0.00 | 0.03 |
| Aluminium | 0.97 | 0.00 | 0.03 |
| Anderer M. / RESH | 0.97 | 0.00 | 0.03 |
| Glas / RESH | 0.03 | 0.03 | 0.94 |
| Plastik / RESH | 0.03 | 0.94 | 0.03 |
| Elektronik / RESH | 0.03 | 0.47 | 0.50 |
| Batterie | 1.00 | 0.00 | 0.00 |
| Reifen, Gummi | 0.00 | 0.83 | 0.17 |
| Betriebsstoffe | 0.90 | 0.10 | 0.00 |

= Fluss in Recycling/KVA/Deponie

| Kategorie | Fluss Recycling [Tonnen/a] | Fluss KVA/HVA [Tonnen/a] | Fluss Deponie [Tonnen/a] |
|-------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Stahl | 140 127 | 0 | 4 334 |
| Aluminium | 14 516 | 0 | 449 |
| Anderer M. / RESH | 3 552 | 0 | 110 |
| Glas / RESH | 112 | 112 | 3 510 |
| Plastik / RESH | 739 | 23 166 | 739 |
| Elektronik / RESH | 68 | 1 072 | 1 141 |
| Batterie | 5 094 | 0 | 0 |
| Reifen, Gummi | 0 | 20 473 | 4 193 |
| Betriebsstoffe | 4 199 | 467 | 0 |
| Total | 168 407 | 45 290 | 14 476 |

Tabelle 3-12: Transferkoeffizienten (netto) im Entsorgungsschritt mit Aufteilung in Recycling, Verbrennung und Deponie sowie resultierende Massenflüsse.

3.11 Lagerzufluss

Um das Lager, d.h. die gesamte Mobilitätsflotte, konstant zu halten, muss der durch Alterung abfließende Teil (Kapitel 3.5) laufend durch neue Fahrzeuge ersetzt werden. Je nach konjunktureller Situation und Verschiebungen im Konsumverhalten jeder Fahrzeugkategorie gibt es noch zusätzlichen Bedarf nach Ausbau oder Reduktion der Flotte (Kapitel 3.3). Der effektive Lagerzufluss ist die Summe des Lagerzuwachses durch konjunkturelle Veränderungen und des Ersatzes durch den Lagerabfluss (Tabelle 3-13).

Lagerzuwachs (Kapitel 3.3) + Lagerabfluss (Kapitel 3.5) = Lagerzufluss

| Kategorie | Lagerzufluss [Tonnen/a] | | | | | | | | | | | | Total |
|-------------------|-------------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|------------|--------------|----------------|
| | Strassenverkehr | | | | | | | Schienenverkehr | | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges | |
| | 2Rad | PW | 3.St | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff | Flug | Seilbahnen | |
| Stahl | 9 640 | 364 291 | 49 249 | 38 403 | 7 316 | 28 103 | 19 057 | 506 | 15 495 | 1 967 | 76 | 1 226 | 535 329 |
| Aluminium | 1 796 | 19 061 | 2 577 | 2 353 | 1 801 | 0 | 10 571 | 18 | 5 034 | 936 | 554 | 613 | 45 314 |
| Anderer Metalle | 627 | 7 283 | 985 | 706 | 218 | 2 955 | 0 | 46 | 1 209 | 0 | 40 | 0 | 14 068 |
| Glas | 0 | 11 076 | 1 497 | 235 | 528 | 205 | 0 | 23 | 651 | 31 | 4 | 102 | 14 352 |
| Plastik/Textilien | 657 | 61 451 | 8 308 | 1 647 | 596 | 1 535 | 833 | 26 | 3 062 | 4 534 | 14 | 102 | 82 765 |
| Elektronik | 640 | 7 517 | 995 | 188 | 46 | 555 | 0 | 2 | 12 | 16 | 1 | 5 | 9 977 |
| Batterie | 845 | 17 402 | 2 090 | 718 | 156 | 1 434 | 0 | 0 | 0 | 115 | 0 | 0 | 22 761 |
| Reifen/Gummi | 3 032 | 64 910 | 8 775 | 10 649 | 1 747 | 11 826 | 16 913 | 0 | 0 | 0 | 52 | 0 | 117 904 |
| Betriebsstoffe | 675 | 18 339 | 2 487 | 475 | 88 | 526 | 55 | 2 | 106 | 120 | 39 | 51 | 22 963 |
| Total | 17 913 | 571 331 | 76 963 | 55 375 | 12 496 | 47 139 | 47 429 | 622 | 25 570 | 7 719 | 779 | 2 099 | 865 433 |

Tabelle 3-13: Modellansatz Lagerzufluss (Beispielrechnung für das Jahr 2016).

3.12 Importfluss

Der Importfluss von Fahrzeugen ist leicht geringer als der benötigte Lagerzufluss, da Teile aus dem Recyclingprozess wiederverwendet werden können und dadurch den Import entlasten.

Der Importfluss zeigt die tatsächlich jährlich importierte Masse an Fahrzeugen, Ersatzteilen und Treibstoff in den Mobilitätsbereich der Schweiz. Elektrizität wird zur Vereinfachung auch beim Import ausgewiesen, obwohl die Produktion vorwiegend inländisch erfolgt (Tabelle 3-14).

| Lagerzufluss (Kapitel 3.11) - Teilverwertung (Kapitel 3.9) = Importfluss | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|-----------------|-------|------------|-----------|-----------|---------|
| Importfluss [Tonnen/a] | | | | | | | | | | | | | |
| Kategorie | Strassenverkehr | | | | | | | Schienenverkehr | | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges | Total |
| | 2Rad | PW | 3.St | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff | Flug | Selbahnen | |
| Elektrizität (toe) | 72 | 616 | 1 | 30 | 756 | 0 | 0 | 4945 | 7850 | 0 | 0 | 5374 | 19645 |
| Treibstoff (toe) | 65275 | 3654421 | 520983 | 671962 | 117092 | 163393 | 0 | 0 | 0 | 44946 | 1302881 | 0 | 6540954 |
| Stahl | 9498 | 359299 | 48661 | 37921 | 7235 | 27587 | 18819 | 491 | 15074 | 1896 | 74 | 1171 | 527726 |
| Aluminium | 1766 | 18773 | 2543 | 2321 | 1779 | 0 | 10425 | 17 | 4884 | 899 | 536 | 583 | 44526 |
| Andere Metalle | 625 | 7266 | 983 | 704 | 217 | 2946 | 0 | 46 | 1204 | 0 | 40 | 0 | 14031 |
| Glas | 0 | 10991 | 1487 | 234 | 525 | 203 | 0 | 23 | 641 | 30 | 4 | 100 | 14237 |
| Plastik/Textilien | 651 | 60945 | 8248 | 1635 | 592 | 1518 | 827 | 25 | 3012 | 4436 | 14 | 99 | 82002 |
| Elektronik | 610 | 7087 | 945 | 178 | 44 | 512 | 0 | 1 | 11 | 13 | 1 | 4 | 9407 |
| Batterie | 802 | 16444 | 1987 | 681 | 149 | 1326 | 0 | 0 | 0 | 98 | 0 | 0 | 21488 |
| Reifen/Gummi | 2679 | 57619 | 7916 | 9553 | 1589 | 10046 | 15181 | 0 | 0 | 0 | 40 | 0 | 104622 |
| Betriebsstoffe | 607 | 16767 | 2302 | 438 | 82 | 466 | 51 | 1 | 88 | 93 | 32 | 37 | 20964 |
| Total Energie | 65347 | 3655037 | 520984 | 671992 | 117848 | 163394 | 0 | 4945 | 7850 | 44946 | 1302881 | 5374 | 6560598 |
| Total Materialien | 17238 | 555192 | 75072 | 53665 | 12214 | 44603 | 45303 | 605 | 24912 | 7467 | 739 | 1994 | 839003 |
| Total | 82585 | 4210229 | 596056 | 725657 | 130062 | 207996 | 45303 | 5550 | 32763 | 52413 | 1303620 | 7368 | 7399601 |

Tabelle 3-14: Modellansatz Importfluss (Beispielrechnung für das Jahr 2016).

3.13 Energiefluss

Die Berechnung der Energiemassen, welche für die Mobilität Schweiz benötigt werden, unterscheidet sich wegen den unterschiedlichen physikalischen Einheiten (Energie statt Masse) von der Berechnung der Materialmassen. Um die gemeinsame Darstellung von Materialien und Massenflüssen zu ermöglichen, wurden verschiedene Energieträger (Benzin, Diesel, Elektrizität) in Öl-Äquivalente umgerechnet und als Importfluss als Massenstrom ausgewiesen.

Die prinzipielle Berechnung wurde gleich wie bei den Materialien mit einem bottom-up Ansatz für alle 78 Mobilitätskategorien auf der untersten Stufe vorgenommen. Daten über den thermischen und elektrischen Bedarf pro Kilometer (z.B. (Tuchs Schmid 2011) und eigene Erhebungen) und die gefahrenen Distanzen pro Jahr jeder Kategorie (BFS) wurden gesammelt (siehe Anhang A IV), was die Auswertung des Energieflusses in Form eines Massenstromes (in toe) detailliert pro Fahrzeugkategorie ermöglicht.

Umrechnung Energie- in Massenfluss:

Da der Energiebedarf von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren meist in Liter pro km angegeben wird, ist die Umrechnung als Massenfluss einfach über die Multiplikation mit der Dichte des Treibstoffes.

$$\text{Treibstoff-Verbrauch als Volumenfluss [Liter/km]} \times \text{Dichte [kg/Liter]} = \text{Massenfluss [kg/km]}$$

Die Umrechnung des Energiebedarfs von Elektrofahrzeugen in einen Massenfluss folgt den Überlegungen:

- Die Produktion von einer Kilowattstunde Strom verursacht 99 Gramm CO₂-Äquivalente (Schweizerischer-Marktmix) bzw. 11 Gramm CO₂-Äquivalente (Bahnnetz Schweiz)¹⁴
- Wieviel Öl muss verbrannt werden, um diese Massen CO₂-Äquivalente zu verursachen?

Diese Berechnung berücksichtigt somit die Qualität der verwendeten Elektrizität. Tabelle 3-15 zeigt 3.13·10⁻⁵ toe/kWh für den Schweizer Strommarkt-Mix und 3.34·10⁻⁶ toe/kWh für den SBB-Mix.

| | Endverbrauch pro Einheit | | Umweltbelastung gemäss Ecoinvent v.3.2 [kg CO ₂ -eq / kWh] ^{1,2} | Treibhausgas-emissionen [t CO ₂ -eq tot] | Emissionsfaktor [t CO ₂ eq tot/toe] | Masse [toe] | Toe pro Einheit Elektrizität [toe/TJ] | Toe pro Einheit Elektrizität [toe/kWh] |
|--------|--------------------------|----------|---|--|---|----------------|--|---|
| | [TJ] | [kWh] | | | | | | |
| Züge | 1 | 2.78E+05 | 0.010535 | 2.93 | 3.15 | 9.29.E-01 | 9.29.E-01 | |
| | 3.60E-06 | 1 | | 1.05.E-05 | | 3.34.E-06 | 3.34.E-06 | |
| Andere | 1 | 2.78E+05 | 0.098548 | 27.37 | 3.15 | 8.69.E+00 | 8.69.E+00 | |
| | 3.60E-06 | 1 | | 9.85.E-05 | | 3.13.E-05 | 3.13.E-05 | |

¹Ecoinvent 3.2: Electricity, high voltage, for Swiss Federal Railways//[CH] market for electricity, high voltage, for Swiss Federal Railways

²Ecoinvent 3.2: Electricity, low voltage//[CH] market for electricity, low voltage

Tabelle 3-15: Umrechnung von Elektrizität auf Tonnen Öl-Äquivalente unter Berücksichtigung der Treibhausgas-Emissionen für den Zugverkehr und den restlichen Verkehr.

Als Mittelwert für den Energiebedarf und die Treibhausgasemissionen eines Durchschnittsfahrzeugs pro Mobilitätskategorie ergeben sich folgende Werte (Tabelle 3-16, Tabelle 3-17):

| Kategorie | | Strassenverkehr | | | | | | |
|--|--------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------|
| | | 2Rad | PW | 3.St | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | 926 | 14926 | 14000 | 50000 | 39372 | 1045 | 5014 |
| Energietreiber | Typ | Benzin + Elektr. Strommix CH | Benzin + Elektr. Strommix CH | Benzin + Elektr. Strommix CH | Diesel + Elektr. Strommix CH | Diesel + Elektr. Strommix CH | Diesel + Elektr. Strommix CH | - |
| Elektrizität | | | | | | | | |
| Treibstoffsverbrauch pro kWh | toe/kWh | 3.13E-05 | 3.13E-05 | 3.13E-05 | 3.13E-05 | 3.13E-05 | 3.13E-05 | 0 |
| Elektrizitätsverbrauch | kWh/100 km | 0.04 | 0.02 | 0.00 | 0.03 | 6.94 | 0.00 | 0 |
| Stromverbrauch pro Fahrzeug | kWh/a | 0.38 | 3 | 0.07 | 13.57 | 2731.53 | 0.01 | 0 |
| Energiebedarf Elektrizität pro Fahrzeug | toe/a | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.00 | 0.00 |
| Emissionen aus Elektrizität pro Fahrzeug | t CO ₂ -eq./a | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.26 | 0.00 | 0.00 |
| Stromverbrauch gesamt | kWh/a | 2300773 | 19700636 | 37269 | 958333 | 24159262 | 3831 | 0 |
| Energiebedarf Elektrizität gesamt | toe/a | 72 | 616 | 1 | 30 | 756 | 0 | 0 |
| Emissionen aus Elektrizität gesamt | t CO ₂ -eq./a | 227 | 1941 | 4 | 94 | 2381 | 0 | 0 |
| Treibstoff | | | | | | | | |
| Treibstoffsverbrauch | l/100 km | 2 | 7 | 12 | 30 | 39 | 71 | 0 |
| Energiebedarf Treibstoff pro Fahrzeug* | toe/a | 0.01 | 0.80 | 1.26 | 12.60 | 12.95 | 0.63 | 0.00 |
| Emissionen aus Treibstoff pro Fahrzeug | t CO ₂ -eq./a | 0.04 | 2.53 | 3.97 | 39.68 | 40.79 | 1.97 | 0.00 |
| Energiebedarf Treibstoff gesamt | toe/a | 65275 | 3654421 | 520983 | 671962 | 117092 | 163393 | 0 |
| Emissionen aus Treibstoff gesamt | t CO ₂ -eq./a | 205618 | 11511425 | 1641095 | 2116680 | 368841 | 514689 | 0 |

* Dichte Benzin: 0.750 kg/l; Dichte Diesel: 0.840 kg/l

Tabelle 3-16: Energiebedarf und Treibhausgasemissionen der Haupt-Mobilitätskategorien des Strassenverkehrs als Mittelwert pro Fahrzeug der Kategorie (konventionell und elektrisch).

¹⁴ Ecoinvent v.3.2, Zahlen 2016

| Kategorie | | Schienenverkehr | | Schiffverkehr | Flugverkehr | Sonstiges |
|--|--------------------------|---------------------|----------------------|---------------|-------------|---------------------|
| | | Tram | Zug** | Schiff | Flug | Seilbahnen |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | 42 382 | 72 512 | 407 | 107 941 | 29 925 |
| Energietreiber | Typ | Elektr. Strommix CH | Elektr. Strommix SBB | Diesel | Diesel | Elektr. Strommix CH |
| Elektrizität | | | | | | |
| Treibstoffverbrauch pro kWh | toe/kWh | 3.13E-05 | 3.34E-06 | 3.13E-05 | 3.13E-05 | 3.13E-05 |
| Elektrizitätsverbrauch | kWh/100 km | 475 | 249 | 0 | 0 | 14 |
| Stromverbrauch pro Fahrzeug | kWh/a | 201 312 | 180 322 | 0 | 0 | 4 240 |
| Energiebedarf Elektrizität pro Fahrzeug | toe/a | 6.30 | 0.60 | 0.00 | 0.00 | 0.13 |
| Emissionen aus Elektrizität pro Fahrzeug | t CO ₂ -eq./a | 19.84 | 1.90 | 0.00 | 0.00 | 0.42 |
| Stromverbrauch gesamt | kWh/a | 158 053 780 | 2 347 248 943 | 0 | 0 | 171 786 000 |
| Energiebedarf Elektrizität gesamt | toe/a | 4 945 | 7 850 | 0 | 0 | 5 374 |
| Emissionen aus Elektrizität gesamt | t CO ₂ -eq./a | 15 576 | 24 728 | 0 | 0 | 16 929 |
| Treibstoff | | | | | | |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | 0 | 0 | 134 | 416 | 0 |
| Energiebedarf Treibstoff pro Fahrzeug* | toe/a | 0.00 | 0.00 | 0.46 | 377.29 | 0.00 |
| Emissionen aus Treibstoff pro Fahrzeug | t CO ₂ -eq./a | 0.00 | 0.00 | 1.44 | 1 188.46 | 0.00 |
| Energiebedarf Treibstoff gesamt | toe/a | 0 | 0 | 44 946 | 1 302 881 | 0 |
| Emissionen aus Treibstoff gesamt | t CO ₂ -eq./a | 0 | 0 | 141 580 | 4 104 076 | 0 |

* Dichte Benzin: 0.750 kg/l; Dichte Diesel: 0.840 kg/l

** Der Elektrizitätsverbrauch pro 100 km enthält auch den null Verbrauch von Reisewagen und Güterwagen, deswegen ist er tiefer als für Trams

Tabelle 3-17: Energiebedarf und Treibhausgasemissionen der Haupt-Mobilitätskategorien ohne Strassenverkehr als Mittelwert pro Fahrzeug der Kategorie.

Werden die Mittelwerte pro Fahrzeug mit den jährlichen Fahrleistungen jeder Kategorie multipliziert, ergibt sich der jährliche Bedarf an Elektrizität und Treibstoff (in Tonnen Öl-Äquivalenten) für die gesamte Mobilitätsflotte. Gemessen in Elektrizität resultiert ein jährlicher Verbrauch von 2.72 Mio. kWh (9 807 TJ) und liegt somit im Bereich der 11 290 TJ, welche durch das BFE rapportiert werden (BFE 2016). In Tonnen Öl-Äquivalente umgerechnet ergeben sich folgende Zahlen (Tabelle 3-18):

| Kategorie | Importfluss [Tonnen/a] | | | | | | | | | | | | Total |
|--------------------|------------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------------|-------|------------|-----------|------------|-----------|
| | Strassenverkehr | | | | | | | Schienenverkehr | | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges | |
| | 2Rad | PW | 3.St | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff | Flug | Seilbahnen | |
| Elektrizität (toe) | 72 | 616 | 1 | 30 | 756 | 0 | 0 | 4 945 | 7 850 | 0 | 0 | 5 374 | 19 645 |
| Treibstoff (toe) | 65 275 | 3 654 421 | 520 983 | 671 962 | 117 092 | 163 393 | 0 | 0 | 0 | 44 946 | 1 302 881 | 0 | 6 540 954 |

Tabelle 3-18: Energiebedarf der Haupt-Mobilitätskategorien für die gesamte Flotte.

Der Zufluss in Form von Tonnen widerspiegelt jedoch nicht den Massenfluss, welcher durch die Nutzung der Energie verursacht wird. Pro Tonne Öl-Äquivalent Treibstoff werden 3.15 Tonnen CO₂ freigesetzt, ein Massenfluss welcher in die Atmosphäre entsorgt wird (Tabelle 3-19):

| Kategorie | Lagerabfluss [Tonnen/a] | | | | | | | | | | | | Total |
|--------------------------------------|-------------------------|------------|-----------|-----------|---------|---------|----------|-----------------|--------|------------|-----------|------------|------------|
| | Strassenverkehr | | | | | | | Schienenverkehr | | Schiffver. | Flugverk. | Sonstiges | |
| | 2Rad | PW | 3.St | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff | Flug | Seilbahnen | |
| Elektrizität (t CO ₂ -eq) | 227 | 1 941 | 4 | 94 | 2 381 | 0 | 0 | 15 576 | 24 728 | 0 | 0 | 16 929 | 61 880 |
| Treibstoff (t CO ₂ -eq) | 205 618 | 11 511 425 | 1 641 095 | 2 116 680 | 368 841 | 514 689 | 0 | 0 | 0 | 141 580 | 4 104 076 | 0 | 20 604 004 |

Tabelle 3-19: Treibhausgasemissionen der Haupt-Mobilitätskategorien für die gesamte Flotte.

4 Resultate

4.1 Zusammensetzung des Lagers 2016

In der 'Mobilität Schweiz' gibt es knapp 11 Mio. Fahrzeuge mit einer Gesamtmasse von ca. 11 Mio. Tonnen. Personenwagen (PW) umfassen den grössten Teil mit ca. 7 Mio. Tonnen. Alle anderen Mobilitätskategorien liegen unter 1 Mio. Tonnen (Abbildung 4-1 – Abbildung 4-3).

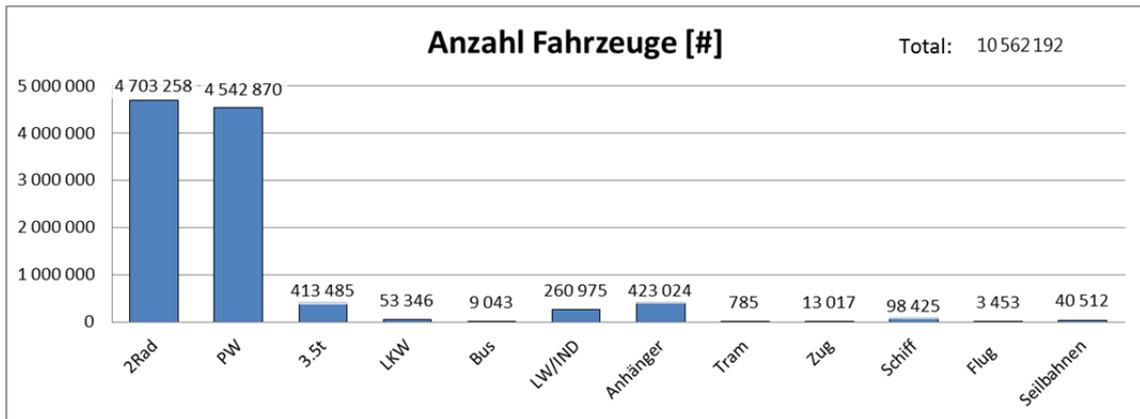


Abbildung 4-1: Anzahl Fahrzeuge im Jahr 2016.

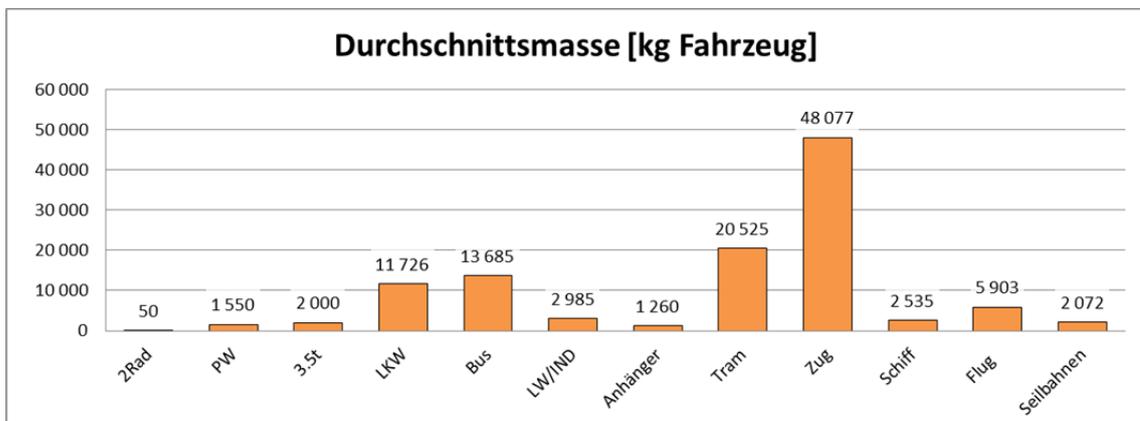


Abbildung 4-2: Durchschnittgewicht der schweizerischen Fahrzeuge im Jahr 2016.

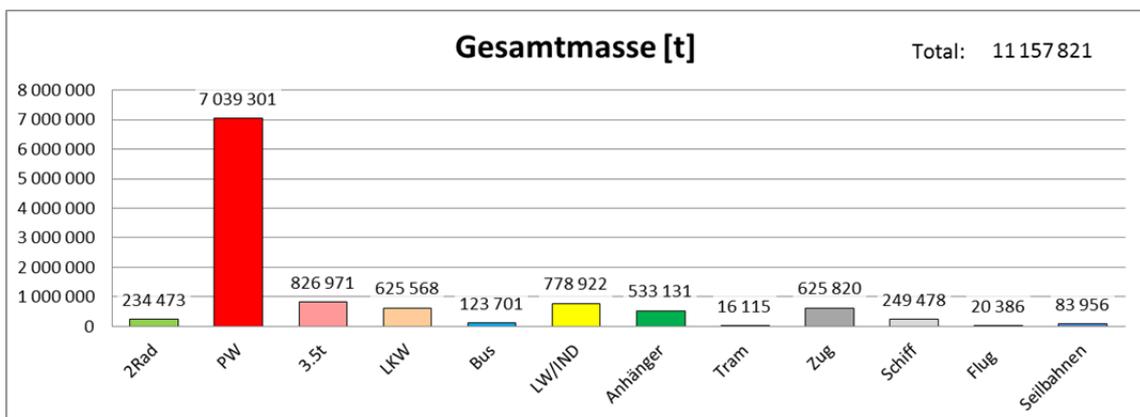


Abbildung 4-3: Gesamtmasse der schweizerischen Fahrzeuge im Jahr 2016.

Werden die Mobilitätskategorien differenziert nach Materialien, wird die Dominanz von Stahl mit ca. 7 Mio. Tonnen von total ca. 11 Mio. Tonnen offensichtlich (Abbildung 4-4, Abbildung 4-5).

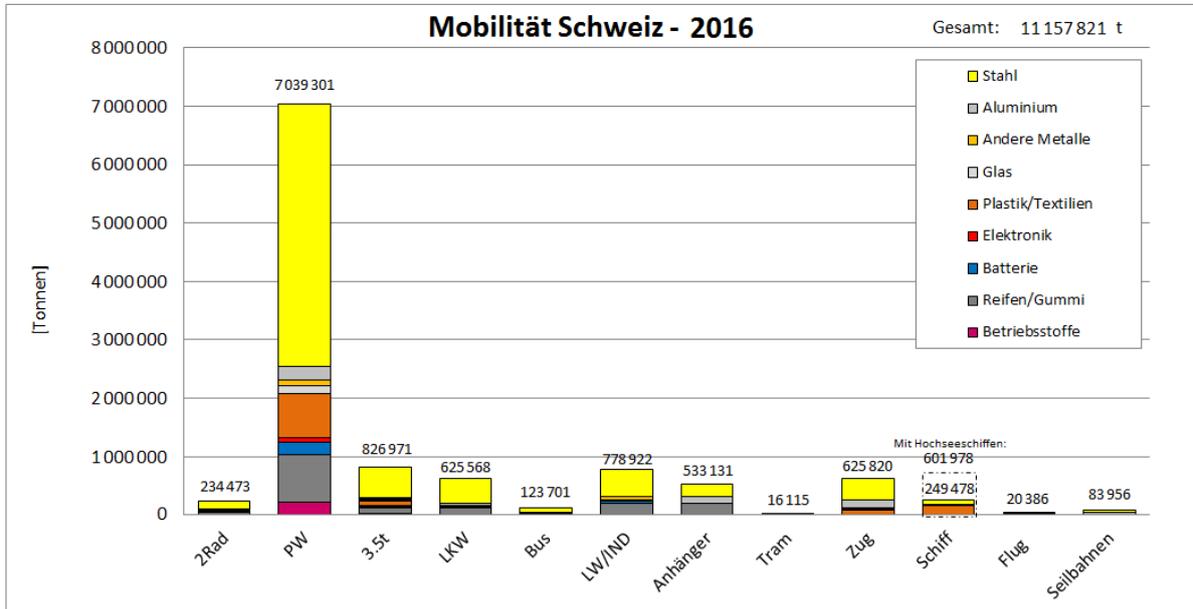


Abbildung 4-4: Materialien pro Mobilitätskategorie in der Schweiz im Jahr 2016. Insgesamt befinden sich 11.2 Mio. Tonnen im Lager. Personenwagen PW sind eindeutig dominierend mit 7.0 Mio. Tonnen (63% der gesamten Masse).

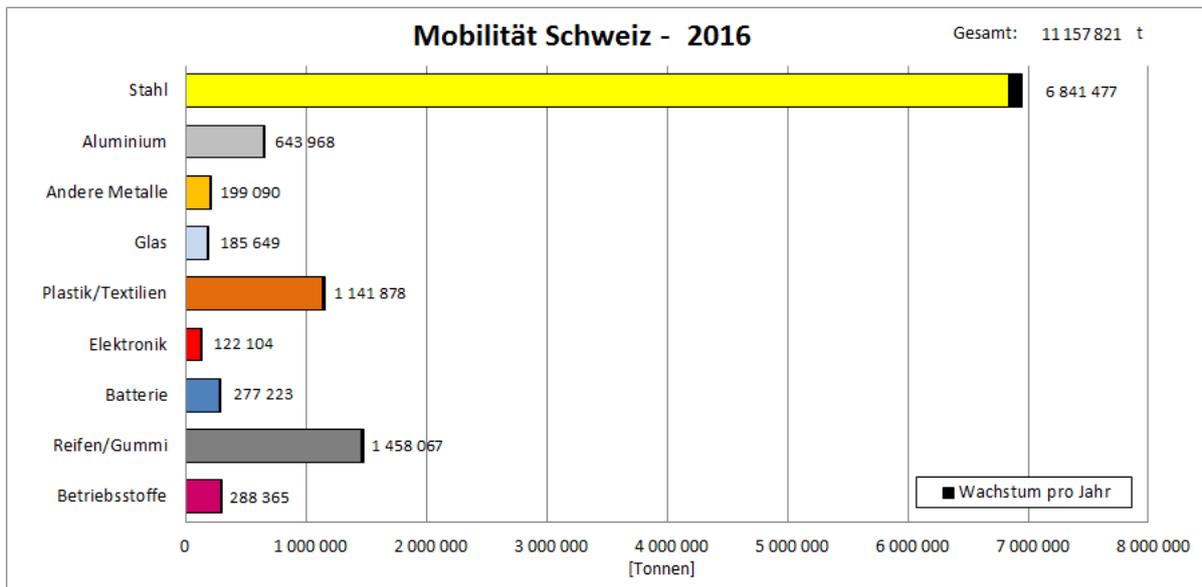


Abbildung 4-5: Lagermassen in der Mobilität Schweiz 2016 pro Materialkategorie. Zusätzlich zeigt die schwarze Schraffur den jährlichen Lagerzuwachs in den entsprechenden Materialkategorien im Verhältnis zu den Lagermassen (sichtbar praktisch nur bei Stahl). Stahl ist eindeutig dominierend mit 6.8 Mio. Tonnen (61% der gesamten Masse).

Unsere Mobilität ist auf Infrastruktur in Form von Strassen und Schienen angewiesen. Damit die 11 Mio. Tonnen an Fahrzeugen verkehren können, brauchen sie über 1000 Mio. Tonnen bauliche Infrastruktur (Gauch u. a. 2016).

Das Verhältnis zwischen dem mobilen und immobilen Teil der Mobilität beträgt ca. 1:100, das heisst pro Tonne Fahrzeug braucht es 100 Tonne Strasse oder Schiene (Abbildung 4-6).

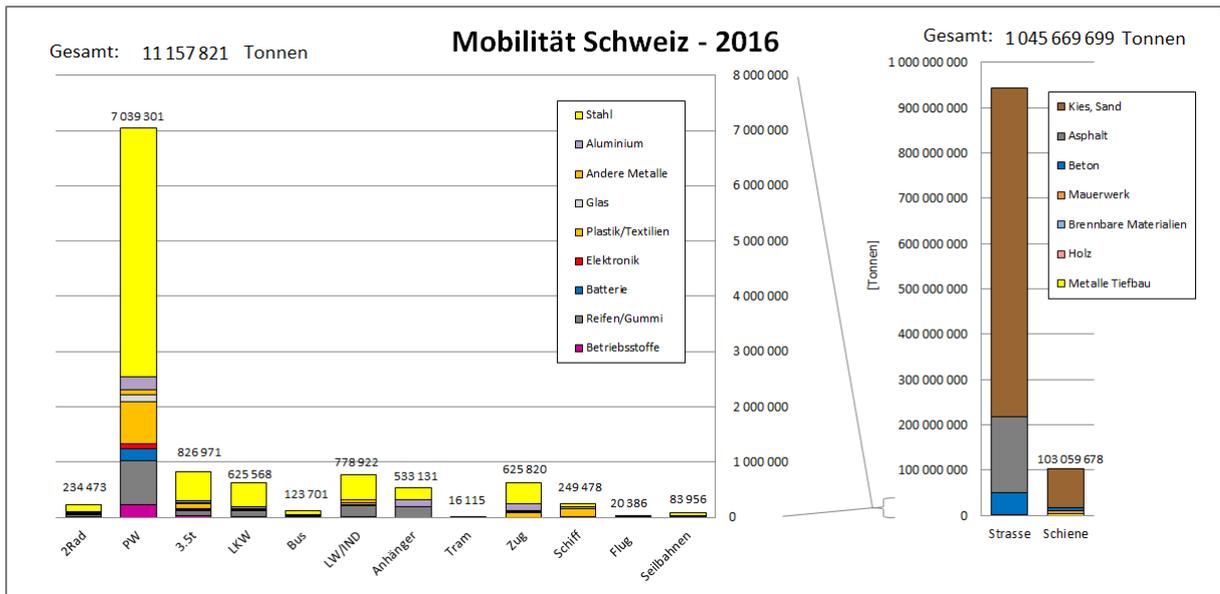


Abbildung 4-6: Die Masse der Mobilität Schweiz im Verhältnis mit den verbauten Massen im Strassen- und Schienennetz aus dem Bericht MatCH – Bau 2016 (Gauch u. a. 2016).

4.2 Modellierung der Materialflüsse 2016

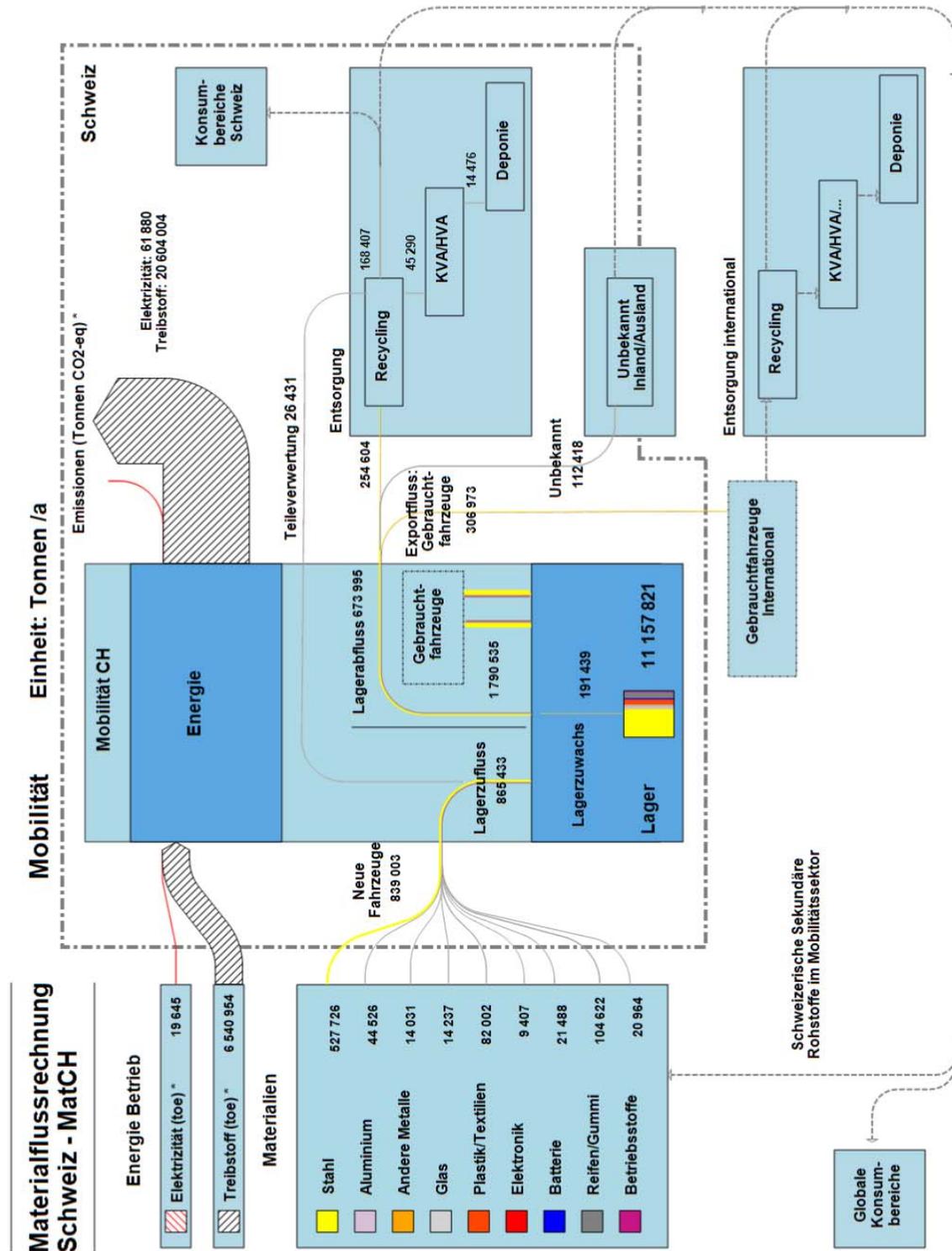


Abbildung 4-7: Material- und Energieflüsse im Mobilitätsbereich Schweiz für das Jahr 2016. Eine detaillierte Beschreibung der Flüsse und des Lagerbestands ist in Tabelle 4-1 zu finden.
 * Energieflüsse für den Betrieb der Fahrzeuge (reine Nutzungsphase ohne vorgelagerte Prozesse) werden dargestellt als Tonnen Öl-Äquivalente (toe).
 Schraffierte Pfeile (Entsorgungsflüsse im Ausland) werden in dieser Studie nicht näher betrachtet.

| 2016 | Lagerbestand | Lagerzuwachs | Direktverwertung | Lagerabfluss | Exportfluss | Unbekannt | Fluss in Entsorgung nach Export und Unbekannt | Fluss Teileverwertung | Recyclingfluss nach Teileverwertung | Fluss Recycling | Fluss KVA/HVA | Fluss Deponie | Lagerzufluss | Importzufluss |
|----------------------|--------------|--------------|------------------|--------------|-------------|-----------|---|-----------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| | [Tonnen] | | | | | | | | | | | | | |
| Elektrizität (toe) * | - | - | - | 61 880 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 19 645 |
| Treibstoff (toe) * | - | - | - | 20 604 004 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 6 540 954 |
| Stahl | 6 841 477 | 118 651 | 1 129 486 | 416 678 | 192 852 | 71 762 | 152 064 | 7 603 | 144 461 | 140 127 | 0 | 4 334 | 535 329 | 527 726 |
| Aluminium | 643 968 | 8 614 | 71 009 | 36 699 | 17 192 | 3 755 | 15 753 | 788 | 14 965 | 14 516 | 0 | 449 | 45 314 | 44 526 |
| Andere Metalle | 199 090 | 2 820 | 25 599 | 11 248 | 6 115 | 1 435 | 3 698 | 37 | 3 661 | 3 552 | 0 | 110 | 14 068 | 14 031 |
| Glas | 185 649 | 3 285 | 31 836 | 11 068 | 5 036 | 2 182 | 3 850 | 115 | 3 734 | 112 | 112 | 3 510 | 14 352 | 14 237 |
| Plastik/Textilien | 1 141 878 | 17 898 | 183 416 | 64 867 | 27 355 | 12 105 | 25 407 | 762 | 24 645 | 739 | 23 166 | 739 | 82 765 | 82 002 |
| Elektronik | 122 104 | 2 535 | 22 815 | 7 443 | 3 122 | 1 469 | 2 851 | 570 | 2 281 | 68 | 1 072 | 1 141 | 9 977 | 9 407 |
| Batterie | 277 223 | 5 830 | 50 804 | 16 931 | 7 265 | 3 299 | 6 367 | 1 273 | 5 094 | 5 094 | 0 | 0 | 22 761 | 21 488 |
| Reifen/Gummi | 1 458 067 | 26 399 | 221 039 | 91 505 | 40 770 | 12 787 | 37 948 | 13 282 | 24 666 | 0 | 20 473 | 4 193 | 117 904 | 104 622 |
| Betriebsstoffe | 288 365 | 5 408 | 54 531 | 17 556 | 7 267 | 3 624 | 6 665 | 1 999 | 4 665 | 4 199 | 467 | 0 | 22 963 | 20 964 |
| Total Energie | - | - | - | 20 665 884 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 6 560 598 |
| Total Materialien | 11 157 821 | 191 439 | 1 790 535 | 673 995 | 306 973 | 112 418 | 254 604 | 26 431 | 228 173 | 168 407 | 45 290 | 14 476 | 865 433 | 839 003 |
| Total | 11 157 821 | 191 439 | 1 790 535 | 21 339 879 | 306 973 | 112 418 | 254 604 | 26 431 | 228 173 | 168 407 | 45 290 | 14 476 | 865 433 | 7 399 601 |

Tabelle 4-1: Zusammenfassung des Lagerbestandes und der Flüsse für die verschiedenen Kategorien und Materialien (berechnet für 2016).

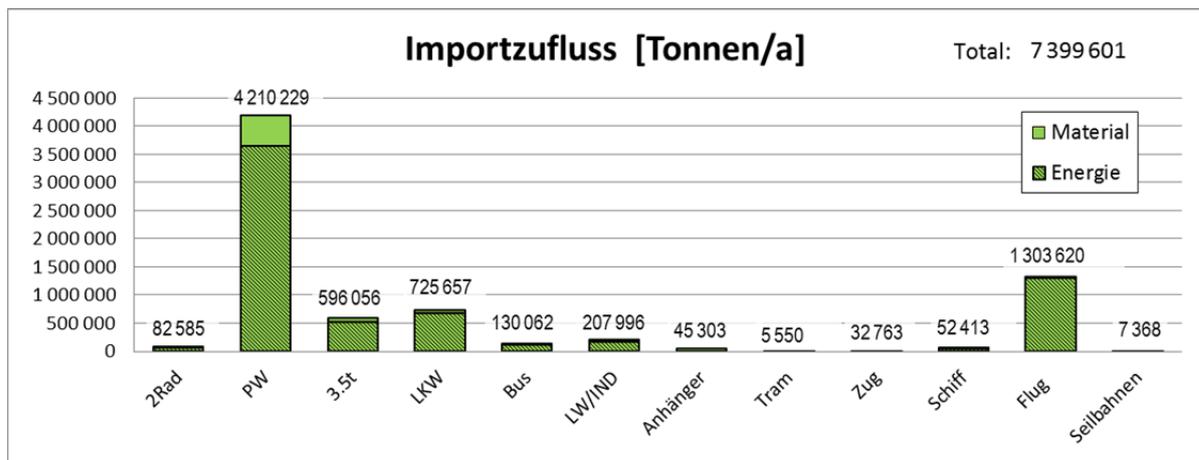


Abbildung 4-8: Darstellung Importfluss pro Mobilitätskategorie mit Anteilen Energie (schraffiert) und Material.

Jährlich fließen mehr als halb so viele Tonnen Treibstoff (6.5 Mio. Tonnen) in die Schweizer Mobilität, wie die Masse aller Fahrzeuge im Lager beträgt (11.6 Mio. Tonnen). Im Schnitt benötigt also ein Fahrzeug jährlich über die Hälfte seines Gewichts in Form von Treibstoff.

4.3 Modellierung der Umweltbelastungen 2016

Die Materialflüsse im Mobilitätsbereich der Schweiz, dargestellt in Abbildung 4-7 und Tabelle 4-1, haben verschiedene Umweltauswirkungen zur Folge (vgl. Kapitel 2.2.).

Die Modellierung der Umweltbelastung erfolgte als vereinfachte Ökobilanz durch Multiplikation der einzelnen Materialflüsse mit Indikatoren (Emissionsfaktoren) aus der Ökobilanz-Datenbank Ecoinvent v.3.2. Die genaue Herleitung der Indikatoren für die MatCH Materialkategorien ist im Anhang A V ersichtlich.

Beispiel:

Der Importzufluss an Aluminium beträgt 44 526 Tonnen¹⁵ pro Jahr (Abbildung 4-7 und Tabelle 4-1). Der Emissionsfaktor für den Treibhauseffekt beträgt für die Herstellung und den Transport von Aluminium 12.14 kg CO₂-eq./kg (Anhang A V). Der aus dem Zufluss von Aluminium resultierende Treibhauseffekt beträgt somit $44\,526 \text{ t/Jahr} * 12.14 \text{ t CO}_2\text{-eq./t} = 540\,660 \text{ t CO}_2\text{-eq./Jahr}$ wie in Abbildung 4-9 überprüft werden kann.

¹⁵ Gerundete Zahlen.

4.3.1 Treibhauseffekt

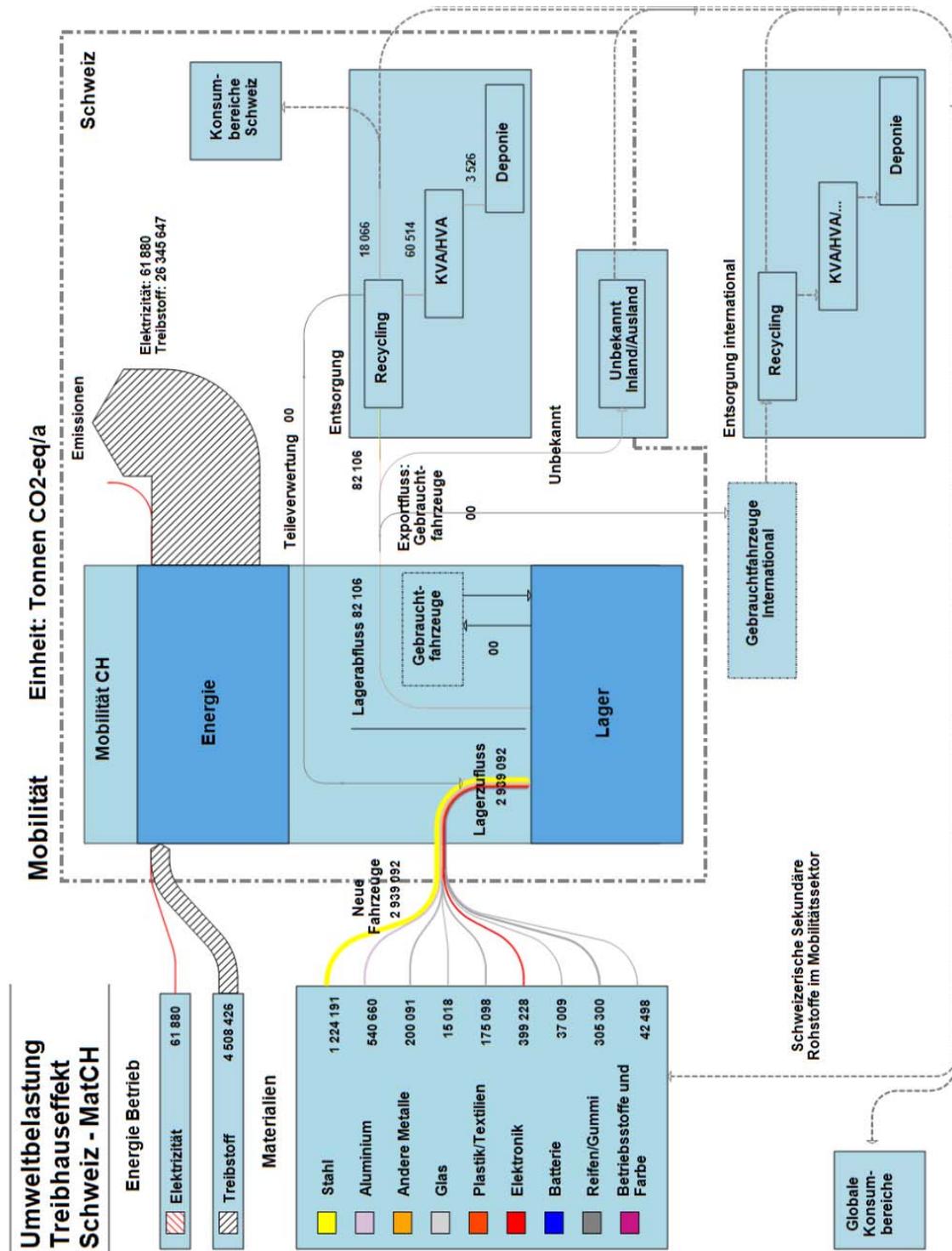


Abbildung 4-9: Treibhauseffekt (Tonnen CO₂-Äquivalente) in der Mobilität Schweiz für das Jahr 2016 inklusive der vorgelagerten Prozesse, Nutzung und Entsorgung. Eine detaillierte Beschreibung der Flüsse ist in Tabelle 4-2 zu finden.

4.3.3 Gesamt-Umweltbelastung

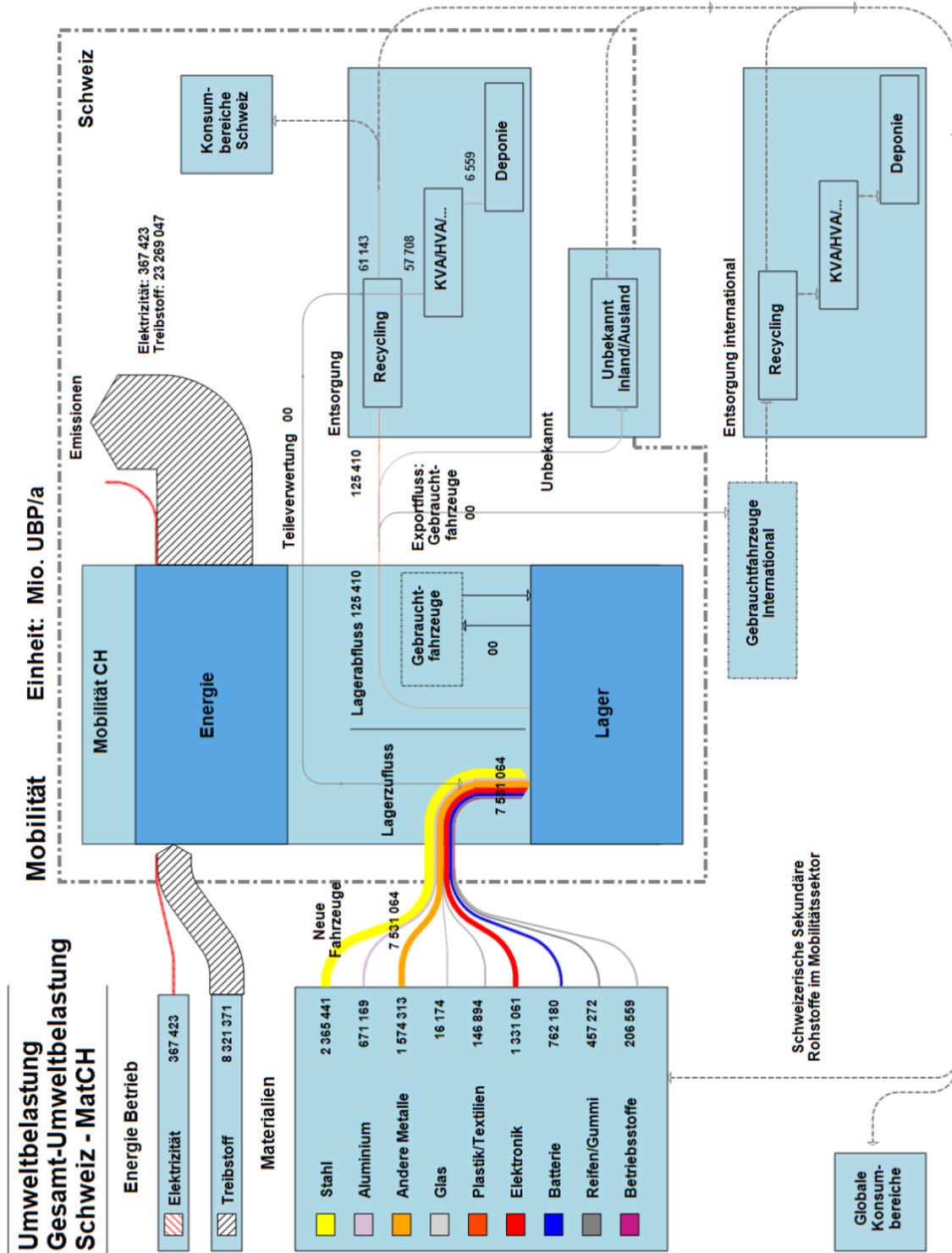


Abbildung 4-11: Gesamt-Umweltbelastung (Mio. UBP) in der Mobilität Schweiz für das Jahr 2016 inklusive der vorgelagerten Prozesse, Nutzung und Entsorgung. Eine detaillierte Beschreibung der Flüsse ist in Tabelle 4-4 zu finden.

4.3.4 Daten zu den Umweltbelastungen

Treibhauseffekt

| 2016 | Fluss in Entsorgung | Recycling-fluss nach Teilverwertung | Fluss Recycling | Fluss KVA/HVA | Fluss Deponie | Lager-zufluss | Import-zufluss | Umweltbelastung durch Importe * |
|-------------------|---------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------------------------|
| | [t CO ₂ -eq/a] | | | | | | | |
| Elektrizität * | 61 880 | - | - | - | - | - | - | 61 880 |
| Treibstoff * | 26 345 647 | - | - | - | - | - | - | 4 508 426 |
| Stahl | 9 029 | 9 029 | 8 763 | 242 | 24 | 1 224 191 | 1 224 191 | 1 224 191 |
| Aluminium | 1 867 | 1 867 | 1 808 | 40 | 19 | 540 660 | 540 660 | 540 660 |
| Andere Metalle | 534 | 534 | 521 | 9 | 4 | 200 091 | 200 091 | 200 091 |
| Glas | 131 | 131 | 1 | 111 | 19 | 15 018 | 15 018 | 15 018 |
| Plastik/Textilien | 56 520 | 56 520 | 294 | 56 152 | 74 | 175 098 | 175 098 | 175 098 |
| Elektronik | 3 434 | 3 434 | 88 | 2 623 | 724 | 399 228 | 399 228 | 399 228 |
| Batterie | 2 520 | 2 520 | 2 520 | 0 | 0 | 37 009 | 37 009 | 37 009 |
| Reifen/Gummi | 2 662 | 2 662 | 0 | 0 | 2 662 | 305 300 | 305 300 | 305 300 |
| Betriebsstoffe | 5 408 | 5 408 | 4 071 | 1 337 | 0 | 42 498 | 42 498 | 42 498 |
| Total Energie | 26 407 527 | | | | | | 4 570 306 | 26 407 527 |
| Total Materialien | 82 106 | 82 106 | 18 066 | 60 514 | 3 526 | 2 939 092 | 2 939 092 | 2 939 092 |
| Total | 26 489 633 | 82 106 | 18 066 | 60 514 | 3 526 | 2 939 092 | 7 509 398 | 29 346 619 |

* Emissionen durch Nutzung

Tabelle 4-2: Zahlen zum Treibhauseffekt (Tonnen CO₂-eq) in der Mobilität Schweiz für das Jahr 2016.

Gesamter Energiebedarf (nicht erneuerbar)

| 2016 | Fluss in Entsorgung | Recycling-fluss nach Teilverwertung | Fluss Recycling | Fluss KVA/HVA | Fluss Deponie | Lager-zufluss | Import-zufluss | Umweltbelastung durch Importe * |
|-------------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------------------------|
| | [TJ/a] | | | | | | | |
| Elektrizität * | 12 611 | - | - | - | - | - | - | 12 611 |
| Treibstoff * | 397 410 | - | - | - | - | - | - | 375 154 |
| Stahl | 141 | 141 | 133 | 8 | 1 | 13 209 | 13 209 | 13 209 |
| Aluminium | 22 | 22 | 21 | 1 | 0 | 4 925 | 4 925 | 4 925 |
| Andere Metalle | 6 | 6 | 5 | 0 | 0 | 2 443 | 2 443 | 2 443 |
| Glas | 6 | 6 | 0 | 6 | 1 | 178 | 178 | 178 |
| Plastik/Textilien | 13 | 13 | 0 | 13 | 0 | 6 205 | 6 205 | 6 205 |
| Elektronik | 4 | 4 | 0 | 3 | 0 | 5 045 | 5 045 | 5 045 |
| Batterie | 32 | 32 | 32 | 0 | 0 | 555 | 555 | 555 |
| Reifen/Gummi | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 8 686 | 8 686 | 8 686 |
| Betriebsstoffe | 7 | 7 | 3 | 4 | 0 | 1 548 | 1 548 | 1 548 |
| Total Energie | 410 020 | | | | | | 387 765 | 410 020 |
| Total Materialien | 231 | 231 | 194 | 34 | 4 | 42 795 | 42 795 | 42 795 |
| Total | 410 251 | 231 | 194 | 34 | 4 | 42 795 | 430 559 | 452 815 |

* Emissionen durch Nutzung

Tabelle 4-3: Zahlen zum (nicht erneuerbaren) Gesamten Energiebedarf (TJ) in der Mobilität Schweiz für das Jahr 2016.

Gesamt-Umweltbelastung

| 2016 | Fluss in Entsorgung | Recycling-fluss nach Teilverwertung | Fluss Recycling | Fluss KVA/HVA | Fluss Deponie | Lager-zufluss | Import-zufluss | Umweltbelastung durch Importe * |
|-------------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------------------------|
| | [Mio. UBP/a] | | | | | | | |
| Elektrizität * | 367 423 | - | - | - | - | - | - | 367 423 |
| Treibstoff * | 23 269 047 | - | - | - | - | - | - | 8 321 371 |
| Stahl | 48 739 | 48 739 | 44 474 | 4 215 | 49 | 2 365 441 | 2 365 441 | 2 365 441 |
| Aluminium | 2 688 | 2 688 | 2 299 | 330 | 58 | 671 169 | 671 169 | 671 169 |
| Andere Metalle | 5 682 | 5 682 | 5 535 | 133 | 14 | 1 574 313 | 1 574 313 | 1 574 313 |
| Glas | 2 486 | 2 486 | 2 | 2 444 | 40 | 16 174 | 16 174 | 16 174 |
| Plastik/Textilien | 46 032 | 46 032 | 1 336 | 43 635 | 1 062 | 146 894 | 146 894 | 146 894 |
| Elektronik | 4 128 | 4 128 | 61 | 2 926 | 1 141 | 1 331 061 | 1 331 061 | 1 331 061 |
| Batterie | 4 779 | 4 779 | 4 779 | 0 | 0 | 762 180 | 762 180 | 762 180 |
| Reifen/Gummi | 4 195 | 4 195 | 0 | 0 | 4 195 | 457 272 | 457 272 | 457 272 |
| Betriebsstoffe | 6 681 | 6 681 | 2 657 | 4 024 | 0 | 206 559 | 206 559 | 206 559 |
| Total Energie | 23 636 469 | | | | | | 8 688 794 | 23 636 469 |
| Total Materialien | 125 410 | 125 410 | 61 143 | 57 708 | 6 559 | 7 531 064 | 7 531 064 | 7 531 064 |
| Total | 23 761 880 | 125 410 | 61 143 | 57 708 | 6 559 | 7 531 064 | 16 219 858 | 31 167 534 |

* Emissionen durch Nutzung

Tabelle 4-4: Zahlen zur Gesamt-Umweltbelastung (Mio. UBP) in der Mobilität Schweiz für das Jahr 2016.

4.3.5 Darstellung der Umweltbelastung durch Importe pro Mobilitätskategorie

Treibhauseffekt

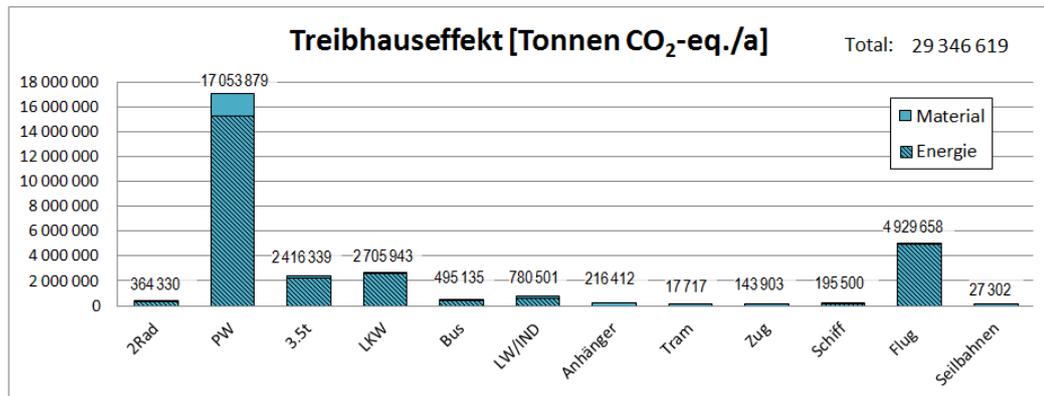


Abbildung 4-12: Darstellung Treibhauseffekt pro Mobilitätskategorie mit Anteilen Energie (schraffiert) und Material. Energie: Emissionen durch Nutzung.

Gesamter Energiebedarf (nicht erneuerbar)

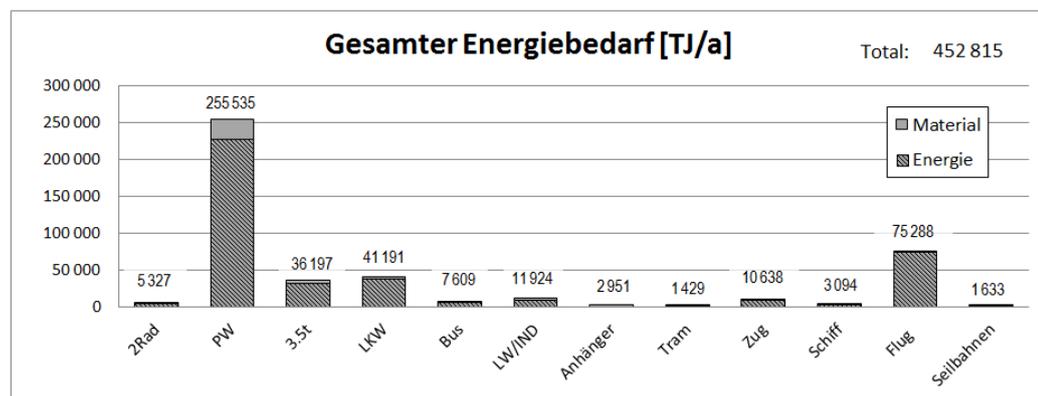


Abbildung 4-13: Darstellung Gesamter Energiebedarf pro Mobilitätskategorie mit Anteilen Energie (schraffiert) und Material. Energie: Emissionen durch Nutzung.

Gesamt-Umweltbelastung

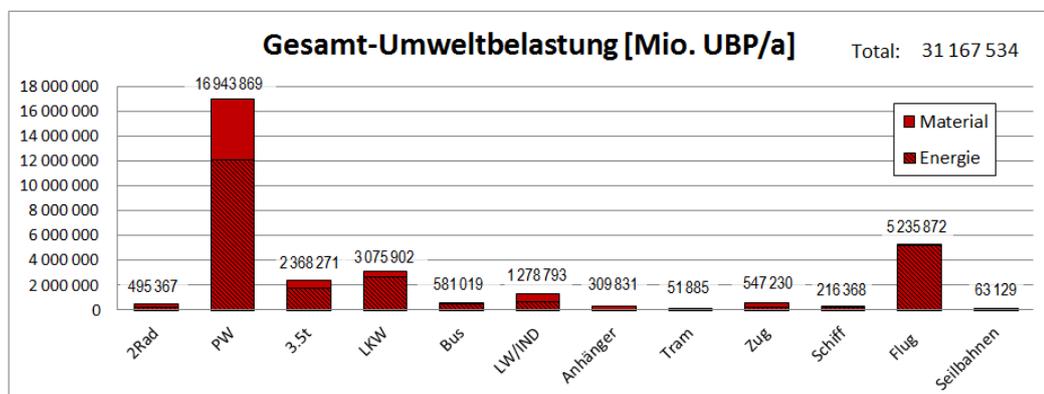


Abbildung 4-14: Darstellung Gesamt-Umweltbelastung pro Mobilitätskategorie mit Anteilen Energie (schraffiert) und Material. Energie: Emissionen durch Nutzung.

4.4 Diskussion: Materialflüsse und Umweltbelastungen

Ein hoher Materialfluss bedeutet nicht notwendigerweise auch hohe Auswirkungen auf die Umwelt. Die Tabelle stellt die Ergebnisse der Analyse gegenüber:

| 2016 | Massenfluss | | Umweltauswirkungen | | | | | |
|--------------------------------|------------------|---------------|------------------------------|---------------|---------------------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------|
| | Importfluss | | Treibhauseffekt ¹ | | Gesamter Energiebedarf ^{1,2} | | Gesamt-Umweltbelastung ¹ | |
| | Tonnen/a | Prozentsatz | Tonnen CO ₂ -eq/a | Prozentsatz | TJ/a | Prozentsatz | Mio. UBP/a | Prozentsatz |
| Elektrizität (toe) * | 19 645 | 0.3% | 61 880 | 0.2% | 12 611 | 2.8% | 367 423 | 1.2% |
| Treibstoff (toe) * | 6 540 954 | 88.4% | 26 345 647 | 89.8% | 397 410 | 87.8% | 23 269 047 | 74.7% |
| Stahl | 527 726 | 7.1% | 1 224 191 | 4.2% | 13 209 | 2.9% | 2 365 441 | 7.6% |
| Aluminium | 44 526 | 0.6% | 540 660 | 1.8% | 4 925 | 1.1% | 671 169 | 2.2% |
| Andere Metalle | 14 031 | 0.2% | 200 091 | 0.7% | 2 443 | 0.5% | 1 574 313 | 5.1% |
| Glas | 14 237 | 0.2% | 15 018 | 0.1% | 178 | 0.0% | 16 174 | 0.1% |
| Plastik/Textilien | 82 002 | 1.1% | 175 098 | 0.6% | 6 205 | 1.4% | 146 894 | 0.5% |
| Elektronik | 9 407 | 0.1% | 399 228 | 1.4% | 5 045 | 1.1% | 1 331 061 | 4.3% |
| Batterie | 21 488 | 0.3% | 37 009 | 0.1% | 555 | 0.1% | 762 180 | 2.4% |
| Reifen/Gummi | 104 622 | 1.4% | 305 300 | 1.0% | 8 686 | 1.9% | 457 272 | 1.5% |
| Betriebsstoffe | 20 964 | 0.3% | 42 498 | 0.1% | 1 548 | 0.3% | 206 559 | 0.7% |
| Total Energie | 6 560 598 | 88.7% | 26 407 527 | 90.0% | 410 020 | 90.5% | 23 636 469 | 75.8% |
| Total Materialien | 839 003 | 11.3% | 2 939 092 | 10.0% | 42 795 | 9.5% | 7 531 064 | 24.2% |
| Total Mobilität Schweiz | 7 399 601 | 100.0% | 29 346 619 | 100.0% | 452 815 | 100.0% | 31 167 534 | 100.0% |

¹ Inklusive vorgelagerte Prozesse und Nutzung

² Nicht erneuerbar

Tabelle 4-5: Jährlicher Zufluss an Energie und Materialien in den Mobilitätsbereich Schweiz 2016 mit damit verbundenen Umweltauswirkungen (toe: Tonnen Öl-Äquivalente). Die Umweltauswirkungen schliessen Produktion und Transport mit ein.

* Der Massenfluss der Energieträger bezeichnet den reinen Verbrauch für die Fahrzeugnutzung.

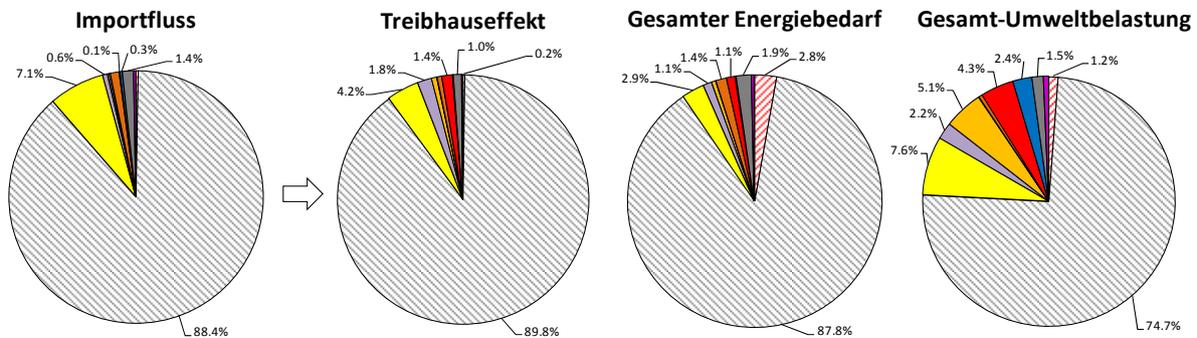


Abbildung 4-15: Anteile der Material- und Energieflüsse sowie die damit verbundenen Umweltauswirkungen für 2016 (Farblegende: siehe Tabelle 4-5).

Sämtliche Materialflüsse werden von Treibstoff dominiert (Abbildung 4-15, grau schraffiert), dessen Auswirkung auf die Umwelt bedeutend höher ist, als durch die Herstellung der Verkehrsmittel verursacht wird.

Obwohl der grösste Teil des öffentlichen Verkehrs elektrisch betrieben wird (rot schraffiert), sind die Umweltauswirkungen durch die Elektrizität gering, da zu etwa 90% der CO₂-arme Strommix der SBB eingesetzt wird (Rest: Schweizerischer Konsummix).

Importfluss

Der Importfluss in die 'Mobilität Schweiz' beträgt jährlich 7.40 Mio. Tonnen. Für den Betrieb der Verkehrsmittel werden 6.56 Mio. Tonnen (als Öl-Äquivalente) an Energie benötigt. Der jährliche Materialzufluss in Form von Verkehrsmitteln beträgt mit 0.84 Mio. Tonnen etwa 11.3% der Masse, die für den Betrieb der 'Mobilität Schweiz' benötigt wird.

Bei den Materialien für die Fahrzeuge überwiegt Stahl deutlich mit 7.1% (0.53 Mio. Tonnen) der gesamten Masse.

Treibhauseffekt

Die jährlichen Emissionen an Treibhausgasen verursacht durch die 'Mobilität Schweiz' betragen gesamthaft 29.3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente.

Davon werden 90.0 % (26.4 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente) durch die Verbrennung von Treibstoffen verursacht. Materialien in Form von importierten Fahrzeugen sind verantwortlich für 10.0% der Emissionen (2.94 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente). Stahl verursacht von den Materialien den höchsten Treibhauseffekt mit 4.2% Anteil (1.22 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente), vor Aluminium (1.8%, 0.54 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente) und Elektronik (1.4%, 0.40 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente).

Gesamter Energiebedarf

Bei dem nicht erneuerbaren gesamten Energiebedarf (mit einem Total von 452815 TJ) überwiegen mit 87.8% ebenfalls die Treibstoffe (397410 TJ). Von den Materialien zeigt Stahl mit 2.9% Anteil (13209 TJ) die grössten Auswirkungen, praktisch gleichauf wie die Elektrizität mit 2.8%, (12611 TJ).

Gesamt-Umweltbelastung

Die Gesamt-Umweltbelastung im Mobilitätsbereich beträgt total $31.2 \cdot 10^6$ Mio. UBP, sie wird zu 75.8% durch Energieträger dominiert. Der Anteil der Materialien ist mit 24.2% aber fast drei Mal so hoch wie in den anderen Umweltbelastungskategorien. Besonders Metalle (zusammen 14.9%) weisen einen beträchtlichen Ökologischen Rucksack auf. Mit 4.3% Anteil folgt nach den Metallen bereits die Elektronik, obwohl ihr Massenanteil nur 0.1% beträgt. Der Elektrizitätsverbrauch – vorwiegend durch den öffentlichen Verkehr – verursacht nur 1.2% der Gesamt-Umweltbelastung.

5 Vergleich mit anderen Quellen

5.1 Möglichkeiten des Vergleichs

Die Grunddaten für die Mobilitätskategorien basieren vorwiegend auf Werten aus der Literatur. Die Quellen sind in einer ausführlichen Excel-Datei (siehe Kapitel 1.5) ersichtlich. Bei vielen Detailkategorien wurden basierend auf den Quellen 'Best Guess' Werte angenommen (Illustration in Abbildung 2-2). Somit lassen sich sämtliche Eingabedaten überprüfen.

Bei den Resultaten sind gewisse Vergleiche (je nach Literatur) für Materialflüsse, Energieflüsse und Umweltauswirkungen möglich.

| | |
|----------------------------|---|
| Materialflüsse: | Importzuflüsse für das Jahr 2014: Eidgenössische Zollverwaltung (EZV), teilweise (Rubli und Jungbluth 2005). Lager: Keine generellen Vergleiche verfügbar, teilweise mit (Rubli und Jungbluth 2005) für die Berechnung der Eisen- und Stahllager in den Fahrzeugen, im Schienen-, Bus- und Schiffsverkehr. Lagerabfluss, Recycling, KVA/HVA und Deponie: Keine generellen Vergleiche verfügbar. Teilweise: (BAFU 2015b) und (Rubli und Jungbluth 2005). |
| Energieflüsse: | Energieverbrauch: BFE |
| Umweltauswirkungen: | CO ₂ -Emissionen: BAFU |

5.2 Vergleich der Materialflüsse mit anderen Quellen

Es ist zu berücksichtigen, dass die Massenbilanzen bei Vergleichswerten nicht ausgeglichen sind, da unterschiedliche Grundlagen verwendet wurden. So ergibt sich beispielsweise, dass der Zufluss in die Entsorgung nicht der Summe der Flüsse aus Recycling, KVA und Deponie entspricht, weil ein Teil der (organischen) Masse beim Verbrennungsprozess in gasförmige Stoffe umgewandelt wird.

Importzuflüsse: Gesamte Importmassen gemäss Eidgenössischer Zollverwaltung (EZV)

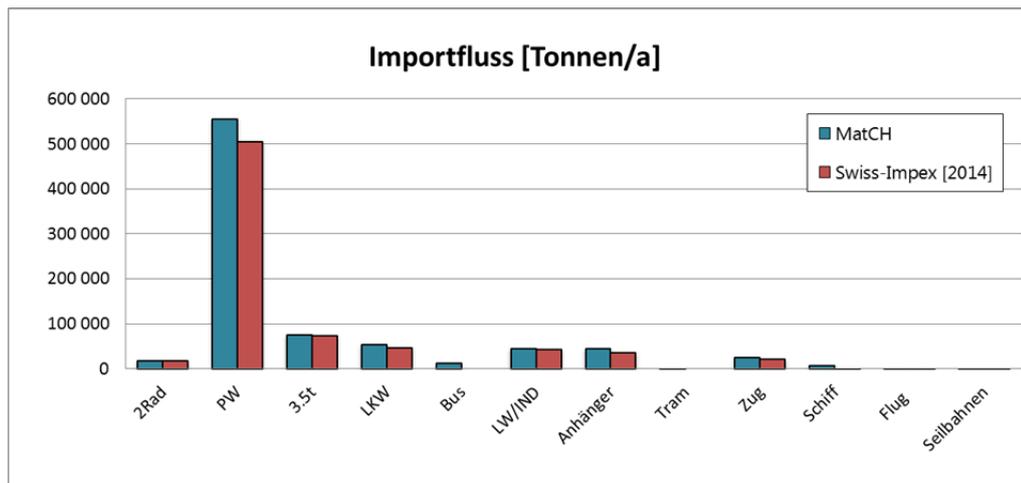


Abbildung 5-1: Vergleich MatCH 2016 mit Zahlen für Import der EZV für 2014.

Die in der Studie verwendeten Daten für die Anzahl importierter Fahrzeuge aller Kategorien stammen von der Swiss-Impex-Datenbank der Eidgenössischen Zollverwaltung EZV (Anhang A II). Die Abweichungen in obiger Abbildung sind gering, die leicht höheren Werte dieser Studie können erklärt werden mit der Einbeziehung von mehrfach ersetzten Teilen (Reifen, Batterien und Öl). Die Annahmen für das Gewicht pro Fahrzeug scheinen deshalb in der Studie und bei der EZV sehr ähnlich zu sein.

Lager: Stahl im Mobilitätslager gemäss (Rubli und Jungbluth 2005)

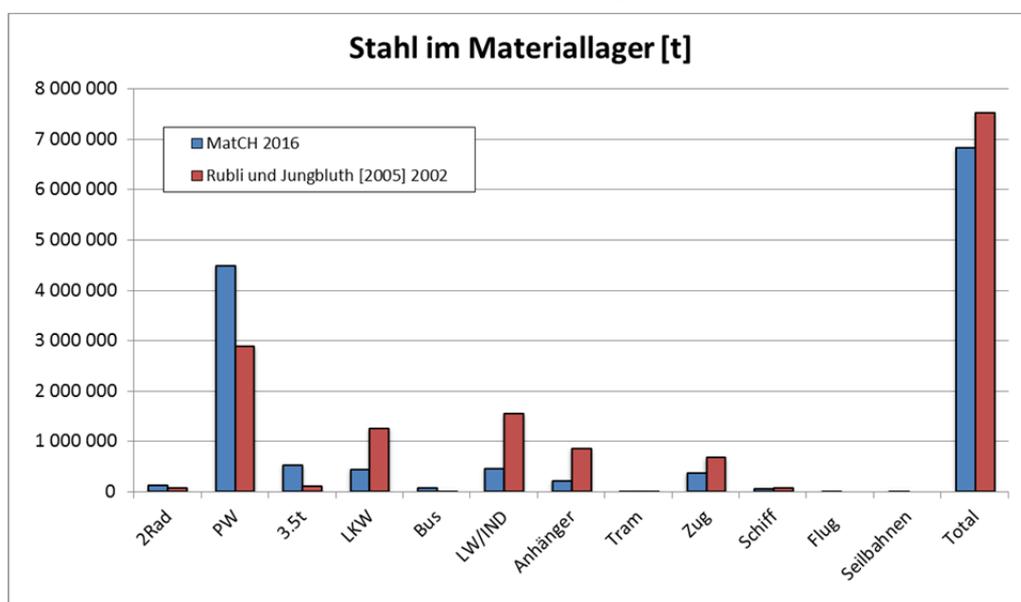


Abbildung 5-2: Vergleich Stahl im Lager (2016) mit (Rubli und Jungbluth 2005) (Zahlen 2002).

Ein Vergleich mit Rubli und Jungbluth 2005 ist nur möglich für Stahl. Es zeigen sich grössere Differenzen in den einzelnen Mobilitätskategorien wegen ungleicher Kategorisierung¹⁶, jedoch nur eine geringe Abweichung im Total.

¹⁶ Die Kategorien wurden als solche verglichen: 2Rad: Motorräder + Kleinmotorräder + Andere; PW: Personenwagen; 3.5t: leichte Motorwagen + schwere Motorwagen + Kleinbusse; LKW: Sachtransporter; Bus: Trolleybusse + Gesellschaftswagen +

5.3 Vergleich der Energieflüsse mit anderen Quellen

Gesamtenergiestatistik BFE (BFE 2016)

Im Unterschied zum 'bottom-up' Ansatz, welcher in dieser Studie verwendet wurde, kann der Energiebedarf der gesamten Mobilität Schweiz auf 'top down' auch aus der Gesamtenergiestatistik des Bundesamts für Energie entnommen werden.

Das BFE führt jährlich eine detaillierte Erfassung der Energieflüsse durch und weist diese fünf verschiedenen Endverbrauchern zu. Die Flüsse und die Zuweisungen sind in Abbildung 5-3 ersichtlich. Vier von fünf Endverbrauchern können dem „Baubereich Schweiz“ zugeordnet werden, nämlich Haushalte, Industrie, Dienstleistungen sowie Landwirtschaft (Gauch u. a. 2016). Der fünfte Endverbraucher „Verkehr“ wurde in dieser Studie betrachtet. Die beiden Konsumbereiche Bau und Mobilität weisen zusammen den gesamten Energiebedarf gemäss der Gesamtenergiestatistik des Bundesamtes für Energie (BFE 2016) auf. Aus dem Energieflussdiagramm lässt sich der Bedarf für die Mobilität mit 305 280 TJ herauslesen, die detaillierte Aufteilung des Energiebedarfs für den Verkehr auf Treibstoffe und Elektrizitätsformen ist in Tabelle 5-2 zu finden.

Für die Umrechnung und Zusammenfassung der Energieträger in Öl-Äquivalente wurden in einem ersten Schritt die CO₂-Emissionen berechnet, welche durch den Verbrauch von Strom (Elektrizität) bzw. Treibstoffen verursacht werden (Tabelle 5-3). Als Grundlage für diese Berechnung dienen die Umweltbelastungen gemäss (BAFU 2016b) für die verschiedenen Kategorien von Brenn- und Treibstoffen. Für den allgemeinen Strom-Mix in der Schweiz¹⁷ (Strom an der Steckdose inklusive Importanteile) sowie den Strom-Mix der SBB¹⁸ wurde die Datenbank Ecoinvent v.3.2 (Ecoinvent 2016) verwendet.

In einem zweiten Schritt wurden die Massen an CO₂-Äquivalenten mit dem Emissionsfaktor von Ölprodukten (3.15 Tonnen CO₂-Äquivalente pro Tonne Öl) umgerechnet auf Tonnen Öl-Äquivalente (Tabelle 5-3). Das Resultat ergibt 6 822 367 Tonnen Öl-Äquivalente an Treibstoff und 19 251 Tonnen Öl-Äquivalente an Elektrizität. Trotz völlig unterschiedlicher Methodik liegen die Zahlen dieser Studie in einem ähnlichen Bereich mit 6 540 954 Tonnen Öl-Äquivalente für Treibstoff und 19 645 Tonnen Öl-Äquivalenten an Elektrizität.

| | BFE/BAFU (toe) | MatCH (toe) |
|--------------|-------------------|----------------|
| Elektrizität | 19 251 | 19 645 |
| Treibstoff | 6 822 367 | 6 540 954 |

Tabelle 5-1: Vergleich Energiebedarf Mobilität Schweiz (in Tonnen Öl-Äquivalenten) zwischen Gesamtenergiestatistik des BFE und dieser Studie.

Gelenkbusse; LW/IND: Landwirtschaftliche Fahrzeuge + Industrielle Fahrzeuge; Anhänger: Anhänger; Tram: Tram (Triebwagen) + Anhänger; Zug: Lokomotiven + Triebwagen + Personenwagen + Gepäck-/Postwagen + Güterwagen; Schiff: Güterschiffe; Flug: n.a.; Seilbahnen: n.a..

¹⁷ 'Electricity, low voltage//[CH] market for electricity, low voltage' in Ecoinvent v.3.2.

¹⁸ 'Electricity, high voltage, for Swiss Federal Railways//[CH] market for electricity, high voltage, for Swiss Federal Railways' in Ecoinvent v.3.2. "Die Züge werden mit dem Verbrauchsmix der schweizerischen Eisenbahnen angetrieben: gut 74% des Bahnstromes wird mit eigenen oder Partnerwasserkraftwerken produziert. Der Restanteil an Elektrizität wird mit Kernkraft gedeckt, was insgesamt eine tiefe Klimabelastung ergibt." Umweltfahrplan SBB Hintergrundbericht Version 1.1, Oktober 2011

Gesamtenergiestatistik des BFE (BFE 2016)

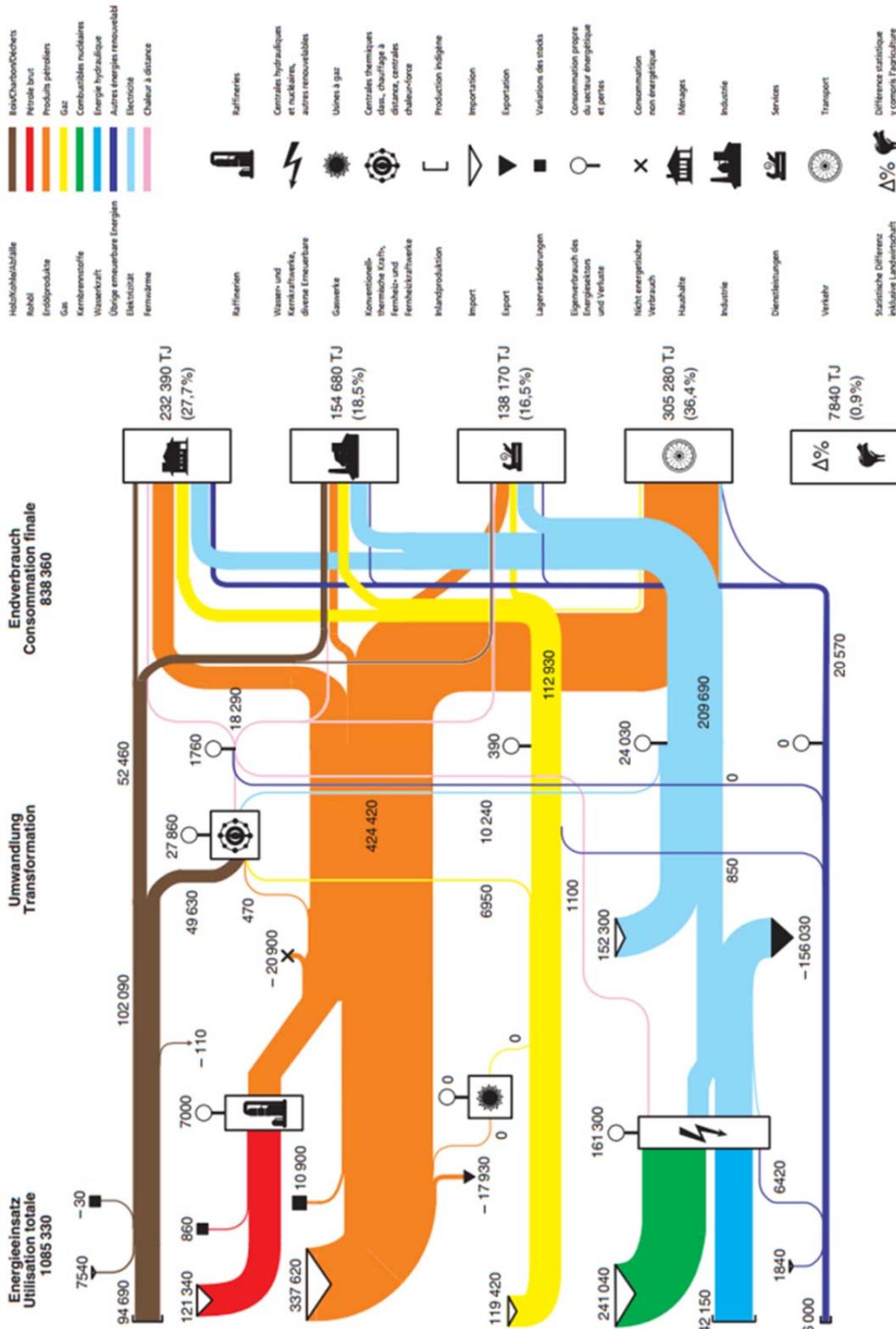


Abbildung 5-3 Energieflussdiagramm der Schweiz im Jahr 2015 (in TJ). Originaldarstellung (BFE 2016).

Auswertung und Umrechnungen der Gesamtenergiestatistik des BFE:

| Energiebilanz | Haushalte | Dienstleistungen | Industrie | Statistische Differenz inkl. Landwirtschaft | Verkehr | Total | Stöchiometrischer Emissionsfaktor _{fossil} (BAFU 2016b) ¹⁾ |
|--------------------------------------|-------------------|------------------|----------------|---|----------------|----------------|--|
| | EFH + MFH [TJ] | DLG [TJ] | IND [TJ] | LWG + UEB [TJ] | | | |
| Holzenergie | 17 970 | 7 860 | 10 430 | 590 | 0 | 36 850 | 0 |
| Kohle | 400 | 0 | 5 010 | 0 | 0 | 5 410 | 93 |
| Müll und Industrieabfälle | 0 | 0 | 10 200 | 0 | 0 | 10 200 | 44 |
| Erdölprodukte | 79 520 | 35 030 | 16 270 | 3 070 | 290 530 | 424 420 | 74 |
| Gas | 46 260 | 25 530 | 39 370 | 380 | 1 390 | 112 930 | 56 |
| Übrige erneuerbare Energien | 13 500 | 3 190 | 1 560 | 250 | 2 070 | 20 570 | 0 |
| Fernwärme | 7 200 | 4 010 | 7 080 | 0 | 0 | 18 290 | 44 |
| Total Treibstoff / Brennstoff | 164 850 | 75 620 | 89 920 | 4 290 | 293 990 | 628 670 | |
| Elektr. SBB-Strommix | | | | | 10 161 | | 3 |
| Elektr. CH-Strommix | 67 540 | 62 550 | 64 760 | 3 550 | 1 129 | 209 690 | 27 |
| Total Elektrizität | 67 540 | 62 550 | 64 760 | 3 550 | 11 290 | 209 690 | |
| Total | 232 390 | 138 170 | 154 680 | 7 840 | 305 280 | 838 360 | |

¹⁾ BAFU 2016b: Faktenblatt CO₂ Emissionsfaktoren des Treibhausgasinventars der Schweiz.

²⁾ Transport: Davon 90% aus 'sauberem' Strom (SBB-Strommix). 77% (8680 TJ oder 2411 GWh) sind von der SBB produziert (SBB 2015 : Die SBB in Zahlen und Fakten)

* Keine Eingabe in BAFU 2016b, Wert aus Ecoinvent v3.2 (Electricity, high voltage, for Swiss Federal Railways/[CH] market for electricity, high voltage, for Swiss Federal Railways)

** Keine Eingabe in BAFU 2016b, Wert aus Ecoinvent v3.2 (Electricity, low voltage/[CH] market for electricity, low voltage | Alloc Rec, U; Ecoinvent v.3.2 - IPCC 2013 GWP 100a V1.00)

Tabelle 5-2: Energiebilanz der Schweiz (BFE 2016) und Emissionsfaktoren gemäss (BAFU 2016b). 90% der im Verkehr verwendeten Elektrizität entspricht dem SBB Strommix.

| Treibhausgasbilanz | Haushalte | Dienstleistungen | Industrie | Statistische Differenz inkl. Landwirtschaft | Verkehr | Total | Emissionsfaktor |
|--------------------------------------|--|------------------------------------|------------------------------------|---|-------------------|-------------------|-----------------|
| | EFH + MFH [t CO ₂ -eq tot] | DLG [t CO ₂ -eq tot] | IND [t CO ₂ -eq tot] | LWG + UEB [t CO ₂ -eq tot] | | | |
| Holzenergie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.15 |
| Kohle | 37 080 | 0 | 464 427 | 0 | 0 | 501 507 | |
| Müll und Industrieabfälle | 0 | 0 | 451 860 | 0 | 0 | 451 860 | |
| Erdölprodukte | 5 860 624 | 2 581 711 | 1 199 099 | 226 259 | 21 412 061 | 31 279 754 | |
| Gas | 2 609 064 | 1 439 892 | 2 220 468 | 21 432 | 78 396 | 6 369 252 | |
| Übrige erneuerbare Energien | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Fernwärme | 318 960 | 177 643 | 313 644 | 0 | 0 | 810 247 | |
| Total Treibstoff / Brennstoff | 8 825 728 | 4 199 246 | 4 649 498 | 247 691 | 21 490 457 | 39 412 620 | |
| Elektr. SBB-Strommix | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 735 | 29 735 | |
| Elektr. CH-Strommix | 1 848 864 | 1 712 266 | 1 772 764 | 97 179 | 30 906 | 5 461 979 | |
| Total Elektrizität | 1 848 864 | 1 712 266 | 1 772 764 | 97 179 | 60 640 | 5 491 714 | |
| Total | 10 674 592 | 5 911 512 | 6 422 262 | 344 870 | 21 551 097 | 44 904 334 | |

¹⁾ BAFU, 2016. Faktenblatt CO₂ Emissionsfaktoren des Treibhausgasinventars der Schweiz. Benzin/Diesel/Heizöl

Tabelle 5-3: Treibhausgasbilanz (Multiplikation der Energiemasse mit Emissionsfaktoren).

| Massenbilanz | Haushalte | Dienstleistungen | Industrie | Statistische Differenz inkl. Landwirtschaft | Verkehr | Total | Ergebnis MatCH Mobilität |
|--------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---|------------------------|------------------------|--------------------------|
| | EFH + MFH [toe] | DLG [toe] | IND [toe] | LWG + UEB [toe] | [toe] | [toe] | [toe] |
| Holzenergie | ^{A1*B/C} 0 | ^{A2*B/C} 0 | ^{A3*B/C} 0 | ^{A4*B/C} 0 | ^{A6*B/C} 0 | ^{A7*B/C} 0 | |
| Kohle | 11 771 | 0 | 147 437 | 0 | 0 | 159 209 | |
| Müll und Industrieabfälle | 0 | 0 | 143 448 | 0 | 0 | 143 448 | |
| Erdölprodukte | 1 860 516 | 819 591 | 380 666 | 71 828 | 6 797 480 | 9 930 081 | |
| Gas | 828 274 | 457 109 | 704 910 | 6 804 | 24 888 | 2 021 985 | |
| Übrige erneuerbare Energien | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Fernwärme | 101 257 | 56 395 | 99 570 | 0 | 0 | 257 221 | |
| Total Treibstoff / Brennstoff | 2 801 818 | 1 333 094 | 1 476 031 | 78 632 | 6 822 367 | 12 511 943 | 6 540 954 |
| Elektr. SBB-Strommix | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 440 | 9 440 | |
| Elektr. CH-Strommix | 586 941 | 543 577 | 562 782 | 30 850 | 9 811 | 1 733 962 | |
| Total Elektrizität | 586 941 | 543 577 | 562 782 | 30 850 | 19 251 | 1 743 401 | 19 645 |
| Total | 3 388 759 | 1 876 671 | 2 038 813 | 109 483 | 6 841 618 | 14 255 344 | 6 560 598 |

Tabelle 5-4: Massenbilanz in Tonnen Öl-Äquivalenten (toe).

5.4 Vergleich der Treibhausgasemissionen mit BAFU (BAFU 2016a)

Vergleich mit Gesamtenergiestatistik BFE (BFE 2016), ausgewertet nach Treibhausgasen

Auswertung mit Energiezahlen des BFE und Emissionsfaktoren des BAFU (BAFU 2016b): Siehe Tabelle 5-3.

Auswertung mit Energiezahlen des BFE und Emissionsfaktoren aus Ecoinvent v.3.2:

| Nutzung | Energiebilanz (BFE 2016) [TJ] | Faktor (Ecoinvent v.3.2) | | | Umweltauswirkungen | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|--|---|--|---|--------------------------------------|---------------------------------------|
| | | Treibhaus-effekt ¹⁾ [t CO ₂ -eq tot / TJ] | Gesamter Energie-bedarf (ne) ²⁾ [TJ / TJ] | Gesamt-Umwelt-belastung ³⁾ [Mio. UBP / TJ] | Treibhaus-effekt [t CO ₂ -eq tot] | Gesamter Energie-bedarf (ne) [TJ] | Gesamt-Umwelt-belastung [Mio. UBP] |
| Holzenergie | 0 | N/A | N/A | N/A | | | |
| Kohle | 0 | N/A | N/A | N/A | | | |
| Müll und Industrie-abfälle | 0 | N/A | N/A | N/A | | | |
| Erdöl-produkte ⁴⁾ | 290 530 | 87.05 | 1.31 | 64.67 | 25 291 372 | 381 802 | 18 787 366 |
| Gas ⁵⁾ | 1 390 | 71.80 | 1.20 | 45.09 | 99 803 | 1 664 | 62 679 |
| Übrige erneuerbare Energien | 2 070 | N/A | N/A | N/A | | | |
| Fernwärme | 0 | N/A | N/A | N/A | | | |
| Total Treibstoff / Brennstoff | 293 990 | | | | 25 391 175 | 383 466 | 18 850 045 |
| Elektr. SBB-Strommix | 10 161 | 2.93 | 1.10 | 31.06 | 29 735 | 11 138 | 315 623 |
| Elektr. CH-Strommix | 1 129 | 27.37 | 2.47 | 77.32 | 30 906 | 2 785 | 87 299 |
| Total Elektrizität | 11 290 | | | | 60 640 | 13 923 | 402 922 |
| Total | 305 280 | | | | 25 451 815 | 397 389 | 19 252 967 |

¹⁾ Treibhauspotenzial - IPCC 2013: climate change: GWP 100a

²⁾ Kumulierter, nicht-erneuerbarer Energieaufwand - Cumulative, non-renewable Energy Demand (CED V 1.09)

³⁾ Ökologische Knappheit - ecological scarcity 2013: total total

⁴⁾ Transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5 {RER} | transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5 | Alloc Rec, U (of project empa); Ecoinvent v.3.2 - IPCC 2013 GWP 100a V1.00

⁵⁾ Transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 4/{RER} | transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 4; Ecoinvent v.3.2 - IPCC 2013 GWP 100a V1.00

⁶⁾ Electricity, high voltage, for Swiss Federal Railways/[CH] | market for electricity, high voltage, for Swiss Federal Railways

⁷⁾ Electricity, low voltage/[CH] | market for electricity, low voltage | Alloc Rec, U; Ecoinvent v.3.2 - IPCC 2013 GWP 100a V1.00

NA: nicht anwendbar

Tabelle 5-5: Berechnung der Umweltauswirkungen für die Nutzung von Treibstoffen und Elektrizität. Zusätzlich zur Bereitstellung ist auch die Verbrennung/Nutzung und die Infrastruktur inbegriffen. ne: nicht erneuerbar.

Für den Mobilitätsbereich resultieren aus dieser Auswertung – unter Berücksichtigung der Energiebereitstellung und der Infrastruktur - Treibhausgasemissionen von 25 391 175 Tonnen CO₂-Äquivalente für Treibstoffe und 60 640 Tonnen CO₂-Äquivalente für Elektrizität. Das Resultat der MatCH Studie ergibt 26 345 647 Tonnen CO₂-Äquivalente für Treibstoffe und 61 880 Tonnen CO₂-Äquivalente für Elektrizität.

| | BFE/BAFU (t CO ₂ -eq.) | BFE/Ecoinvent (t CO ₂ -eq.) mit ökologischem Rucksack | MatCH (t CO ₂ -eq.) | MatCH (t CO ₂ -eq.) mit ökologischem Rucksack |
|--------------|-----------------------------------|--|--------------------------------|--|
| Elektrizität | 60 640 | 60 640 | 61 880 | 61 880 |
| Treibstoff | 21 490 457 | 25 391 175 | 20 604 004 | 26 345 647 |

Tabelle 5-6: Vergleich Treibhauseffekt Mobilität Schweiz (in Tonnen CO₂-Äquivalenten) zwischen Gesamtenergiestatistik des BFE (Emissionsfaktoren BAFU (Tabelle 5-3) bzw. Ecoinvent (Tabelle 5-5)) und dieser Studie (Tabelle 3-6).

Vergleich mit Treibhausgasinventar der Schweiz gemäss BAFU

Das Bundesamt für Umwelt überprüft die Einhaltung der Treibhausgas-Reduktionsvorgaben in der Schweiz gemäss Kyoto-Protokoll und CO₂-Gesetz. Die Berechnungsmethodik und die Kategorisierungen sind durch internationale Standards vorgegeben. Tabelle 5-7 zeigt den Vergleich der CO₂-Emissionen von MatCH mit den offiziellen Zahlen des BAFU (BAFU 2016b). Die detaillierte Zuweisung der offiziellen Kyoto-Kategorien wird im Anhang beschrieben unter Anhang A III.

Die Daten des BAFU für den öffentlichen und privaten Verkehr zeigen einen Wert von 20.80 Mio. t CO₂-eq. und damit praktisch gleich viel wie der durch eine völlig andere Berechnungsmethode (bottom-up) erhaltene Wert von 20.67 Mio. t CO₂-eq. in dieser Studie. Zu beachten ist, dass es sich nur um direkte Emissionen aus dem Betrieb handelt, das heisst die Emissionen aus der Herstellung der Treibstoffe und aus der dafür benötigten Infrastruktur sind nicht inbegriffen (im Unterschied zu Kapitel 4.3 mit Einbezug der Vorketten).

| Emissionen (Mio. t CO ₂ -eq./a) | | Strassen | | | | | | Schienen | | Schiff | Flug | Sonstiges | Total |
|--|-----------------------------------|----------|-------|------|------|--------|----------|----------|------|----------------------|--------------------|------------|-------|
| MatCH 2016 | 2Rad | PW | 3.5t | LKW | Bus | LW/IND | Anhänger | Tram | Zug | Schiff ³⁾ | Flug ⁴⁾ | Seilbahnen | Total |
| Elektrizität / Emissionen | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.06 |
| Treibstoff / Emissionen | 0.21 | 11.51 | 1.64 | 2.12 | 0.37 | 0.51 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.14 | 4.10 | 0.00 | 20.60 |
| Total MatCH | 0.21 | 11.51 | 1.64 | 2.12 | 0.37 | 0.51 | 0.00 | 0.04 | 0.04 | 0.14 | 4.10 | 0.02 | 20.67 |
| BAFU 2014 (BAFU 2016a)²⁾ | | | | | | | | | | | | | |
| 1A3b | Motorräder | 0.25 | | | | | | | | | | | 0.25 |
| | Personenwagen | | 10.51 | | | | | | | | | | 10.51 |
| | Lieferwagen | | | 0.85 | | | | | | | | | 0.85 |
| | Lastwagen | | | | 1.75 | | | | | | | | 1.75 |
| | Bus | | | | | 0.36 | | | | | | | 0.36 |
| | Tanktourismus und stat. Diff. | | | | | | | | | | | | 2.01 |
| 1A3c | Bahn | | | | | | | 0.03 | | | | | 0.03 |
| 1A3d | Schifffahrt | | | | | | | | | 0.12 | | | 0.12 |
| 1A3a | Inland Flugverkehr (ohne Militär) | | | | | | | | | | 0.14 | | 0.14 |
| | Internationaler Flugverkehr | | | | | | | | | | 4.78 | | 4.78 |
| Total BAFU* | | 0.25 | 10.51 | 0.85 | 1.75 | 0.36 | N/A | N/A | 0.03 | 0.12 | 4.92 | N/A | 20.80 |

¹ CO₂-Äquivalente entspricht der Summe aller Gase. Nicht-CO₂-Emissionen wurden ihrem Treibhauspotenzial (GWP) entsprechend gewichtet.
² Kategorisierung nach IPCC.
³ Internationaler Schifffahrt (0.02 Mio. t CO₂-eq./a in BAFU 2016) in MatCH nicht betrachtet
⁴ Emissionen, die bei der Produktion von Importgütern (inkl. Importstrom) entstehen, sind im Treibhausgasinventar nicht berücksichtigt (<http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/14487/index.html?lang=de>).
 N/A: nicht anwendbar
 Quelle: Entwicklung der Emissionen von Treibhausgasen seit 1990 (April 2016)

Tabelle 5-7: Vergleich der Treibhausgasemissionen mit (BAFU 2016a).

In der graphischen Darstellung obiger Tabelle ist die Übereinstimmung gut zu sehen:

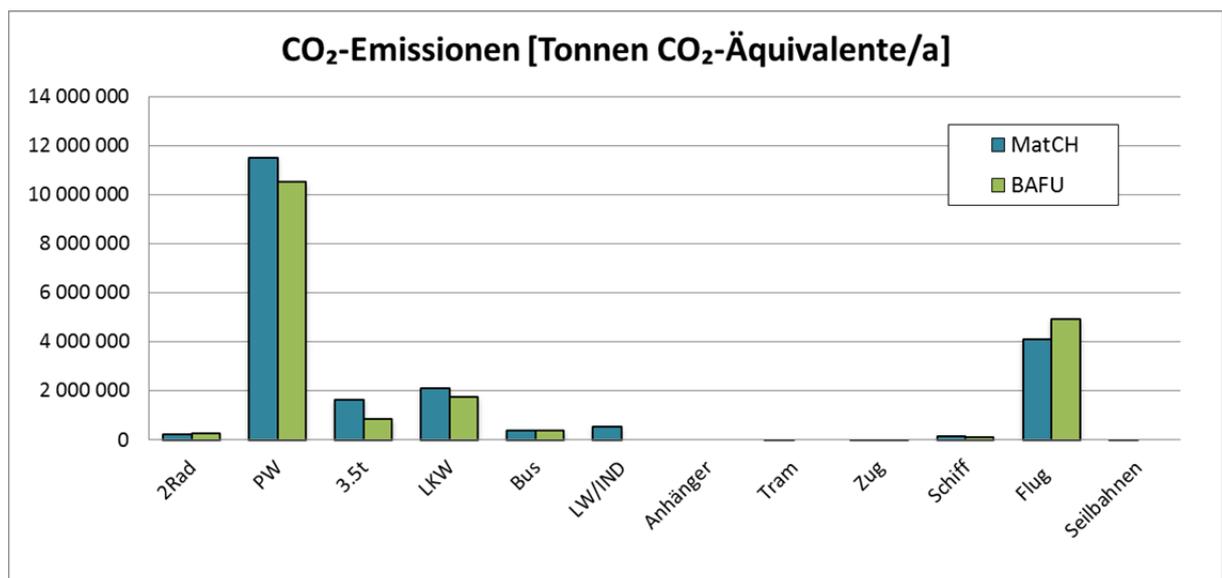


Abbildung 5-4: Vergleich CO₂-Emissionen mit BAFU (BAFU 2016a).

6 Schlussfolgerungen und Ausblick

6.1 Modellierung

Mit einfachen Basisüberlegungen für die Berechnungen war es im Rahmen dieser Studie möglich, den Materialfluss im Mobilitätsbereich Schweiz darzustellen. Folgende Basisannahmen wurden getroffen:

- Ein Startwert für die Massen im Mobilitätsbereich Schweiz wird mit einer bottom-up Rechnung pro Mobilitätskategorie berechnet.
- Annahmen über die Nutzungs- bzw. Lebensdauer von Materialien, damit der Mobilitätsbereich instand gehalten werden kann.
- Annahmen über die Expansion (oder Schrumpfung) des Mobilitätsbereichs Schweiz, basierend auf Indikatoren zur Konjunktur.
- Annahmen über die Entsorgung (Recycling, KVA/HVA, Deponie) der Materialien.

Die aus der Modellierung resultierenden Massenströme wurden mit Werten aus bereits existierenden Studien verglichen, wodurch das Modell kalibriert werden konnte. Es war nicht das Ziel der Studie, eine möglichst genaue Übereinstimmung mit Werten aus anderen Arbeiten zu erhalten, da diese untereinander nicht widerspruchsfrei sind und zudem aus unterschiedlichen Jahren stammen. Trotzdem konnte mit wenigen intuitiv plausiblen Annahmen eine hinreichende Übereinstimmung erreicht werden.

Um den Bedarf an Material mit dem Bedarf an Energie zu vergleichen, kann Energie in einen Massenfluss umgerechnet werden. Für die vorliegende Studie wurde Elektrizität und Energie aus festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen (basierend auf der Gesamtenergiestatistik der Schweiz (BFE 2016) in Tonnen Öl-Äquivalente umgerechnet. Die Darstellung als Massenfluss in derselben Weise wie die Materialmassen war somit möglich, ohne dass dafür eine Anpassung der Skalierung zwischen Materialien und Energie nötig war.

Die Massenflüsse sind nicht gleichbedeutend mit ihrer Wirkung auf die Umwelt. Durch eine umfangreiche Zusammenstellung von Daten über Umweltauswirkungen von Materialien und Energie (basierend auf der Ecoinvent Datenbank) war es möglich, die Massenflüsse in Umweltauswirkungen umzurechnen. Die graphische Darstellung der Umweltauswirkungen erlaubt eine intuitive Erfassung von kritischen Umweltaspekten.

6.2 Verbesserung der Datengrundlagen

Der 'bottom-up' Ansatz bedingt die Eingabe von sehr vielen Einzeldaten. Dies ist zwar aufwändig, erlaubt jedoch eine Überprüfung aller Grundlagen und spätere Anpassungen. Die Daten zu Art und Anzahl von Fahrzeugen sind grösstenteils in Statistiken verfügbar. Daten über die Zusammensetzung von Fahrzeugen wurden vorwiegend aus Ökobilanz-Datenquellen entnommen, wobei nur ein Teil der untersuchten 78 Detailkategorien abgebildet ist. Eigene Erfahrungen sind nötig, um plausible Werte einsetzen zu können.

Grössere Unsicherheiten sind im Bereich der Teileverwertung und Gebrauchtfahrzeuge vorhanden. Es ist zu hoffen, dass nach Publikation von aktuell laufenden Arbeiten bessere Daten verfügbar werden. Der Einfluss dieser verbesserten Daten auf das Gesamtergebnis dürfte jedoch sehr gering bleiben, da Fahrzeuge vorwiegend als komplette Fahrzeuge und nicht in Teilen verschoben werden.

6.3 Modellierung von Zukunftsszenarien

Für jede Detailkategorie lassen sich in der Modellierung individuelle Wachstumsfaktoren einsetzen. Dies erlaubt beispielsweise, die Auswirkungen einer verstärkten Elektrifizierung der Mobilität über einen gewissen Zeitraum einfach darzustellen, indem beispielsweise bei Personewagen die Wachstumsraten von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen erhöht, von konventionell angetriebenen Fahrzeugen jedoch reduziert werden. Die Modellierung erfasst automatisch die Verschiebung des Energiebedarfs und der Materialzusammensetzung (z.B. deutlich mehr Batterien) und berechnet die resultierenden Umweltauswirkungen.

In ähnlicher Weise lassen sich Auswirkungen beispielsweise durch veränderte Recyclingquoten oder veränderte Materialzusammensetzungen der Fahrzeuge (beispielsweise mehr Aluminium statt Stahl) untersuchen.

Es wurde versucht, die Modellierung einfach und als Excel-Datei verfügbar zu halten ohne spezialisierte Software. Ein eigentliches ‚Spielen‘ mit Parametern ermöglicht es ein Gefühl für die Gesamtzusammenhänge zu erhalten. Die Interpretationen können durch graphische Darstellung gut visualisiert werden.

Als methodische Grundlage diente die Materialflussanalyse und ein einfaches Ökobilanz-Modell. Für zukünftige Arbeiten in diesem Bereich könnte die Umwelt-orientierte Materialflussanalyse (environmentally extended input-output analysis (EE-IOA)) von Bedeutung sein.

7 Literaturverzeichnis

- AGVS. 2016. „Personenwagen Halterwechsel CH und FL / Automarktstatistik AGVS/Eurotax“.
- BAFU. 2011. „Gesamt-Umweltbelastung durch Konsum und Produktion in der Schweiz - Input-Output Analyse verknüpft mit Ökobilanzierung“. Umweltwissen. Bern, Schweiz: Bundesamt für Umwelt BAFU.
- . 2013. „Ressourceneffizienz Schweiz - Grundlagenbericht zur Ressourceneffizienz und Rohstoffnutzung“. Bern, Schweiz: Bundesamt für Umwelt BAFU.
- . 2016a. „Excel-Daten: Entwicklung der Emissionen von Treibhausgasen seit 1990 (April 2016)“.
http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/14487/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,Inp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCHeH94f2ym162epYbg2c_JkKbNoKSn6A--.
- . 2016b. „Faktenblatt CO2 Emissionsfaktoren des Treibhausgasinventars der Schweiz“. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- BFE. 2016. „Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2015“. Bundesamt für Energie BFE.
- BFS. 2013. „Mobilität und Verkehr 2013“. Bundesamt für Statistik BFS.
- Blaser, Fabian, Rolf Widmer, und Patrick Wäger. 2012. „Verwertung seltener Metalle aus der Automobilelektronik in der Schweiz: Systemübersicht und Probenahmekonzept Im Auftrag“. Empa, Abteilung Technologie und Gesellschaft im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).
- Böni, H., und P. Wäger. 2014. „Projekt ‚MatCH - Materialressourcen Schweiz‘: Vorschlag für ein Umsetzungskonzept“. St. Gallen: Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Ecoinvent. 2016. „Ecoinvent Database v.3.2 (Status Jan. 2016)“.
- Frischknecht, R., und 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.
- Gauch, Marcel, Cecilia Matasci, Ingrid Hincapié, Raphael Hörler, und 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).
- GHK. 2006. „A study to examine the benefits of the End of Life Vehicles Directive and the costs and benefits of a revision of the 2015 targets for recycling, re-use and recovery under the ELV Directive - Final Report to DG Environment“.
- Haan, Peter de, und Rainer Zah. 2013. *Chancen und Risiken der Elektromobilität in der Schweiz*. vdf Hochschulverlag AG.
- Habermacher, Fabienne. 2010. „Modeling Material Inventories and Environmental Impacts of Electric Cars“. Master Thesis, ETHZ Zürich.
- Hagelüken, C., und C.E.M. Meskers. 2010. „Complex Life Cycles of Precious and Special Metals“. In *Linkages of Sustainability*. Bd. 4. Strüngmann Forum Report. Cambridge, MA: The MIT Press.
- INFRAS. 1995. „Ökoinventar Transporte, Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Transportsystemen und für den Einbezug von Transportsystemen in Ökobilanzen“.
- . 1997. „Umweltindikatoren im Verkehr Kennziffern für einen ökologischen Vergleich der Verkehrsmittel“.

- Jungbluth, Niels, Rene Itten, und Matthias Stucki. 2012. „Umweltbelastungen des privaten Konsums und Reduktionspotenziale“. ESU-services Ltd.
- Kaenzig, J, und O Jolliet. 2006. „Umweltbewusster Konsum: Schlüsselentscheide, Akteure und Konsummodelle. Umwelt-Wissen Nr. 0616.“ Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Leemann, Robert. 1992. „Grundbegriffe der Energiewirtschaft (Glossar)“. Bundesamt für Konjunkturfragen (BfK).
- Leuenberger, Marianne, und Rolf Frischknecht. 2010. „Life Cycle Assessment of Two Wheel Vehicles“. ESU-services Ltd.
- Nemecek, Thomas, und Thomas Kägi. 2007. „Life Cycle Inventories of Agricultural Product Systems Data v2.0“. Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART.
- Restrepo, Eliette, Amund Lovik, Patrick Wäger, Rolf Widmer, Radek Lonka, und Daniel Müller. 2017. „Stocks, Flows, and Distribution of Critical Metals in Embedded Electronics in Passenger Vehicles“. Environmental Science and Technology.
<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.est.6b05743>.
- Rubli, S., und N. Jungbluth. 2005. „Materialflussrechnung für die Schweiz“. Neuchâtel: Bundesamt für Statistik BFS.
- SARS. 2010. „Jahresbericht 2010“. Stiftung Autorecycling Schweiz (SARS).
- Schneider, J. 2002. „Material- und Abfallbewirtschaftung des Systems Fahrbahn SBB.“ Diplomarbeit, ETH Zürich.
- Skinner, B.J. 1979. „Earth Resources“. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, Nr. Vol. 76, No. 9, (September): 4212–17.
- Spielmann, M., und P. de Haan. 2008. „Umweltindikatoren im Verkehr—Vergleich der Verkehrsmittel anhand CO2-Emissionen, Energieaufwand und übriger Umweltauswirkungen“.
- Spielmann, Michael, Christian Bauer, Roberto Dones, und Matthias Tuchschnid. 2007. „Transport Services - Data v2.0“. Paul Scherrer Institute (PSI), ESU-services Ltd.
- Stiftung Autorecycling Schweiz. 2015. „Jahresbericht Stiftung Autorecycling Schweiz 2015“.
- Tuchschnid, Matthias. 2011. „SBB Ecocalculator Background Report Version 1.1, October 2011“.
- 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.
- Wyss, Franziska, und Rolf Frischknecht. 2013. „Umweltauswirkungen der Autoflotte der Schweiz“. treeze Ltd.

Anhang

A I Entsorgung/Recycling im Mobilitätsbereich

Fahrzeuge bestehen zu einem Grossteil aus Materialien, welche seit geraumer Zeit mit traditionellen Methoden rezykliert werden (Stahl, Aluminium). Sie enthalten aber zunehmend auch Stoffe, welche schwieriger zu verwerten sind oder einen geringen ökonomischen Wert haben (Textilien, Kunststoffe). Es gibt Vorschriften bei der Entsorgung um zu verhindern, dass nur ökonomisch interessante Bestandteile herausgepickt werden und unerwünschte Materialien unsachgemäss mit entsprechenden Umweltbelastungen entsorgt werden.

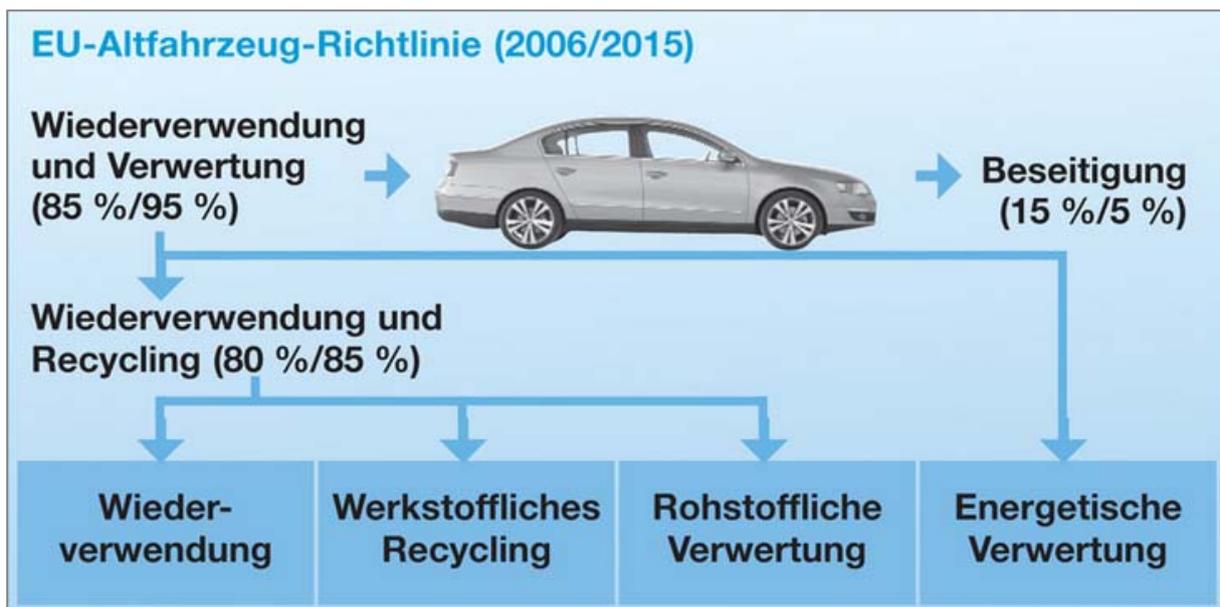


Abbildung A-1: Wiederverwendungsquoten gemäss der EU-Altfahrzeug-Richtlinie (2005/2105).

Als erstes muss ein Autoverwerter in einem Entgiftungsprozess (depollution) alle Betriebsflüssigkeiten, Öle, Treibstoffe und Airbags entnehmen. Batterien, Reifen und Katalysatoren werden ausgebaut und der Verwertung zugeführt. Im Durchschnitt werden rund 10% des Fahrzeuggewichtes demontiert und Teile je nach Bedarf für den Ersatzteilmarkt ausgeschieden. Im Schredderwerk wird die Restkarosserie in faustgrosse Stücke zerschlagen. Die Metalle aus Karosserie, Motor und Fahrwerk - 70 bis 75% des Fahrzeug-Gesamtgewichts - werden sortiert, an Stahlwerke und Giessereien verkauft und somit vollständig der Wiederverwertung zugeführt.

Aus dem Shredder bleiben von einem Altfahrzeug noch rund 30% RESH übrig (REststoffe aus SHredderanlagen) mit der Zusammensetzung:

- Kunststoffe: 60%
- Glas und Sand: 15%
- Textilien, Leder, Holz: 10%
- Lackstaub und Rost: 10%
- Restmetalle (Eisen, Nichteisenmetalle): 5%

RESH gilt als Sonderabfall, welcher heute mit bis zu 5% Anteil dem Hausmüll der Kehrichtverbrennungsanlagen ohne Beeinträchtigung der Anlage beigemischt werden kann. Die organischen Anteile werden dabei thermisch verwertet¹⁹. Früher wurde RESH direkt deponiert, bei der thermischen Verwertung gehen nützliche Fraktionen verloren. Überlegungen zu neuen Prozessen sollen wertvolle Anteile zurückgewinnen und die stofflichen Recyclingraten steigern (GHK 2006).

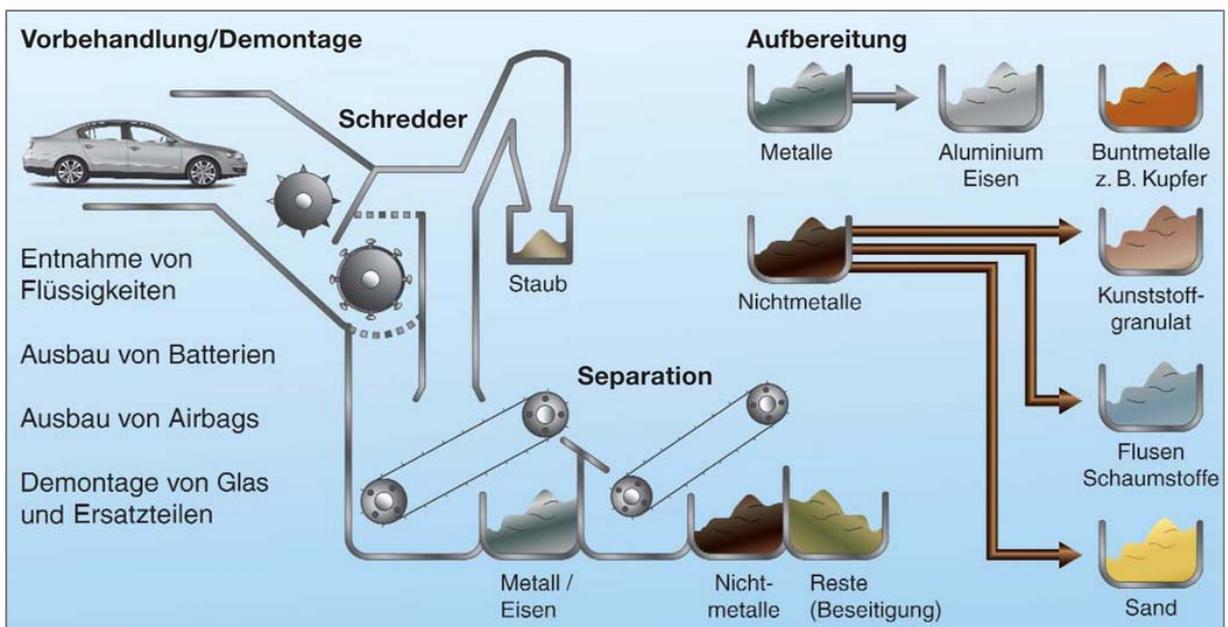


Abbildung A-2: Prinzipschema Fahrzeugrecycling, Beispiel PW²⁰.

Eine deutlich detaillierte Analyse inklusive seltene und kritische Metalle wurde durch (Restrepo u. a. 2017) publiziert. Zahlen zu Importen, Massen im Lager und Entsorgung decken sich mit den Resultaten dieser Studie. Abweichungen ergeben sich bei den Betrachtungen zu Fahrzeugen mit unbekanntem Schicksal (siehe Kapitel 3.7).

¹⁹ http://www.proofit.ch/de/infothek/detail-info/?tx_infomodule_pi2%5Buid%5D=903

²⁰ <https://www.chemie-am-auto.de/begleitmaterial/pdfs/Recycling.pdf>

Ein Teil der Materialien kann direkt vor dem Shredder-Prozess in Form von Ersatzteilen wiederverwendet werden (Vereinigung der Autosammelstellen-Halter der Schweiz VASSO):

| Material | [%] | Teilverwertung |
|------------------------|-----|---|
| Eisen, Stahl | 5% | Motorblöcke, Zylinderköpfe, Getriebe, Blechteile (Türen, Motorhauben, Hecktüren, etc.), Achsteile, Felgen |
| Aluminium | 5% | Achsteile, Felgen |
| Andere Metalle | 1% | |
| Glas | 3% | Scheiben in Türen und Heckklappen |
| Plastik, Synthetisches | 3% | Stossstangen, Interieurs, Beleuchtung |
| Elektronik | 20% | Steuergeräte, Radio/CD, Navigation, Display, etc. |
| Batterie | 20% | Es werden vor dem Shredder alle Batterien aus den Fahrzeugen ausgebaut, aber nur ca. 20% werden wiederverkauft, der Rest geht in die stoffliche Verwertung |
| Reifen, Gummi | 35% | Es werden vor dem Shreddern alle Pneu an den Fahrzeugen entfernt, 30 bis 40% werden in der Schweiz wiederverkauft oder zum Wiedergebrauch exportiert, der Rest wird als Ersatzbrennstoff vorwiegend in Zementwerken eingesetzt oder zu einem kleinen Teil granuliert |
| Betriebsstoffe | 30% | Die Fahrzeuge werden vor dem Shreddern von den Betriebsstoffen entfachtet, Treibstoff (Benzin + Diesel) wird gesammelt und als solcher gebraucht, das gilt teilweise auch für Klimafluide und Kühlerwasser, Motor- und Getriebe-Öl etc. wird der stofflichen Verwertung zugeführt |

Tabelle A-1: Wiederverwertung pro Material: Anteil und Beschreibung (Andreas Kaufmann, VA-SSO, persönliche Mitteilung).

In der Studie konnte die Entsorgung von PW mit Werten aus folgender Tabelle und Illustration abgebildet werden:

| Kategorie | Ausserbetrieb gesetzte Fahrzeuge | Exportfluss | Fluss in Entsorgung nach Export | Unbekannt | Fluss in Entsorgung nach Export und Unbekannt | Teilverwertung | Recyclingfluss nach Teilverwertung | Recycling zu KVA/HVA | KVA/HVA zu Recycling | KVA/HVA zu Deponie | Recycling nach KVA | Recycling zusammen- gefasst | KVA/HVA zusammen- gefasst |
|-------------------|--|-------------|---------------------------------------|-----------|--|----------------|--|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Stahl | 280761 | 109895 | 170866 | 71762 | 99105 | 4955 | 94149 | 4707 | 1883 | 2824 | 89442 | 91325 | 0 |
| Aluminium | 14690 | 5750 | 8940 | 3755 | 5185 | 259 | 4926 | 246 | 99 | 148 | 4680 | 4778 | 0 |
| Andere M. / RESH | 5613 | 2197 | 3416 | 1435 | 1981 | 20 | 1961 | 98 | 39 | 59 | 1863 | 1903 | 0 |
| Glas / RESH | 8536 | 3341 | 5195 | 2182 | 3013 | 90 | 2923 | 2835 | 0 | 2747 | 88 | 88 | 88 |
| Plastik / RESH | 47361 | 18538 | 28823 | 12105 | 16718 | 502 | 16216 | 15730 | 0 | 486 | 486 | 486 | 15243 |
| Elektronik / RESH | 5760 | 2255 | 3505 | 1469 | 2036 | 407 | 1629 | 1580 | 0 | 814 | 49 | 49 | 765 |
| Batterie | 13940 | 5109 | 7932 | 3295 | 4637 | 926 | 3706 | 0 | 0 | 0 | 3706 | 3706 | 0 |
| Reifen, Gummi | 50027 | 19581 | 30445 | 12787 | 17659 | 6181 | 11478 | 11478 | 0 | 1951 | 0 | 0 | 9527 |
| Betriebsstoffe | 14168 | 5545 | 8623 | 3624 | 4998 | 1500 | 3499 | 350 | 0 | 0 | 3149 | 3149 | 350 |
| Total | 439956 | 172211 | 267745 | 112418 | 155327 | 14840 | 140487 | 37024 | 2021 | 9031 | 103463 | 105484 | 25973 |

Tabelle A-2: Details Entsorgungsweg von PW-Altfahrzeugen in Tonnen. Beispielsjahr 2016. Daten verwendet in dieser Studie.

Entsorgungsweg Altfahrzeuge (PW)

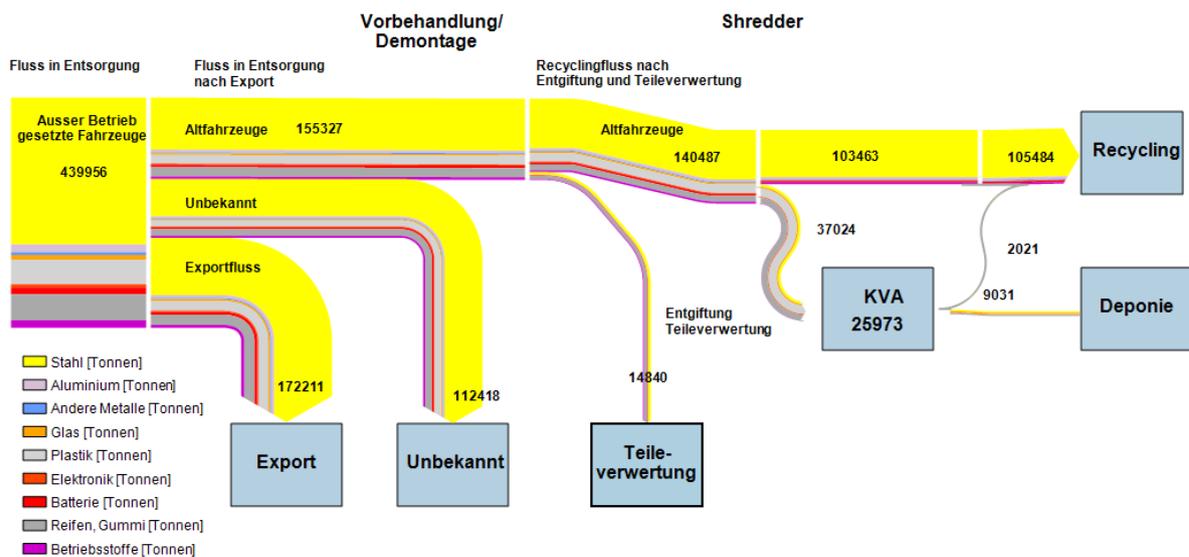


Abbildung A-3: Graphische Illustration des Entsorgungswegs für PW-Altfahrzeuge in Tonnen.

Für die Studie wurde angenommen, dass der Entsorgungspfad für Personenwagen (welche mit 7 von 11 Mio. Tonnen den dominanten Mobilitätsbereich darstellen) auch für die restlichen Mobilitätsbereiche angewandt werden kann.

Quervergleiche waren möglich mit Statistiken der Stiftung Autorecycling Schweiz (Personenwagenstatistik 2015 sowie persönliche Mitteilungen (Hr. Christen)).



Abbildung A-4: Personenwagenstatistik Schweiz (Stiftung Autorecycling Schweiz 2015).

Genauere Analysen sind schwierig, wie auch aus der hohen Zahl von 110 000 'unbekannten' Fahrzeugen ersichtlich ist. Diese könnten auf Occasions- und Schrottplätzen lagern oder wurden ins Ausland verschoben oder im Ausland ohne Abmeldung in der Schweiz betrieben.

A II Datenvergleich Statistiken

Um das im Projekt MatCH verwendete Modell zu beurteilen, werden die Resultate im Bereich Materialzufluss mit Zahlen über Import von der eidgenössischen Zollverwaltung (EZV, Swiss-Impex)²¹ verglichen, welche nach Nummern gegliedert sind. Vergleiche sind so auch mit verschiedenen Ländern möglich. Das aktuell gültige Tarifnummern-Verzeichnis umfasst 97 Abschnitte (Warenarten) mit insgesamt über 8 000 Tarifnummern.

Die Aussenhandelsstatistik betrachtet Warentypen (z.B. Fleisch, Getreide, Bekleidung, Möbel, Autos) die gut mit dieser Studie vergleichbar sind. Für diese Studie wurden importierte Waren (Fahrzeuge) gemäss (Tabelle A-3) ausgewählt. Diese Kategorien sollten den Zufluss in den Mobilitätsbereich möglichst vollständig abdecken, da praktisch sämtliche betrachteten Fahrzeuge in die Schweiz importiert werden. Sie berücksichtigen aber nicht den Import und Export von Teilen. Wie Abbildung 5-1 zeigt, gibt es eine gute Übereinstimmung.

| MatCH-Kategorie | | Swiss-Impex Kategorie | | | | |
|-----------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------|---------|
| 2Rad | Motorräder | 8711.1 | LW/IND | | | |
| | Motorräder | 8711.2 | | | | |
| | Motorräder | 8711.3 | | | | |
| | Motorräder | 8711.4 | | | | |
| | Motorräder | 8711.5 | | | | |
| | Motorfahrräder 15% | 8711.9 | | | | |
| | Motorfahrräder 85% | | | | | |
| Fahrräder | 8712 | Landwirt. Traktor | | 8701.901 | | |
| PW | PW | 8703.1 | | Traktor | 8701.1 | |
| | PW | 8703.21 | | Traktor | 8701.2 | |
| | PW | 8703.22 | | Traktor | 8701.3 | |
| | PW | 8703.231 | | Traktor | 8701.909 | |
| | PW | 8703.232 | | Arbeitsmaschine | 8704.1 | |
| | PW | 8703.233 | | Arbeitsmaschine | 8705.101 | |
| | PW | 8703.241 | | Arbeitsmaschine | 8705.109 | |
| | PW | 8703.242 | | Arbeitsmaschine | 8705.3 | |
| | PW | 8703.31 | | Arbeitsmaschine | 8705.4 | |
| | PW | 8703.321 | Arbeitsmaschine | 8705.901 | | |
| | PW | 8703.322 | Arbeitsmaschine | 8705.909 | | |
| | PW | 8703.323 | Arbeitsmaschine | 8710 | | |
| | PW | 8703.331 | Anhänger | Anhänger | 8709.11 | |
| | PW | 8703.332 | | Anhänger | 8709.19 | |
| | PW | 8703.901 | | Anhänger | 8716.1 | |
| | PW | 8703.902 | | Anhänger | 8716.2 | |
| | PW | 8703.903 | | Anhänger | 8716.31 | |
| 3.St | Leichter Motorwagen | 8702.101 | | Anhänger | 8716.39 | |
| | Leichter Motorwagen | 8702.901 | | Anhänger | 8716.4 | |
| | Kleinbus | 8702.102 | | Anhänger | 8716.801 | |
| | Kleinbus | 8702.902 | | Anhänger | 8716.802 | |
| | Lieferwagen | 8704.211 | | Zug | Triebzüge + Triebwagen | 8603 |
| | Lieferwagen | 8704.212 | Güterwagen | | 8606 | |
| | Lieferwagen | 8704.213 | Streckenlokomotiven | | 8601 | |
| | Lieferwagen | 8704.311 | Streckenlokomotiven | | 8602 | |
| | Lieferwagen | 8704.312 | Reisezugwagen | | 8605 | |
| | Lieferwagen | 8704.312 | Sonstige Fahrzeuge | 8604 | | |
| Lieferwagen | 8704.313 | Schiff | Off. Personenschiffe | 8901 | | |
| Lieferwagen | 8704.901 | | Priv. Personenschiffe | 8902 | | |
| Lieferwagen | 8704.902 | | Priv. Personenschiffe | 8903 | | |
| LKW | Lastwagen | | 8704.22 | Priv. Personenschiffe | 8906 | |
| | Lastwagen | | 8704.23 | Güterschiffe | 8905 | |
| | Lastwagen | 8704.32 | Flug | Flugzeuge | 8802.2 | |
| | Lastwagen | 8704.903 | | Helikopters | 8802.11 | |
| | Seilbahnen | Luftseilbahnen | | | Helikopters | 8802.12 |
| | | | | Segelflugzeuge | 8801.001 | |
| | | | | Freiballone | 8801.009 | |
| | | | | Freiballone | 8804 | |
| | | | | Flugzeuge (International) | 8802.3 | |
| | | | | Flugzeuge (International) | 8802.4 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Tabelle A-3: Zuweisung Kategorien gemäss Swiss-Impex auf Mobilitätskategorien MatCH.

²¹ <https://www.swiss-impex.admin.ch>

A III Datenvergleich mit BAUFU

| Treibhausgasemissionen der Schweiz | | | | |
|------------------------------------|-----------------|-------------------------------|----------|--|
| MatCH Bericht | Kategorie MatCH | Kategorie BAUFU ²⁾ | | |
| | | 1 | | Energie |
| | | 1A | | Energie (Verbrennung) |
| | | | 1A1 | Energieumwandlung |
| | | | | davon: Kehrlichtverbrennungsanlagen |
| Bau | IND | | 1A2 | Industrie |
| | | | 1A3 | Verkehr |
| Mobilität | Flug | | 1A3a | Inland Flugverkehr (ohne Militär) |
| | | | 1A3b | Strassenverkehr |
| Mobilität | PW | | | Personenwagen |
| Mobilität | 3.5t | | | Lieferwagen |
| Mobilität | LKW | LW/IND | | Lastwagen |
| Mobilität | Bus | | | Bus |
| Mobilität | 2Rad | | | Motorräder |
| Mobilität | PW | | | Tanktourismus und statistische Differenz |
| Mobilität | Zug | Tram | | 1A3c Bahn |
| Mobilität | Schiff | | | 1A3d Schifffahrt |
| | nb | | | 1A3e Pipelinetransport |
| | | | 1A4 | Andere Sektoren |
| Bau | DLG | | | 1A4a Dienstleistungen / Gewerbe |
| Bau | EFH | MFH | | 1A4b Privathaushalte |
| Bau | LWG | | | 1A4c Andere (Land- / Forstwirtschaft) |
| Bau | UEB | | | 1A5 Übrige (Militär) |
| | nb | | 1B | Verdampfungsemissionen (Öl / Gas) |
| | nb | | | davon: Indirektes CO ₂ |
| Konsum | Konsum | | 2 | Industrielle Prozesse und Lösungsmittel |
| Konsum | Konsum | | | davon: Indirektes CO ₂ |
| Konsum | Konsum | | 3 | Landwirtschaft |
| Konsum | Konsum | | 3A | Nutztierhaltung |
| Konsum | Konsum | | | davon: Rindvieh (3A1) |
| Konsum | Konsum | | 3B | Hofdüngerbewirtschaftung |
| Konsum | Konsum | | 3D | Landwirtschaftliche Böden |
| Konsum | Konsum | | 5E | Andere (Schredder-Anlagen) |
| Konsum | Konsum | | | davon: Indirektes CO ₂ |
| | nb | | 6 | Andere |
| | nb | | | 6Ad Brand- und Feuerschäden |
| | nb | | | davon: Indirektes CO ₂ |
| Mobilität | Flug | | | Internationaler Flugverkehr |
| | nb | | | Internationaler Schiffsverkehr |
| | nb | | 4 | LULUCF (inklusive HWP) |
| | nb | | | Landnutzung und Waldbewirtschaftung |
| | nb | | | Holzprodukte (HWP) |

¹⁾ CO₂-Äquivalente entspricht der Summe aller Gase. Nicht-CO₂-Emissionen wurden ihrem Erwärmungspotenzial (GWP) entsprechend gewichtet.

²⁾ Kategorien und Nummerierung nach IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).

³⁾ Ohne internationalen Flug- und Schiffsverkehr, Landnutzungsänderungen / Forstwirtschaft und Sektor 6 (Kyoto-Systemgrenze).

Tabelle A-4: Zuweisung der Kategorien aus dem Treibhausgasinventar des BAUFU (BAUFU 2016b) zu MatCH-Kategorien. Der Bereich Mobilität wurde markiert.

A IV Basisinformationen zu den Kategorien im Detail (Ebene 3)

2Rad

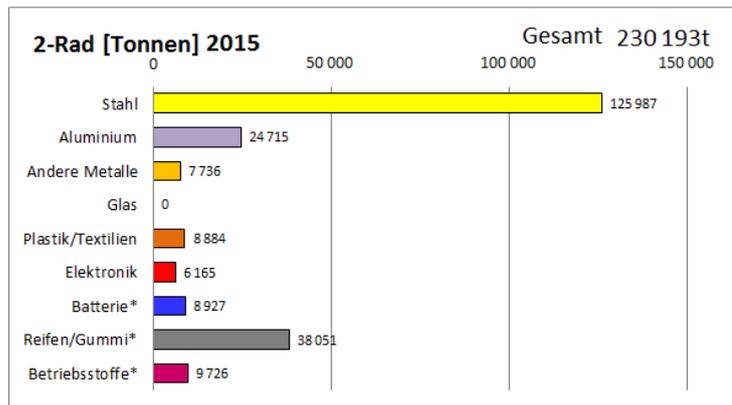
| Kategorie Ebene 1 | Kategorie Ebene 3 | Erläuterungen |
|-------------------|--|---|
| 2-Rad | Motorräder e-Motorräder | Motorräder sind einspurige Motorfahrzeuge mit zwei Rädern, mit oder ohne Seitenwagen. Als Motorrad gelten: Kleinmotorrad; Motorrad-Dreirad; Motorradseitenwagen; Kleinmotorrad-Dreirad, Motorschlitten. Motorroller. Kleinmotorräder sind zweirädrige Motorfahrzeuge mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von höchstens 45 km/h und einem Hubraum bei Verbrennungsmotoren von höchstens 50 cm ³ beziehungsweise einer Motorleistung bei anderen Motoren von höchstens 4 kW. Dreirädrige und vierrädrige Motorfahrzeuge sind Fahrzeuge, deren Leergewicht, Hubraum und Motorenleistung begrenzt sind und nicht als Kleinmotorräder gelten. Motorschlitten sind mit Raupen versehene Motorfahrzeuge, die nicht durch Abbremsen einer Raupe gelenkt werden und auch nicht die Merkmale von Motoreinachsern oder Motorhandwagen aufweisen, höchstens 1.30 m breit und 3.50 m lang sind sowie ein Gewicht von nicht mehr als 0.40 t haben. |
| | Motorfahrräder e-Motorfahrräder | Motorfahrräder sind einplätzig, einspurige Fahrzeuge mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit bis 30 km/h, höchstens 1.00 kW Motorleistung und einem Verbrennungsmotor mit einem Hubraum von höchstens 50 cm ³ , oder einem Elektromotor, der bei einer allfälligen Tretunterstützung bis höchstens 45 km/h wirkt. Als Motorfahrräder gelten: Leichtmotorfahrzeug; Kleinmotorfahrzeug; und Dreirädriges-Motorfahrzeug. |
| | Fahrräder e-Fahrräder | Fahrräder sind Fahrzeuge mit nicht mehr als zwei Rädern, die durch mechanische Vorrichtungen ausschliesslich mit der Kraft der darauf sitzenden Personen fortbewegt werden. Kinderräder und Rollstühle gelten nicht als Fahrräder. Leicht-Motorfahrräder ('e-Bikes') verfügen über einem Elektromotor von höchstens 0.50 kW Motorleistung, einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit bis 20 km/h und einer allfälligen Tretunterstützung, die bis höchstens 25 km/h wirkt. Für Leicht-Motorfahrräder wird wie für Fahrräder kein Fahrgaugausweis und Kontrollschild benötigt. |

| Kategorie | Einheit | Ebene 2 | | | Ebene 3 | | |
|---------------------------------------|-----------------------|--------------|-------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------|
| | | 2-Rad gesamt | 2-Rad Akkumuliert | 2-Rad pro Fahrzeug | Motorräder ² | Motorfahrräder ³ | Fahrräder |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | Anzahl Fahrzeuge 2015 | 4 580 022 | 4 345 521 | | 689 427 | 19 094 | 3 637 000 |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | % Fahrzeugbestand | 1.86% | 1.05% | | 1.65% | 5.56% | 0.92% |
| Treibstoff | Typ | | | | Benzin | Benzin | - |
| Elektritätsverbrauch | kWh/100 km | 0.04 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | 2 | | 2 | 5 | 2 | 0 |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | 926 | | 942 | 2 679 | 2 679 | 604 |
| Materialzusammensetzung | | | | | | | |
| Stahl | kg | 125 987 413 | 123 271 096 | 28 | 120 | 28 | 11 |
| Aluminium | | 24 715 489 | 24 453 024 | 6 | 30 | 7 | 1 |
| Anderer Metalle | | 7 735 976 | 7 470 037 | 2 | 5 | 1 | 1 |
| Glas | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Plastik/Textilien | | 8 884 341 | 8 757 175 | 2 | 10 | 2 | 1 |
| Elektronik | | 6 165 446 | 5 550 940 | 1 | 8 | 2 | 0 |
| Batterie* | | 8 926 939 | 8 273 124 | 2 | 12 | 0 | 0 |
| Reifen/Gummi* | | 38 051 375 | 36 885 889 | 8 | 28 | 7 | 5 |
| Betriebsstoffe* | | 9 725 531 | 9 714 145 | 2 | 14 | 3 | 0 |
| Total | | 230 192 509 | 224 375 429 | 52 | 227 | 50 | 18 |

* Batterien (ausser für e-Fahrzeuge) werden 3x Mal, Reifen 4x und Betriebsstoffe etwa 5x Mal im Leben des Fahrzeugs ersetzt

| Kategorie | Einheit | Ebene 2 | | Ebene 3 | | |
|---------------------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | e-2-Rad Akkumuliert | e-2-Rad pro Fahrzeug | e-Motorräder | e-Motorfahrräder | e-Fahrräder |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | Anzahl Fahrzeuge 2015 | 234 501 | | 1 500 | 1 | 233 000 |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | % Fahrzeugbestand | 33.10% | | 33.10% | 33.10% | 33.10% |
| Treibstoff | Typ | | | Elektrizität Strom-Mix CH | Elektrizität Strom-Mix CH | Elektrizität Strom-Mix CH |
| Elektritätsverbrauch | kWh/100 km | | 1 | 8 | 6 | 1 |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | | 617 | 2 679 | 2 679 | 604 |
| Materialzusammensetzung | | | | | | |
| Stahl | kg | 2716 317 | 12 | 65 | 34 | 11 |
| Aluminium | | 262 465 | 1 | 16 | 9 | 1 |
| Anderer Metalle | | 265 938 | 1 | 3 | 1 | 1 |
| Glas | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Plastik/Textilien | | 127 166 | 1 | 5 | 3 | 1 |
| Elektronik | | 614 506 | 3 | 6 | 6 | 3 |
| Batterie* | | 653 815 | 3 | 32 | 15 | 3 |
| Reifen/Gummi* | | 11 654 486 | 5 | 15 | 8 | 5 |
| Betriebsstoffe* | | 11 387 | 0 | 8 | 4 | 0 |
| Total | | 5 817 080 | 25 | 150 | 80 | 24 |

* Batterien (ausser für e-Fahrzeuge) werden 3x Mal, Reifen 4x und Betriebsstoffe etwa 5x Mal im Leben des Fahrzeugs ersetzt



| Motorräder ²² | Motorfahrräder ²³ | Fahrräder ²⁴ |
|---|---|---|
|  |  |  |

²² http://10-themes.com/data_images/wallpapers/48/455653-moto.jpg

²³ http://www.fahren-lernen.de/Portals/0/Inhalte/Z61773_Mofa.jpg

²⁴ <http://www.pdfontanaliri.it/wp-content/uploads/2016/04/bicicletta.jpg>

PW

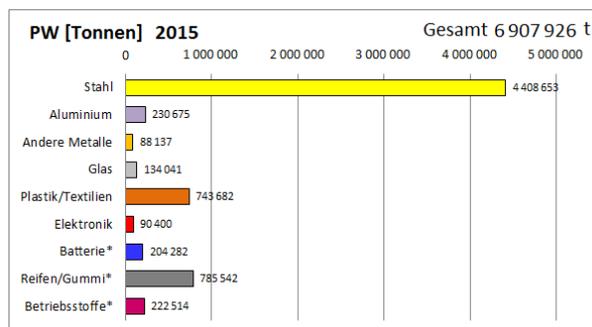
| Kategorie Ebene 1 | Kategorie Ebene 3 | Erläuterungen |
|-------------------|--------------------------------------|---|
| PW | Kleiner PW (PW und e-PW) | Personenwagen sind leichte Motorwagen zum Personentransport mit höchstens neun Sitzplätzen einschliesslich Führer oder Führerin (bis 3,50 t). Kleine Personenwagen sind Personenwagen mit einem Leergewicht von maximal 1.4 Tonnen. |
| | Mittlerer PW (PW und e-PW) | Mittlere Personenwagen sind Personenwagen mit einem Leergewicht von zwischen 1.4 und 2 Tonnen. |
| | Grosser PW (PW und e-PW) | Grosse Personenwagen sind solche mit einem Leergewicht über 2 Tonnen und einem Gesamtgewicht von maximal 3.5 Tonnen. |

| Kategorie | Einheit | Ebene 2 | | | Ebene 3 | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|---------------|----------------|-----------------|------------|--------------|------------|-------|
| | | PW gesamt | PW Akkumuliert | PW pro Fahrzeug | Kleiner PW | Mittlerer PW | Grosser PW | |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | Anzahl Fahrzeuge 2015 | 4 458 069 | 4 451 595 | | 955 451 | 2 317 819 | 1 178 325 | |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | % Fahrzeugbestand | 1.90% | 1.86% | | 2.30% | 1.81% | 1.60% | |
| Treibstoff | Typ | | | | Benzin | Benzin | Benzin | |
| Elektritätsverbrauch | kWh/100 km | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | 7 | | 7 | 5 | 7 | 10 | |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | 14 926 | | 14 926 | 14 926 | 14 926 | 14 926 | |
| Materialzusammensetzung | | | | | | | | |
| Stahl | kg | 4 408 653 158 | 4 403 320 520 | 989 | 633 | 990 | 1 277 | |
| Aluminium | | 230 674 983 | 230 395 963 | 52 | 33 | 52 | 67 | |
| Andere Metalle | | 88 136 992 | 88 030 383 | 20 | 13 | 20 | 26 | |
| Glas | | 134 040 869 | 133 878 735 | 30 | 19 | 30 | 39 | |
| Plastik/Textilien | | 743 681 896 | 742 782 350 | 167 | 107 | 167 | 215 | |
| Elektronik | | 90 400 018 | 90 146 268 | 20 | 15 | 20 | 25 | |
| Batterie* | | 204 282 005 | 202 444 132 | 45 | 36 | 42 | 60 | |
| Reifen/Gummi* | | 785 541 835 | 784 591 656 | 176 | 113 | 176 | 227 | |
| Betriebsstoffe* | | 222 514 190 | 222 389 925 | 50 | 32 | 50 | 64 | |
| Total | | | 6 907 925 948 | 6 897 979 933 | 1 550 | 1 000 | 1 547 | 2 000 |

* Batterien (ausser für e-Fahrzeuge) werden 3x Mal, Reifen 4x und Betriebsstoffe etwa 5x Mal im Leben des Fahrzeugs ersetzt

| Kategorie | Einheit | Ebene 2 | | Ebene 3 | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------|
| | | e-PW Akkumuliert | e-PW pro Fahrzeug | Kleiner e-PW | Mittlerer e-PW | Grosser e-PW | |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | Anzahl Fahrzeuge 2015 | 6 474 | | 2 184 | 3 149 | 1 140 | |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | % Fahrzeugbestand | 32.77% | | 33.98% | 33.10% | 29.81% | |
| Treibstoff | Typ | | | Elektrizität Strom-Mix CH | Elektrizität Strom-Mix CH | Elektrizität Strom-Mix CH | |
| Elektritätsverbrauch | kWh/100 km | | 15 | 12 | 16 | 20 | |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | | 14 926 | 14 926 | 14 926 | 14 926 | |
| Materialzusammensetzung | | | | | | | |
| Stahl | kg | 5 332 638 | 824 | 621 | 855 | 1 124 | |
| Aluminium | | 279 021 | 43 | 32 | 45 | 59 | |
| Andere Metalle | | 106 609 | 16 | 12 | 17 | 22 | |
| Glas | | 162 134 | 25 | 19 | 26 | 34 | |
| Plastik/Textilien | | 899 546 | 139 | 105 | 144 | 190 | |
| Elektronik | | 253 750 | 39 | 35 | 40 | 45 | |
| Batterie* | | 1 837 873 | 284 | 200 | 300 | 400 | |
| Reifen/Gummi* | | 950 179 | 147 | 111 | 152 | 200 | |
| Betriebsstoffe* | | 124 265 | 19 | 15 | 20 | 25 | |
| Total | | | 9 946 015 | 1 536 | 1 150 | 1 600 | 2 100 |

* Batterien (ausser für e-Fahrzeuge) werden 3x Mal, Reifen 4x und Betriebsstoffe etwa 5x Mal im Leben des Fahrzeugs ersetzt



| Kleiner PW ²⁵ | Mittlerer PW ²⁶ | Grosser PW ²⁷ |
|---|---|---|
|  |  |  |

²⁵ http://image.img-erento.com/smart/auto-mieten-smart-cabrio-autom-smart-3000401-25328569_gallery.jpg

²⁶ <http://files.newsnetz.ch/story/2/0/1/20138725/8/topelement.jpg>

²⁷ <http://img01.ibnlive.in/ibnlive/uploads/2016/01/auto-expo-2016.jpg>

3.5t

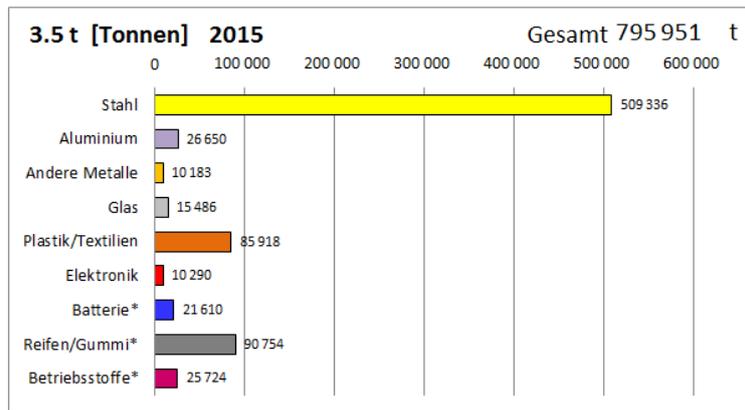
| Kategorie Ebene 1 | Kategorie Ebene 3 | Erläuterungen |
|-------------------|--|---|
| 3.5t | Leichter Motorwagen (3.5t und e-3.5t) | Motorwagen sind Motorfahrzeuge mit mindestens vier Rädern - ausgenommen Leicht- und Kleinmotorfahrzeuge sowie Motorhandwagen-, Motorfahrzeuge mit drei Rädern und einem Leergewicht über eine Tonne, Arbeitsmotorwagen sowie Raupenfahrzeuge, die nicht als Motorräder gelten. Sie sind oft Fahrzeuge für einen speziellen Gebrauch, z.B. Camper oder Wohnwagen, Verkaufsfahrzeuge, Büros, Schirnbildfahrzeuge, Ausstellungsfahrzeuge, Ambulanzen, Leichenwagen usw. Dabei kann es sich um leichte oder schwere Motorwagen handeln. Motorwagen bis zu 3.5 Tonnen Gesamtgewicht sind "leichte Motorwagen" und umfassen die folgenden Kategorien: Personenwagen bis 3,5t Gesamtgewicht (leichte Personenwagen), Lieferwagen, Kleinbusse, leichte Sattelmotorfahrzeuge und übrige leichte Motorwagen. |
| | Schwerer Motorwagen (3.5t und e-3.5t) | Die übrigen Motorwagen sind schwere Motorwagen. |
| | Kleinbus (3.5t und e-3.5t) | Kleinbusse sind leichte Motorwagen zum Personentransport mit mehr als neun Sitzplätzen einschliesslich Führer oder Führerin. |
| | Lieferwagen (3.5t und e-3.5t) | Lieferwagen sind leichte Motorwagen zum Sachentransport, einschliesslich solcher mit zusätzlichen wegklappbaren Sitzen im Laderaum zum gelegentlichen, nicht gewerbsmässigen Personentransport, wenn insgesamt höchstens neun Sitzplätze einschliesslich Führer oder Führerin vorhanden sind. |
| | Leichtes Sattelmotorfahrzeug (3.5t und e-3.5t) | Sattelmotorfahrzeug ist die Kombination eines Sattelschleppers mit einem Sattelanhänger. Für die Einteilung als schwere oder leichte Fahrzeuge ist nur das Gesamtgewicht des Sattelschleppers massgebend. |

| Kategorie | Einheit | Ebene 1 | | | Ebene 2 | | | Ebene 3 | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------|--------------|------------------------------|--------------|--|
| | | 3.5t gesamt | 3.5t Akkumuliert | 3.5t pro Fahrzeug | Leichter Motorwagen | Schwerer Motorwagen | Kleinbus | Lieferwagen | Leichtes Sattelmotorfahrzeug | | |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | Anzahl Fahrzeuge 2015 | 397 975 | 397 970 | | 47 327 | 3 500 | 6 617 | 340 519 | 7 | | |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | % Fahrzeugbestand | 3.90% | 3.90% | | 6.88% | 7.09% | -5.62% | 3.74% | -9.25% | | |
| Treibstoff | Typ | | | | Benzin | Benzin | Benzin | Benzin | Benzin | | |
| Elektrizitätsverbrauch | kWh/100 km | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | 12 | | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | | |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | 14 000 | | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 | | |
| Materialzusammensetzung | | | | | | | | | | | |
| Stahl | kg | 509 336 164 | 509 330 183 | 1 280 | 1 280 | 1 280 | 1 280 | 1 280 | 1 280 | | |
| Aluminium | | 26 650 114 | 26 649 801 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | | |
| Auflöser Metalle | | 10 182 556 | 10 182 436 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | | |
| Glas | | 15 485 877 | 15 485 695 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | | |
| Plastik/Textilien | | 85 918 323 | 85 917 314 | 216 | 216 | 216 | 216 | 216 | 216 | | |
| Elektronik | | 10 289 641 | 10 289 499 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | | |
| Batterie* | | 21 610 010 | 21 607 947 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | | |
| Reifen/Gummi* | | 90 754 444 | 90 753 378 | 228 | 228 | 228 | 228 | 228 | 228 | | |
| Betriebsstoffe* | | 25 723 872 | 25 723 747 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | | |
| Total | | | 795 951 000 | 795 940 000 | 2 000 | 2 000 | 2 000 | 2 000 | 2 000 | 2 000 | |

* Batterien (ausser für e-Fahrzeuge) werden 3x Mal, Reifen 4x und Betriebsstoffe etwa 5x Mal im Leben des Fahrzeugs ersetzt

| Kategorie | Einheit | Ebene 2 | | Ebene 3 | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------|
| | | e-3.5t Akkumuliert | e-3.5t pro Fahrzeug | e-Leichter Motorwagen | e-Schwerer Motorwagen | e-Kleinbus | e-Lieferwagen | e-Leichtes Sattelmotorfahrzeug | |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | Anzahl Fahrzeuge 2015 | 5 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | % Fahrzeugbestand | 33.10% | | 33.10% | 33.10% | 33.10% | 33.10% | 33.10% | |
| Treibstoff | Typ | | | Elektrizität Strom-Mix CH | |
| Elektrizitätsverbrauch | kWh/100 km | | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 | 14 000 | |
| Materialzusammensetzung | | | | | | | | | |
| Stahl | kg | 5 981 | 1 196 | 1 196 | 1 196 | 1 196 | 1 196 | 1 196 | |
| Aluminium | | 313 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | |
| Auflöser Metalle | | 120 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | |
| Glas | | 182 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | |
| Plastik/Textilien | | 1 009 | 202 | 202 | 202 | 202 | 202 | 202 | |
| Elektronik | | 142 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | |
| Batterie* | | 2 063 | 413 | 413 | 413 | 413 | 413 | 413 | |
| Reifen/Gummi* | | 1 066 | 213 | 213 | 213 | 213 | 213 | 213 | |
| Betriebsstoffe* | | 125 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | |
| Total | | | 11 000 | 2 200 | 2 200 |

* Batterien (ausser für e-Fahrzeuge) werden 3x Mal, Reifen 4x und Betriebsstoffe etwa 5x Mal im Leben des Fahrzeugs ersetzt



| Leichter Motorwagen ²⁸ | Schwerer Motorwagen ²⁹ | Kleinbus ³⁰ |
|--|--|---|
|  |  |  |
| Lieferwagen ³¹ | Leichtes Sattelmotorfahrzeug ³² | |
|  |  | |

²⁸ https://farm2.staticflickr.com/1213/5138769893_dda90ef5ae_b.jpg

²⁹ <http://www.wohnwagen-wohnmobile-ankauf.de/Wohnmobil1.jpg>

³⁰ <http://www.expozzer.com/wp-content/uploads/2015/08/Minibus-Service-for-a-Perfect-Travel-Experience.png>

³¹ http://www.duden.de/_media/full/L/Lieferwagen-201020401163.jpg

³² <http://wl49www644.webland.ch/wp-content/uploads/2014/12/Fahrschulfahrzeuge-025.jpg>

LKW

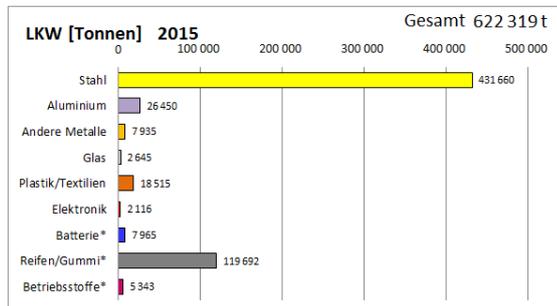
| Kategorie Ebene 1 | Kategorie Ebene 3 | Erläuterungen |
|-------------------|--|---|
| LKW | Lastwagen (LKW und e-LKW) | Lastwagen sind schwere Motorwagen mit höchstens neun Sitzplätzen einschliesslich Führer oder Führerin zum Sachentransport mit Aufbauten wie Brücken, Kasten, Tanks, Silos, Langmaterial usw. |
| | Schweres Sattelmotorfahrzeug (LKW und e-LKW) | Sattelmotorfahrzeug ist die Kombination eines Sattelschleppers mit einem Sattelanhängen. Für die Einteilung als schwere oder leichte Fahrzeuge ist nur das Gesamtgewicht des Sattelschleppers massgebend. |
| | Sattelschlepper (LKW und e-LKW) | Sattelschlepper sind die zum Ziehen von Sattelanhängern gebaute Motorwagen. Für die Einteilung als schwere oder leichte Fahrzeuge ist nur das Gesamtgewicht des Sattelschleppers, d.h. inkl. das Stützgewicht des Sattelanhängers auf den Sattel aber ohne das auf den Rädern des Anhängers lastende Gewicht, massgebend. |

| Kategorie | Einheit | Ebene 2 | | | Ebene 3 | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------|--------------------|--------------------|---------------|------------------------------|-----------------|---------------|
| | | LKW gesamt | LKW Akkumuliert | LKW pro Fahrzeug | Lastwagen | Schweres Sattelmotorfahrzeug | Sattelschlepper | |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | Anzahl Fahrzeuge 2015 | 53070 | 53058 | | 41820 | 86 | 11152 | |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | % Fahrzeugbestand | 0.52% | 0.51% | | 0.49% | -1.32% | 0.61% | |
| Treibstoff | Typ | | | | Diesel | Diesel | Diesel | |
| Elektritätsverbrauch | kWh/100 km | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | 30 | | 30 | 30 | 30 | 30 | |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | 50000 | | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | |
| Materialzusammensetzung | | | | | | | | |
| Stahl | kg | 431 659 751 | 431 562 279 | 8 134 | 8 078 | 10 405 | 8 324 | |
| Aluminium | | 26 449 740 | 26 443 767 | 498 | 495 | 638 | 510 | |
| Andere Metalle | | 7 934 922 | 7 933 130 | 150 | 149 | 191 | 153 | |
| Glas | | 2 644 974 | 2 644 377 | 50 | 50 | 64 | 51 | |
| Plastik/Textilien | | 18 514 818 | 18 510 637 | 349 | 347 | 446 | 357 | |
| Elektronik | | 2 116 105 | 2 115 501 | 40 | 40 | 51 | 41 | |
| Batterie* | | 7 964 501 | 7 933 130 | 150 | 149 | 191 | 153 | |
| Reifen/Gummi* | | 119 691 751 | 119 664 724 | 2 255 | 2 240 | 2 885 | 2 308 | |
| Betriebsstoffe* | | 5 342 537 | 5 342 175 | 101 | 100 | 129 | 103 | |
| Total | | | 622 319 099 | 622 149 720 | 11 726 | 11 646 | 15 000 | 12 000 |

* Batterien (ausser für e-Fahrzeuge) werden 3x Mal, Reifen 4x und Betriebsstoffe etwa 5x Mal im Leben des Fahrzeugs ersetzt

| Kategorie | Einheit | Ebene 2 | | Ebene 3 | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------|
| | | e-LKW Akkumuliert | e-LKW pro Fahrzeug | e-Lastwagen | e-Schweres Sattelmotorfahrzeug | e-Sattelschlepper | |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | Anzahl Fahrzeuge 2015 | 12 | | 10 | 1 | 1 | |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | % Fahrzeugbestand | 33.10% | | 33.10% | 33.10% | 33.10% | |
| Treibstoff | Typ | | | Elektrizität Strom-Mix CH | Elektrizität Strom-Mix CH | Elektrizität Strom-Mix CH | |
| Elektritätsverbrauch | kWh/100 km | | 120 | 120 | 120 | 120 | |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | |
| Materialzusammensetzung | | | | | | | |
| Stahl | kg | 97 473 | 8 123 | 8 078 | 9 208 | 7 481 | |
| Aluminium | | 5 973 | 498 | 495 | 564 | 458 | |
| Andere Metalle | | 1 792 | 149 | 149 | 169 | 138 | |
| Glas | | 597 | 50 | 50 | 56 | 46 | |
| Plastik/Textilien | | 4 181 | 348 | 347 | 395 | 321 | |
| Elektronik | | 603 | 50 | 50 | 57 | 46 | |
| Batterie* | | 31 371 | 2 614 | 2 600 | 2 963 | 2 408 | |
| Reifen/Gummi* | | 27 027 | 2 252 | 2 240 | 2 553 | 2 074 | |
| Betriebsstoffe* | | 362 | 30 | 30 | 34 | 28 | |
| Total | | | 169 379 | 14 115 | 14 038 | 16 000 | 13 000 |

* Batterien (ausser für e-Fahrzeuge) werden 3x Mal, Reifen 4x und Betriebsstoffe etwa 5x Mal im Leben des Fahrzeugs ersetzt



| Lastwagen ³³ | Schweres Sattelmotor-Fzg ³⁴ | Sattelschlepper ³⁵ |
|---|---|---|
|  |  |  |

³³ <http://www.balmholz.ch/images/content/news/lastwagen.jpg>

³⁴ http://terlizzi.ch/wordpress/wp-content/uploads/Neuer-Volvo_2012_g.jpg

³⁵ http://www.topmieten.ch/ad_img/131955_4.png

Bus

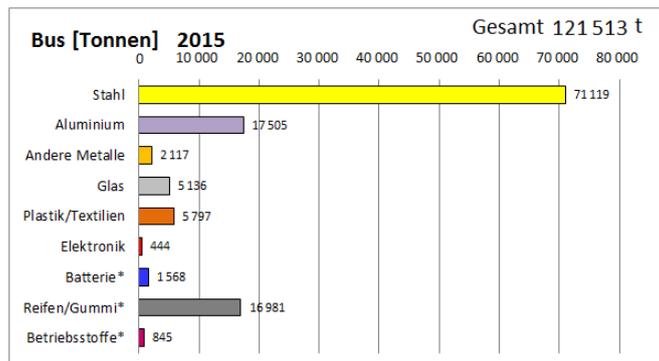
| Kategorie Ebene 1 | Kategorie Ebene 3 | Erläuterungen |
|-------------------|--|---|
| Bus | Gesellschaftswagen (Bus und e-Bus) | Gesellschaftswagen sind schwere Motorwagen zum Personentransport mit mehr als neun Sitzplätzen einschliesslich Führer oder Führerin (Gesamtgewicht über 3,5t). |
| | Gelenkbus (Bus und e-Bus) | Gelenkbusse sind Gesellschaftswagen, die mit gelenkigen, fest verbundenen Nachlaufteilen einen durchgehenden Fahrgastraum aufweisen (Gesamtgewicht über 3,5t). Trolleybusse (Elektrisch betriebene Strassenfahrzeuge des öffentlichen Personenverkehrs, die ihre Fahrenergie aus einer Fahrleitung entnehmen) sind auch einbezogen. |

| Kategorie | Einheit | Ebene 2 | | | Ebene 3 | | |
|---------------------------------------|-----------------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------|
| | | Bus gesamt | Bus Akkumuliert | Bus pro Fahrzeug | Gesellschaftswagen | Gelenkbus | |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | Anzahl Fahrzeuge 2015 | 8879 | 8263 | | 6769 | 1494 | |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | % Fahrzeugbestand | 1.80% | 2.02% | | 1.60% | 4.07% | |
| Treibstoff | Typ | | | | Diesel | Diesel | |
| Elektritätsverbrauch | kWh/100 km | 7 | | 0 | 0 | 0 | |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | 39 | | 42 | 42 | 42 | |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | 39 372 | | 39 372 | 39 372 | 39 372 | |
| Materialzusammensetzung | | | | | | | |
| Stahl | kg | 71 119 031 | 64 787 583 | 7 841 | 7 292 | 10 328 | |
| Aluminium | | 17 505 127 | 15 946 714 | 1 930 | 1 795 | 2 542 | |
| Andere Metalle | | 2 117 387 | 1 928 884 | 233 | 217 | 307 | |
| Glas | | 5 136 235 | 4 678 976 | 566 | 527 | 746 | |
| Plastik/Textilien | | 5 796 608 | 5 280 559 | 639 | 594 | 842 | |
| Elektronik | | 443 950 | 413 150 | 50 | 50 | 50 | |
| Batterie* | | 1 568 450 | 1 239 450 | 150 | 150 | 150 | |
| Reifen/Gummi* | | 16 981 021 | 15 469 267 | 1 872 | 1 741 | 2 466 | |
| Betriebsstoffe* | | 844 780 | 826 300 | 100 | 100 | 100 | |
| Total | | | 121 512 988 | 110 570 883 | 13 381 | 12 466 | 17 531 |

* Batterien (ausser für e-Fahrzeuge) werden 3x Mal, Reifen 4x und Betriebsstoffe etwa 5x Mal im Leben des Fahrzeugs ersetzt

| Kategorie | Einheit | Ebene 2 | | Ebene 3 | | |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| | | e-Bus Akkumuliert | e-Bus pro Fahrzeug | e-Gesellschaftswagen | e-Gelenkbus (Trolleybus) | |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | Anzahl Fahrzeuge 2015 | 616 | | 10 | 606 | |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | % Fahrzeugbestand | -0.39% | | 33.10% | -0.64% | |
| Treibstoff | Typ | | | Elektrizität Strom-Mix CH | Elektrizität Strom-Mix CH | |
| Elektritätsverbrauch | kWh/100 km | | 100 | 100 | 100 | |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | | 0 | 0 | 0 | |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | | 39 372 | 39 372 | 39 372 | |
| Materialzusammensetzung | | | | | | |
| Stahl | kg | 6 331 448 | 10 278 | 7 292 | 10 328 | |
| Aluminium | | 1 558 413 | 2 530 | 1 795 | 2 542 | |
| Andere Metalle | | 188 503 | 306 | 217 | 307 | |
| Glas | | 457 259 | 742 | 527 | 746 | |
| Plastik/Textilien | | 516 049 | 838 | 594 | 842 | |
| Elektronik | | 30 800 | 50 | 50 | 50 | |
| Batterie* | | 329 000 | 534 | 2 600 | 500 | |
| Reifen/Gummi* | | 1 511 754 | 2 454 | 1 741 | 2 466 | |
| Betriebsstoffe* | | 18 480 | 30 | 30 | 30 | |
| Total | | | 10 941 705 | 17 763 | 14 846 | 17 811 |

* Batterien (ausser für e-Fahrzeuge) werden 3x Mal, Reifen 4x und Betriebsstoffe etwa 5x Mal im Leben des Fahrzeugs ersetzt



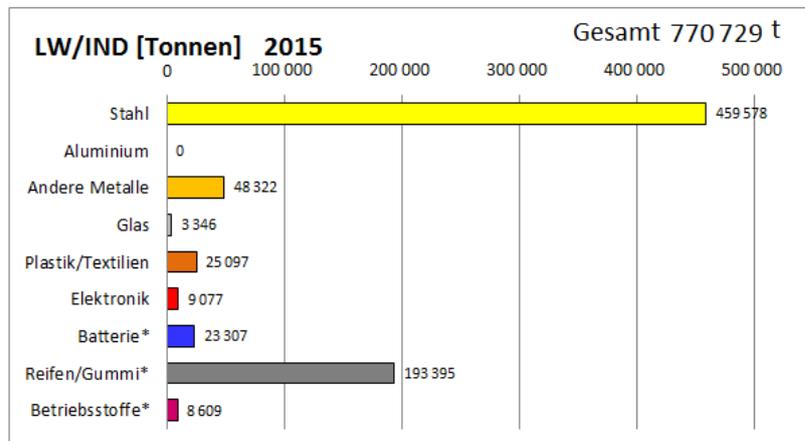
| | |
|---|---|
| <p>Gesellschaftswagen³⁶</p>  | <p>Gelenkbus³⁷</p>  |
|---|---|

³⁶ http://pngimg.com/upload/bus_PNG8615.png

³⁷ http://www.volvobuses.com/SiteCollectionImages/VBC/Austria%20-%20ILF/758x326/7700_GB_758x326.jpg

LW/IND

| Kategorie Ebene 1 | Kategorie Ebene 3 | Erläuterungen |
|-------------------|--|---|
| LW/Ind. | Traktor (e- und nicht e-Landwirtschaftlich LW und industriell Ind.) | Traktoren sind zum Ziehen von Anhängern gebaute Motorwagen mit kurzem Radstand und höchstens einem geringen eigenen Tragraum. |
| | Arbeitskarren (e- und nicht e-LW & Ind.) | Arbeitskarren sind Arbeitsmotorwagen mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit bis 30 km/h (Messtoleranz 10%). Arbeitsmotorwagen sind Motorwagen, mit denen keine Sachentransporte ausgeführt werden, sondern die zur Verrichtung von Arbeiten (wie Sägen, Fräsen, Spalten, Dreschen, Heben und Verschieben von Lasten, Erdbewegungen, Schneeräumung usw.) gebaut sind und höchstens einen geringen Tragraum für Werkzeuge und Betriebsstoffe aufweisen. Ihr Motor kann neben dem Antrieb der Arbeitsgeräte auch für die Fortbewegung des Fahrzeugs dienen. |
| | Motorkarren (e- und nicht e-LW & Ind.) | Motorkarren sind Motorwagen mit einer Höchstgeschwindigkeit bis 30km/h, die nicht für den Personentransport gebaut sind. |
| | Motoreinachser (e- und nicht e-LW & Ind.) | Motoreinachser sind Motorfahrzeuge mit zwei nebeneinander liegenden Rädern oder mit einem einzigen Rad, die von einer zu Fuss gehenden Person geführt oder mit einem Anhänger schwenkbar verbunden werden, und vergleichbare Fahrzeuge mit Raupen. Stützrollen hindern die Einreihung als Motoreinachser nicht. |
| | Kombinationsfahrzeug (e- und nicht e-LW) | Kombinationsfahrzeuge sind landwirtschaftliche Motorfahrzeuge, die von einer in eine andere der zulässigen Arten verwandelt werden können; die möglichen Arten sind in einem einzigen Fahrzeugausweis einzutragen. Sie unterstehen den Vorschriften der Fahrzeugart, der sie jeweils entsprechen. |
| | Arbeitsmaschine (e- und nicht e-Ind.) | Arbeitsmaschinen sind Arbeitsmotorwagen mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von mehr als 30 km/h (Messtoleranz 10%). |



| Kategorie | Einheit | Ebene 1 | | | Ebene 2 | | | Ebene 3 | | | Ind.Motorenachser | Ind.Motoren | Ind.Motorenachser |
|----------------------------------|-----------|-------------|---------------------|------------|------------------|------------------|--------------------------|-------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------|-------------------|
| | | LW/IND Akkm | LW/IND pro Fahrzeug | LW/Traktor | LW.Arbeitskarmen | LW.Motorenachser | LW.Kombinations-Fahrzeug | Ind.Traktor | Ind.Arbeitskarmen | Ind.Arbeitsmaschine | | | |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | | 258233 | 2'582'14 | 138489 | 8556 | 35318 | 8625 | 3411 | 14226 | 28595 | 20633 | 231 | |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | | 1.06% | 1.06% | 0.87% | 4.89% | -1.20% | -1.92% | 2.06% | 1.42% | 2.85% | 3.03% | 0.44% | |
| Umweltstoff | kg | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Elektronikverbrauch | W/100 km | 71 | 21 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | |
| Freisetzung von CO ₂ | kg/100 km | 1045 | 1045 | 1492 | 500 | 500 | 500 | 1492 | 500 | 500 | 500 | 500 | |
| Materialumsatz | kg/100 km | 459544009 | 1780 | 2646 | 403 | 1067 | 63 | 974 | 1192 | 151 | 1067 | 63 | |
| Aluminium | kg | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Andere Metalle | kg | 48317981 | 187 | 288 | 44 | 116 | 7 | 106 | 6 | 16 | 116 | 7 | |
| Gas | kg | 3346205 | 13 | 20 | 3 | 8 | 20 | 7 | 0 | 1 | 8 | 0 | |
| PKW/Traction | kg | 250965386 | 97 | 150 | 23 | 61 | 4 | 55 | 0 | 9 | 61 | 4 | |
| Traktor | kg | 9076862 | 35 | 50 | 8 | 20 | 1 | 18 | 45 | 3 | 45 | 1 | |
| Batterie | kg | 23306501 | 90 | 36 | 5 | 147 | 0 | 147 | 15 | 5 | 36 | 0 | |
| Bleifbatterie | kg | 193354607 | 749 | 1289 | 0 | 176 | 30 | 176 | 25 | 0 | 176 | 25 | |
| Bleisäurebatterie | kg | 869265 | 33 | 50 | 15 | 15 | 5 | 15 | 5 | 15 | 15 | 5 | |
| Li-Ion | kg | 770729337 | 2985 | 4640 | 500 | 1300 | 110 | 1500 | 4317 | 200 | 1500 | 110 | |

Bei den Werten für die Freisetzung von CO₂ sind die Werte für den Betrieb des Motors mit 5.5 km/h im Leerlauf einbezogen.

| Kategorie | Einheit | Ebene 2 | | | Ebene 3 | | | e-Ind.Motorenachser | e-Ind.Motoren | e-Ind.Motorenachser |
|----------------------------------|-----------|--------------|----------------------|-------------|-------------------|-------------------|---------------------------|---------------------|---------------|---------------------|
| | | e-W/IND Akkm | e-W/IND pro Fahrzeug | e-W/Traktor | e-W.Arbeitskarmen | e-W.Motorenachser | e-W.Kombinations-Fahrzeug | | | |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | | 19 | 30 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | | 33.10% | 33.10% | 33.10% | 33.10% | 33.10% | 33.10% | 33.10% | 33.10% | 33.10% |
| Umweltstoff | kg | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Elektronikverbrauch | W/100 km | 13 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Freisetzung von CO ₂ | kg/100 km | 1127 | 1491 | 500 | 500 | 1492 | 500 | 1492 | 500 | 500 |
| Materialumsatz | kg/100 km | 33800 | 1779 | 2646 | 403 | 1067 | 63 | 974 | 1192 | 151 |
| Aluminium | kg | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Andere Metalle | kg | 3561 | 187 | 288 | 44 | 116 | 7 | 106 | 6 | 16 |
| Gas | kg | 287 | 13 | 20 | 3 | 8 | 20 | 7 | 0 | 8 |
| PKW/Traction | kg | 1849 | 97 | 150 | 23 | 61 | 4 | 55 | 0 | 9 |
| Traktor | kg | 666 | 35 | 50 | 8 | 20 | 1 | 18 | 45 | 3 |
| Batterie | kg | 28900 | 1322 | 2600 | 50 | 50 | 50 | 2600 | 50 | 50 |
| Bleifbatterie | kg | 14792 | 779 | 1289 | 0 | 176 | 30 | 1289 | 25 | 0 |
| Bleisäurebatterie | kg | 375 | 20 | 25 | 5 | 20 | 5 | 20 | 5 | 20 |
| Li-Ion | kg | 86200 | 4482 | 7088 | 535 | 1519 | 488 | 235 | 1519 | 200 |

Bei den Werten für die Freisetzung von CO₂ sind die Werte für den Betrieb des Motors mit 5.5 km/h im Leerlauf einbezogen.

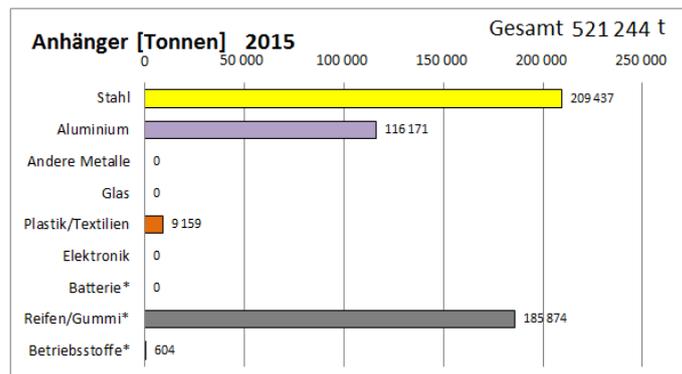
| | | |
|--|---|---|
| LW.Traktor | LW.Arbeitskarren | LW.Motorkarren |
|  |  |  |
| LW.Motoreinachser | LW.Kombinations-Fahrzeug | Ind.Traktor |
|  |  |  |
| Ind.Arbeitsmaschine | Ind.Arbeitskarren | Ind.Motorkarren |
|  |  |  |
| Ind.Motoreinachser | | |
|  | | |

Anhänger

| Kategorie Ebene 1 | Kategorie Ebene 3 | Erläuterungen |
|-------------------|---------------------------|--|
| Anhänger | Kleiner Anhänger | Anhänger sind Fahrzeuge ohne eigenen Antrieb, die gebaut sind, um von anderen Fahrzeugen gezogen zu werden und mit diesen durch eine geeignete Verbindungseinrichtung schwenkbar verbunden sind. Abschlepprollis gelten nicht als Anhänger. Ein wesentlicher Teil des Gewichts des Anhängers und seiner Ladung wird vom Zugfahrzeug getragen. Zu kleineren Anhänger gehören Motorradanhänger, Sportgeräteanhänger, Arbeitsanhänger, Sattelsachentransportanhänger, Sattelsportgeräteanhänger, Sattelarbeitsanhänger, und übrige Anhänger. |
| | Mittlerer Anhänger | Zu mittleren Anhänger gehören landwirtschaftliche Anhänger, landwirtschaftliche Arbeitsanhänger, Sattelwohnanhänger, Sachentransportanhänger, Personentransportanhänger, Wohnanhänger. Sachentransportanhänger sind Anhänger mit Ladebrücken, Tanks oder anderen Laderäumen zur Beförderung von Sachen. Personentransportanhänger sind Anhänger, die zur Personenbeförderung besonders eingerichtet sind. Wohnanhänger sind Anhänger, bei denen mindestens drei Viertel des zur Verfügung stehenden Volumens (inkl. Gepäckraum) als Wohnraum eingerichtet ist. |
| | Grosser Anhänger | Zu grösseren Anhänger gehören Sattelanhänger. Sattelanhänger sind Anhänger, die so an ein Motorfahrzeug (Sattelschlepper) angekuppelt werden, dass sie teilweise auf diesem aufliegen. Ein wesentlicher Teil des Gewichts des Anhängers und seiner Ladung wird vom Zugfahrzeug getragen. |

| Kategorie | Einheit | Ebene 1 | | | Ebene 2 | | Ebene 3 | | |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------|--|
| | | Anhänger gesamt | Anhänger Akkumuliert | Anhänger pro Fahrzeug | Kleiner Anhänger ² | Mittlerer Anhänger ³ | Grosser Anhänger ⁴ | | |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | Anzahl Fahrzeuge 2015 | 413 592 | 413 592 | | 99 504 | 313 960 | 128 | | |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | % Fahrzeugbestand | 2.28% | 2.28% | | -0.71% | 3.35% | -1.64% | | |
| Treibstoff | Typ | | | | - | - | - | | |
| Elektritätsverbrauch | kWh/100 km | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | 5 014 | | 5 014 | 5 000 | 5 000 | 50 000 | | |
| Materialzusammensetzung | | | | | | | | | |
| Stahl | kg | 209 436 530 | 209 436 530 | 506 | 201 | 603 | 1 734 | | |
| Aluminium | | 116 170 969 | 116 170 969 | 281 | 111 | 334 | 962 | | |
| Anderer Metalle | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Glas | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Plastik/Textilien | | 9 159 186 | 9 159 186 | 22 | 9 | 26 | 76 | | |
| Elektronik | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Batterie* | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Reifen/Gummi* | | 185 873 550 | 185 873 550 | 449 | 178 | 535 | 1 539 | | |
| Betriebsstoffe* | | 604 040 | 604 040 | 1 | 1 | 2 | 5 | | |
| Total | | | 521 244 275 | 521 244 275 | 1 260 | 500 | 1 500 | 4 315 | |

* Batterien (ausser für e-Fahrzeuge) werden 3x Mal, Reifen 4x und Betriebsstoffe etwa 5x Mal im Leben des Fahrzeugs ersetzt



| Kleiner Anhänger ³⁸ | Mittlerer Anhänger ³⁹ | Grosser Anhänger ⁴⁰ |
|---|---|---|
|  |  |  |

³⁸ https://pics.ricardostatic.ch/2_774381572_Big/sonstige-fahrzeuge/zivilschutz-anhaenger-arbeitsanhaenger-bzs-ma.jpg

³⁹ http://www.auto-berger-ag.ch/_pics/281/7_trans_a.jpg

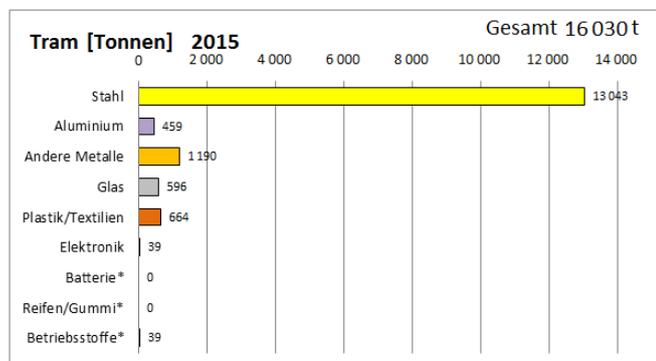
⁴⁰ <http://de.bmat.by/imgall/files/sto-gruzovikov-1.jpg>

Tram

| Kategorie Ebene 1 | Kategorie Ebene 3 | Erläuterungen |
|-------------------|-------------------|---|
| Tram | Tram | Schienegebundene Fahrzeuge auf Normal- oder Schmalspurbahnanlagen des öffentlichen Personenverkehrs, auf denen ausschliesslich Agglomerations- und/oder Ortsverkehr betrieben wird (abgeltungsberechtigte Linien des Regionalverkehrs, sowie die Tramnetze der Städte Basel, Bern, Genf Zürich und die Linien m1 und m2 in Lausanne (BFS 2013a). Ein Tram, ist ein schienegebundenes, fast immer mit elektrischer Energie betriebenes öffentliches Personennahverkehrsmittel im Stadtverkehr, das den speziellen Bedingungen des Strassenverkehrs angepasst ist (Wikipedia). |

| Kategorie | Einheit | Ebene 1 | Ebene 2 | | Ebene 3 | |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------|------------------|-------------------|---------------------------|--------|
| | | Tram gesamt | Tram Akkumuliert | Tram pro Fahrzeug | Tram | |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | Anzahl Fahrzeuge 2015 | 781 | 781 | 0 | 781 | |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | % Fahrzeugbestand | 0.53% | 0.53% | 0.00% | 0.53% | |
| Treibstoff | Typ | | | | Elektrizität Strom-Mix CH | |
| Elektritätsverbrauch | kWh/100 km | 475 | | 475 | 475 | |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | 0 | | 0 | 0 | |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | 42 382 | | 42 382 | 42 382 | |
| Materialzusammensetzung | | | | | | |
| Stahl | kg | 13 042 700 | 13 042 700 | 16 700 | 16 700 | |
| Aluminium | | 459 228 | 459 228 | 588 | 588 | |
| Andere Metalle | | 1 190 322 | 1 190 322 | 1 524 | 1 524 | |
| Glas | | 595 903 | 595 903 | 763 | 763 | |
| Plastik/Textilien | | 663 850 | 663 850 | 850 | 850 | |
| Elektronik | | 39 050 | 39 050 | 50 | 50 | |
| Batterie* | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Reifen/Gummi* | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Betriebsstoffe* | | 39 050 | 39 050 | 50 | 50 | |
| Total | | | 16 030 103 | 16 030 103 | 20 525 | 20 525 |

¹⁾ Batterien (ausser für e-Fahrzeuge) werden 3x Mal, Reifen 4x und Betriebsstoffe etwa 5x Mal im Leben des Fahrzeugs ersetzt



⁴¹ <http://blog.tagesanzeiger.ch/wp-content/uploads/sites/20/2012/05/cobra-2.jpg>

Zug

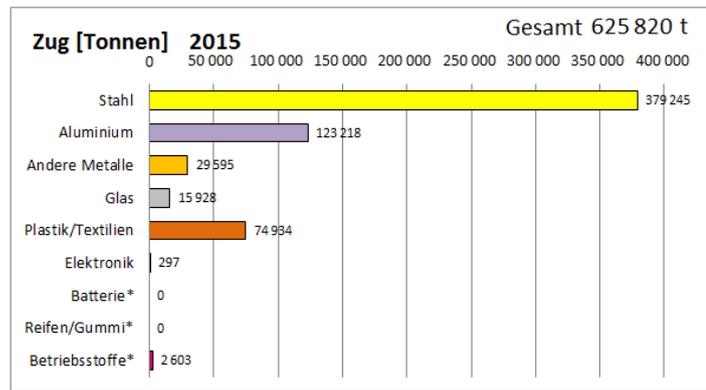
| Kategorie Ebene 1 | Kategorie Ebene 3 | Erläuterungen |
|-------------------|----------------------------|--|
| Zug | Triebzüge | Ein Triebzug ist eine mit eigenem Antrieb versehene, im Regelbetrieb nicht trennbare Einheit aus mehreren Fahrzeugen, diese werden je nach Funktion als Triebwagen/Triebkopf, Mittel- und Steuerwagen bezeichnet. Vieltellige Gelenktriebwagen werden als Triebzüge bezeichnet. Der Triebzug unterscheidet sich vom Pendelzug dadurch, dass die Mittelwagen nicht als normale Reisezugwagen verwendet werden können. Allerdings werden Wendezüge heute oft im Regelbetrieb auch nicht mehr getrennt und nur noch in den Fahrzeugunterhaltungszentren umformiert. Andererseits umfassen manche Triebzüge keinen einzigen Triebwagen, wenn nämlich die Triebköpfe nichts ausser Führerstand und Antriebseinrichtungen enthalten und keine Achse der Fahrgastwagen angetrieben ist. Schliesslich gibt es Triebzüge, die betrieblich als untrennbare Einheiten behandelt und nummeriert sind, technisch aber durchaus als Einzelfahrzeuge Verwendung finden könnten (Wikipedia). |
| | Streckenlokomotiven | Die Streckenlokomotive ist eine Lokomotive, die zur Bespannung von Zugfahrten herangezogen wird. |
| | Rangierlokomotiven | Die Rangierlokomotive ist eine Lokomotive, die im Gegensatz zur Streckenlokomotive normalerweise nicht zur Bespannung von Zugfahrten herangezogen wird, sondern für Fahrten innerhalb eines Bahnhofs (Wikipedia). |
| | Triebwagen | Triebwagen sind angetriebene Schienenfahrzeuge (Triebfahrzeuge), die auch Platz für Fahrgäste oder Fracht bieten. Im Unterschied dazu bieten Lokomotiven, die zum Befördern angekuppelter Wagen dienen, mit Ausnahme der Gepäcklokomotiven keinen solchen separaten Raum für Beförderungen (Wikipedia). |
| | Reisezugwagen | Reisezugwagen oder Personenwagen sind Eisenbahnfahrzeuge, die durch Personen im Eisenbahnverkehr genutzt werden können – im Gegensatz zu Güterwagen (Wikipedia). |
| | Güterwagen | Güterwagen oder umgangssprachlich Güterwaggons sind Eisenbahnwagen, die dem Transport von Gütern dienen (Wikipedia). |
| | Sonstige Fahrzeuge | Sonstige Fahrzeuge sind alle anderen Fahrzeuge, die nicht in den oberen genannten Zugkategorien inbegriffen sind. |

| Kategorie | Einheit | Ebene 2 | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------|-----------------|------------------|--------|
| | | Zug gesamt | Zug Akkumuliert | Zug pro Fahrzeug | |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | Anzahl Fahrzeuge 2015 | 13 017 | 13 017 | | |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | % Fahrzeugbestand | 0.00% | 0.00% | | |
| Treibstoff | Typ | | | | |
| Elektritätsverbrauch | kWh/100 km | 249 | | 249 | |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | 0 | | 0 | |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | 72 512 | | 72 512 | |
| Materialzusammensetzung | | | | | |
| Stahl | kg | 379 244 990 | 379 244 990 | 29 135 | |
| Aluminium | | 123 217 690 | 123 217 690 | 9 466 | |
| Anderer Metalle | | 29 595 213 | 29 595 213 | 2 274 | |
| Glas | | 15 927 725 | 15 927 725 | 1 224 | |
| Plastik/Textilien | | 74 933 534 | 74 933 534 | 5 757 | |
| Elektronik | | 297 009 | 297 009 | 23 | |
| Batterien* | | 0 | 0 | 0 | |
| Reifen/Gummi* | | 0 | 0 | 0 | |
| Betriebsstoffe* | | 2 603 400 | 2 603 400 | 200 | |
| Total | | | 625 819 560 | 625 819 560 | 48 077 |

* Batterien (ausser für e-Fahrzeuge) werden 3x Mal, Reifen 4x und Betriebsstoffe etwa 5x Mal im Leben des Fahrzeugs ersetzt

| Kategorie | Einheit | Ebene 3 | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|------------|----------------------------|--------|
| | | Triebzüge | Streckenlokomotiven | Rangierlokomotiven | Triebwagen | Reisezugwagen | Güterwagen | Sonstige Fahrzeuge | |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | Anzahl Fahrzeuge 2015 | 530 | 999 | 334 | 780 | 2 925 | 7 024 | 425 | |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | % Fahrzeugbestand | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | |
| Treibstoff | Typ | Elektrizität Strom-Mix SBB | Elektrizität Strom-Mix SBB | Elektrizität Strom-Mix SBB | Elektrizität Strom-Mix SBB | - | - | Elektrizität Strom-Mix SBB | |
| Elektritätsverbrauch | kWh/100 km | 1 525 | 912 | 912 | 912 | 0 | 0 | 1 180 | |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | 72 512 | 72 512 | 72 512 | 72 512 | 72 512 | 72 512 | 72 512 | |
| Materialzusammensetzung | | | | | | | | | |
| Stahl | kg | 60 691 | 58 314 | 34 711 | 89 590 | 29 374 | 14 198 | 51 065 | |
| Aluminium | | 179 163 | 6 060 | 3 607 | 7 859 | 2 577 | 723 | 5 306 | |
| Anderer Metalle | | 11 175 | 7 722 | 4 597 | 6 641 | 2 177 | 0 | 6 763 | |
| Glas | | 10 649 | 257 | 153 | 5 682 | 1 863 | 0 | 225 | |
| Plastik/Textilien | | 86 222 | 7 305 | 4 348 | 10 216 | 3 350 | 0 | 6 397 | |
| Elektronik | | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 0 | 44 | |
| Batterien* | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Reifen/Gummi* | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Betriebsstoffe* | | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | |
| Total | | | 348 151 | 79 908 | 47 665 | 120 238 | 39 590 | 15 122 | 70 000 |

* Batterien (ausser für e-Fahrzeuge) werden 3x Mal, Reifen 4x und Betriebsstoffe etwa 5x Mal im Leben des Fahrzeugs ersetzt



| | | |
|--|---|--|
| <p>Triebzüge⁴²</p>  | <p>Streckenlokomotiven⁴³</p>  | <p>Rangierlokomotiven⁴⁴</p>  |
| <p>Triebwagen⁴⁵</p>  | <p>Reisezugwagen⁴⁶</p>  | <p>Güterwagen⁴⁷</p>  |
| <p>Sonstige Fahrzeuge⁴⁸</p>  | | |

⁴² http://www.sbb.ch/content/sbb/de/desktop/sbb-konzern/ueber-die-sbb/zahlen-und-fak-ten/rollmaterial/triebzuege/_jcr_content/contentPar/completeimage/image.spooler.completeimage.553.jpg/1363775407621/Triebzug.jpg

⁴³ http://www.sbb.ch/content/sbb/de/desktop/sbb-konzern/ueber-die-sbb/zahlen-und-fak-ten/rollmaterial/streckenlokomotiven/_jcr_content/contentPar/completeimage/image.spooler.completeimage.553.jpg/1363775483780/Streckenlokomotive.jpg

⁴⁴ http://www.sbb.ch/content/sbb/de/desktop/sbb-konzern/ueber-die-sbb/zahlen-und-fak-ten/rollmaterial/rangierlokomotiven/_jcr_content/contentPar/completeimage/image.spooler.completeimage.553.jpg/136377555199/Rangierlokomotive.jpg

⁴⁵ http://www.sbb.ch/content/sbb/de/desktop/sbb-konzern/ueber-die-sbb/zahlen-und-fak-ten/rollmaterial/triebwagen/_jcr_content/contentPar/completeimage/image.spooler.completeimage.553.jpg/1364210604067/Triebwagen_neu.jpg

⁴⁶ http://www.sbb.ch/content/sbb/de/desktop/sbb-konzern/ueber-die-sbb/zahlen-und-fak-ten/rollmaterial/reisezugwagen/_jcr_content/contentPar/completeimage/image.spooler.completeimage.553.jpg/1363965424918/Reisezugwagen.jpg

⁴⁷ http://www.sbb.ch/content/sbb/de/desktop/sbb-konzern/ueber-die-sbb/zahlen-und-fak-ten/rollmaterial/gueterwagen/_jcr_content/contentPar/completeimage/image.spooler.completeimage.553.jpg/1363939099740/gueterwagen.jpg

⁴⁸ <http://www.bahnbilder.de/bilder/thumbs/schweiz--rhaetische-bahn--sonstige-fahrzeuge-754615.jpg>

Schiff

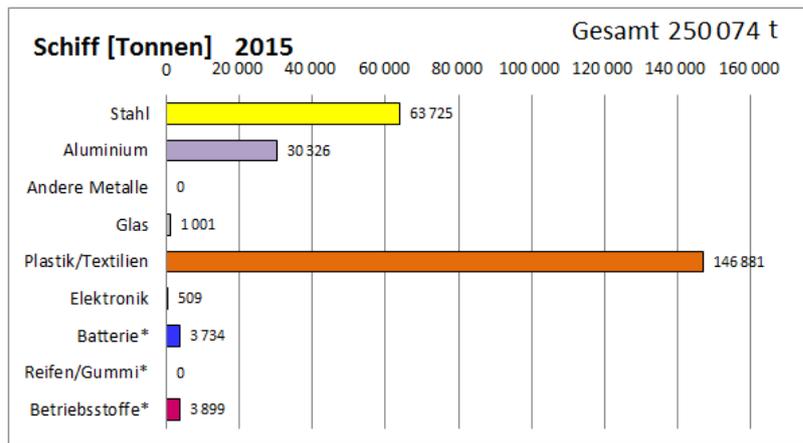
| Kategorie Ebene 1 | Kategorie Ebene 3 | Erläuterungen |
|-------------------|---|---|
| Schiff | Öffentliche Personen-schiffe | Ein Schiff ist ein Wasserfahrzeug oder ein anderer zur Fortbewegung auf oder unter der Wasseroberfläche bestimmter Schwimmkörper, oder ein schwimmendes Gerät. Schiffe mit Maschinenantrieb (Motorschiff) verfügen über einen mechanischen Antrieb. Öffentliche Personenschiffe sind Schiffe, die Konzessions- oder bewilligungspflichtige Personenbeförderungs-Dienstleistungen, die öffentlich zugänglich sind und einem räumlich-zeitlich definierten Schema (Fahrplan) folgen |
| | Private Personenschiffe (Motorboote) | Ein Motorboot als privates Personenschiff ist ein von einem oder mehreren Verbrennungsmotoren oder Elektromotoren angetriebenes Wasserfahrzeug. Es kann sowohl auf Binnen- als auch auf Küstengewässern eingesetzt werden (Wikipedia). |
| | Priv. Personenschiffe (Segelboote; Ruderboote, Pedalos usw.) | Ein Segelboot ist ein Schiff, das für die Fortbewegung mit Segeln versehen ist. Ruderboote sind Schiffe, die nur mittels Ruder, Tret- oder Handkurbel, Paddel oder auf ähnliche Weise mit menschlicher Kraft fortbewegt werden können. Schwimmende Geräte (Schwimmkörper mit Einrichtungen für Arbeiten auf dem Wasser) sind hier nicht betrachtet. |
| | Güterschiffe | Ein Güterschiff (auch Frachtschiff, oder kurz Frachter) ist ein Handelsschiff, das von der Konstruktion her ausschliesslich oder vorzugsweise zum Transport von Frachtgut vorgesehen ist (Wikipedia). |
| | Hochsee-Schiffe | Unter dem Begriff Schweizer Hochseeschiffahrt fasst man die Flotten zusammen, welche unter der Flagge des Binnenstaates Schweiz auf den Weltmeeren verkehren. Als Heimathafen für alle Schweizer Hochseeschiffe gilt Basel (Wikipedia). Diese Kategorie wird bei den Analysen nicht näher berücksichtigt, da Hochseeschiffe ausserhalb der Systemgrenze Schweiz verkehren. |

| Kategorie | Einheit | Ebene 1 | | | Ebene 2 | | |
|---------------------------------------|-----------------------|---------------|--------------------|---------------------|---------|-------|--|
| | | Schiff gesamt | Schiff Akkumuliert | Schiff pro Fahrzeug | | | |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | Anzahl Fahrzeuge 2015 | 98 660 | 98 660 | | | | |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | % Fahrzeugbestand | -0.24% | -0.24% | | | | |
| Treibstoff | Typ | | | | | | |
| Elektritätsverbrauch | kWh/100 km | 0 | | | 0 | | |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | 134 | | | 134 | | |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | 407 | | | 407 | | |
| Materialzusammensetzung | | | | | | | |
| Stahl | kg | 63 724 906 | 63 724 906 | | 646 | | |
| Aluminium | | 30 325 626 | 30 325 626 | | 307 | | |
| Anderere Metalle | | 0 | 0 | | 0 | | |
| Glas | | 1 000 680 | 1 000 680 | | 10 | | |
| Plastik/Textilien | | 146 880 958 | 146 880 958 | | 1 489 | | |
| Elektronik | | 509 140 | 509 140 | | 5 | | |
| Batterie* | | 3 733 980 | 3 733 980 | | 38 | | |
| Reifen/Gummi* | | 0 | 0 | | 0 | | |
| Betriebsstoffe* | | 3 899 140 | 3 899 140 | | 40 | | |
| Total | | | 250 074 430 | 250 074 430 | | 2 535 | |

* Batterien (ausser für e-Fahrzeuge) werden 3x Mal, Reifen 4x und Betriebsstoffe etwa 5x Mal im Leben des Fahrzeugs ersetzt

| Kategorie | Einheit | Ebene 3 | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------------------|---|--------------|-----------------|-----------|
| | | Öff. Personenschiffe | Priv. Personenschiffe (Motorboote) | Priv. Personenschiffe ² (ohne Motor) | Güterschiffe | Hochsee-Schiffe | |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | Anzahl Fahrzeuge 2015 | 147 | 62 086 | 36 222 | 205 | 47 | |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | % Fahrzeugbestand | -0.53% | -0.20% | -0.20% | -11.79% | 4.90% | |
| Treibstoff | Typ | "Diesel " | "Diesel " | - | "Diesel " | "Diesel " | |
| Elektritätsverbrauch | kWh/100 km | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | 319 | 34 | 0 | 1 119 | 14 881 | |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | 15 646 | 500 | 100 | 15 646 | 0 | |
| Materialzusammensetzung | | | | | | | |
| Stahl | kg | 103 348 | 100 | 100 | 188 790 | 4 499 700 | |
| Aluminium | | 29 528 | 150 | 155 | 53 940 | 1 499 900 | |
| Anderere Metalle | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Glas | | 50 | 10 | 10 | 50 | 0 | |
| Plastik/Textilien | | 14 764 | 1 600 | 1 100 | 26 970 | 749 950 | |
| Elektronik | | 50 | 5 | 5 | 50 | 500 | |
| Batterie* | | 60 | 60 | 0 | 0 | 0 | |
| Reifen/Gummi* | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Betriebsstoffe* | | 200 | 50 | 20 | 200 | 749 950 | |
| Total | | | 148 000 | 1 975 | 1 390 | 270 000 | 7 500 000 |

* Batterien (ausser für e-Fahrzeuge) werden 3x Mal, Reifen 4x und Betriebsstoffe etwa 5x Mal im Leben des Fahrzeugs ersetzt



| Öff. Personenschiffe ⁴⁹ | Priv. Pers.schiffe (Motorboote) ⁵⁰ | Priv. Pers.schiffe (ohne Motor) ⁵¹ |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Güterschiffe ⁵² | | |
|  | | |

⁴⁹ http://image.img-erento.com/personenschiff/personenschiff-ms-paretz-personenschiff-548-25422797_gallery.jpg

⁵⁰ http://image.img-erento.com/personenschiff/personenschiff-ms-paretz-personenschiff-548-25422797_gallery.jpg

⁵¹ <http://www.portier-yachts.com/img/portier-segelboot-moody-ac411024x0.jpg>

⁵² [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/Henri-R_\(ship,_2002\)_003.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/Henri-R_(ship,_2002)_003.JPG)

Flug

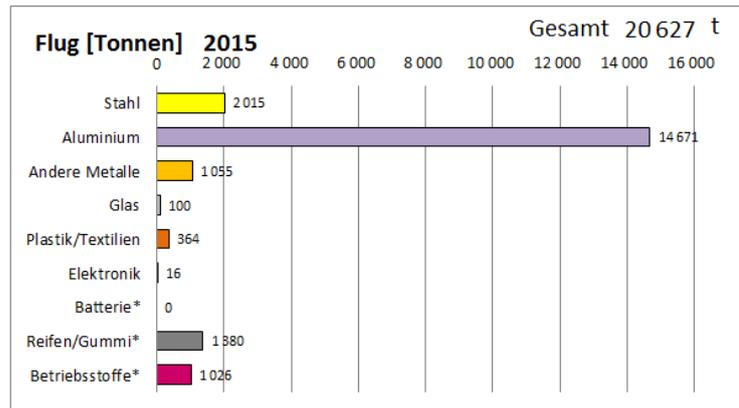
| Kategorie Ebene 1 | Kategorie Ebene 3 | Erläuterungen |
|-------------------|----------------------------------|--|
| Flug | Flugzeuge (CH) | Ein Flugzeug ist ein Luftfahrzeug, das schwerer als Luft ist und den zum Fliegen nötigen dynamischen Auftrieb mit nicht-rotierenden Auftriebsflächen erzeugt (Wikipedia). Inländische Flugzeuge sind hier alle in der Schweiz registrierten Flugzeuge, ausgenommen die Swiss Flotte (die als internationale Flugzeuge gelten). |
| | Helikopters | Ein Helikopter ist ein senkrecht startendes und landendes Luftfahrzeug, das Motorkraft auf einen oder mehrere Rotoren für Auftrieb und Vortrieb überträgt. Diese arbeiten als sich drehende Tragflächen oder Flügel, weshalb Hubschrauber zu den Drehflüglern zählen (Wikipedia). |
| | Motorsegler | Motorsegler (auch Motorsegelflugzeuge) sind Flugzeuge, denen grundsätzlich alternativ die Betriebsarten Motorflug und Segelflug möglich sind. Sie stellen in der Schweiz eine eigene Luftfahrzeugklasse dar. Motorsegler lassen sich unterscheiden in Reisemotorsegler (engl. Touring Motor Glider) und Segelflugzeuge mit Hilfsmotor (Wikipedia). |
| | Segelflugzeuge | Ein Segelflugzeug ist ein für den Segelflug konstruiertes Luftfahrzeug. Das motorlose Fliegen bedeutet abwechselnd Steigen im Aufwind und Gleiten mit geringem Höhenverlust. |
| | Freiballone | Ein Freiballon ist ein freifliegender Ballon. Er muss als Gasballon mit einem Traggas, das leichter als Luft ist, gefüllt werden oder als Heissluftballon ausgeführt sein. Freiballone werden zusammen mit Fesselballonen (welche durch eine Leine eine ständige Verbindung zum Boden haben) in Deutschland luftrechtlich als eigene Luftfahrzeugklasse angesehen (Wikipedia). |
| | Luftschiffe | Ein Luftschiff ist ein lenkbares Luftfahrzeug, dessen Auftrieb auf aerostatischen Kräften beruht und das über eine eigene Antriebseinheit verfügt. Das Haupteinsatzgebiet heutiger Luftschiffe sind touristische Rundfahrten, Luftwerbung, Überwachungsaufgaben und vereinzelt auch Forschungsaufgaben (Wikipedia). |
| | Flugzeuge (International) | Als internationale Flugzeuge wird hier die Swiss Flotte betrachtet, welche national und international eingesetzt wird. |

| Kategorie | Einheit | Ebene 1 | | Ebene 2 | | |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------|-------------------|-------------------|--------------|--|
| | | Flug gesamt | Flug Akkumuliert | Flug pro Fahrzeug | | |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | Anzahl Fahrzeuge 2015 | 3 494 | 3 494 | | | |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | % Fahrzeugbestand | -1.17% | -1.17% | | | |
| Treibstoff | Typ | | | | | |
| Elektritätsverbrauch | kWh/100 km | 0 | | 0 | | |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | 416 | | 416 | | |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | 107 941 | | 107 941 | | |
| Materialzusammensetzung | | | | | | |
| Stahl | kg | 2 014 674 | 2 014 674 | 577 | | |
| Aluminium | | 14 670 873 | 14 670 873 | 4 199 | | |
| Andere Metalle | | 1 055 147 | 1 055 147 | 302 | | |
| Glas | | 99 890 | 99 890 | 29 | | |
| Plastik/Textilien | | 364 378 | 364 378 | 104 | | |
| Elektronik | | 16 095 | 16 095 | 5 | | |
| Batterie* | | 0 | 0 | 0 | | |
| Reifen/Gummi* | | 1 379 574 | 1 379 574 | 395 | | |
| Betriebsstoffe* | | 1 026 150 | 1 026 150 | 294 | | |
| Total | | | 20 626 782 | 20 626 782 | 5 903 | |

* Batterien (ausser für e-Fahrzeuge) werden 3x Mal, Reifen 4x und Betriebsstoffe etwa 5x Mal im Leben des Fahrzeugs ersetzt

| Kategorie | Einheit | Ebene 3 | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------------|-------------------|---------------------------|----------------|
| | | Flugzeuge (CH) | Helikopter | Motorsegler | Segelflugzeuge | Freiballone | Luftschiffe | Flugzeuge (International) | |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | Anzahl Fahrzeuge 2015 | 1 767 | 326 | 253 | 696 | 358 | 11 | 83 | |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | % Fahrzeugbestand | -0.67% | -0.06% | 0.16% | -3.32% | -1.24% | 4.10% | -0.67% | |
| Treibstoff | Typ | Kerosene = Diesel | Kerosene = Diesel | Kerosene = Diesel | - | Kerosene = Diesel | Kerosene = Diesel | Kerosene = Diesel | |
| Elektritätsverbrauch | kWh/100 km | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | 50 | 100 | 10 | 0 | 0 | 20 | 642 | |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | 70 000 | 20 000 | 10 000 | 10 000 | 10 000 | 10 000 | 2 816 345 | |
| Materialzusammensetzung | | | | | | | | | |
| Stahl | kg | 557 | 250 | 45 | 45 | 35 | 805 | 10 671 | |
| Aluminium | | 4 576 | 1 500 | 230 | 230 | 200 | 4 485 | 69 361 | |
| Andere Metalle | | 322 | 70 | 15 | 15 | 10 | 230 | 5 335 | |
| Glas | | 30 | 30 | 30 | 30 | 0 | 30 | 100 | |
| Plastik/Textilien | | 62 | 50 | 10 | 10 | 15 | 230 | 2 668 | |
| Elektronik | | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 | 5 | 10 | |
| Batterie* | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Reifen/Gummi* | | 132 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 13 500 | |
| Betriebsstoffe* | | 500 | 200 | 100 | 10 | 10 | 10 | 500 | |
| Total | | | 6 184 | 2 105 | 535 | 345 | 270 | 5 795 | 102 145 |

* Batterien (ausser für e-Fahrzeuge) werden 3x Mal, Reifen 4x und Betriebsstoffe etwa 5x Mal im Leben des Fahrzeugs ersetzt



| Flugzeuge (CH) ⁵³ | Helikopter ⁵⁴ | Motorsegler ⁵⁵ |
|---|--|--|
|  |  |  |
| Segelflugzeuge ⁵⁶ | Freiballone ⁵⁷ | Luftschiffe ⁵⁸ |
|  |  |  |
| Flugzeuge (International) ⁵⁹ | | |
|  | | |

⁵³ <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ec/Cessna.182j.g-atpt.arp.jpg>

⁵⁴ https://www.schweizerbauer.ch/images/37279_1.jpg

⁵⁵ <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a6/Grob.g109b.glider.arp.jpg>

⁵⁶ https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/79/DG1000_glider_crop.jpg

⁵⁷ <http://www.ballonteam-sauerland.de/images/D-OFJH-1.jpg>

⁵⁸ <https://www.ballonreisen.ch/photos/18e7f0c1f3.jpg>

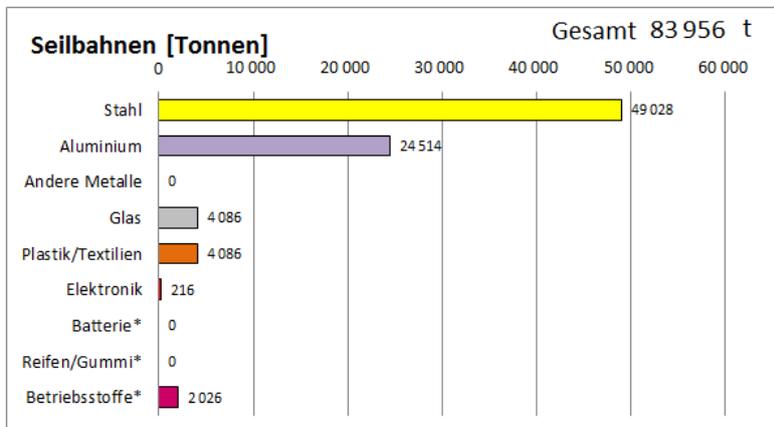
⁵⁹ <http://www.postmedien.ch/wp-content/uploads/2014/07/newsswissa330.jpg>

Seilbahnen

| Kategorie Ebene 1 | Kategorie Ebene 3 | Erläuterungen |
|-------------------|------------------------|--|
| Seilbahnen | Zahnradbahnen | Zahnradbahnen: Schienengebundene Fahrzeuge auf Bahnanlage auf denen öffentlicher Personenverkehr oder Güterverkehr betrieben wird und die einen Zahnradanteil von mindestens 50% aufweisen." |
| | Luftseilbahnen | Eine Luftseilbahn (veraltet und technisch ungenau auch als Seilschwebebahn bezeichnet) ist eine Seilbahn, deren Fahrbetriebsmittel (Kabinen, Gondeln, Sessel, Materialkörbe, Kübel, Loren, Hunte, Seilrutschen) ohne feste Führungen von einem oder mehreren Seilen – in der Regel Drahtseilen – getragen in der Luft hängend bewegt werden. Sie kann zur Beförderung von Personen, Tieren oder Gütern dienen (Wikipedia). |
| | Standseilbahnen | Eine Standseilbahn ist ein zu den Seilbahnen gehörendes schienengebundenes Verkehrsmittel, dessen Fahrbetriebsmittel auf Schienen oder anderen festen Führungen fahren und durch ein oder mehrere Seile bewegt werden. Mit diesem Verkehrsmittel können auf kurzer Strecke beträchtliche Höhenunterschiede überwunden werden (Wikipedia). |

| Kategorie | Einheit | Ebene 1 | | | Ebene 2 | | Ebene 3 | | |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--|--|
| | | Seilbahnen gesamt | Seilbahnen Akkumuliert | Seilbahnen pro Fahrzeug | Zahnradbahnen | Luftseilbahnen | Standseilbahnen | | |
| Anzahl in den Fahrzeugkategorien | Anzahl Fahrzeuge 2015 | 40 512 | 40 512 | | 202 | 40 208 | 102 | | |
| % Jahreswachstum Fahrzeugbestand | % Fahrzeugbestand | 0.00% | 0.00% | | 0.00% | 0.00% | 0.00% | | |
| Treibstoff | Typ | | | | Elektrizität Strom-Mix CH | Elektrizität Strom-Mix CH | Elektrizität Strom-Mix CH | | |
| Elektritätsverbrauch | kWh/100 km | 14 | | 14 | 1 170 | 8 | 1 170 | | |
| Treibstoffverbrauch | l/100 km | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Gesamte Fahrleistung pro Fahrzeug / a | km/a Fahrzeug | 29 925 | | 29 925 | 20 000 | 30 000 | 20 000 | | |
| Materialzusammensetzung | | | | | | | | | |
| Stahl | kg | 49 028 496 | 49 028 496 | 1 210 | 8 940 | 1 167 | 2 940 | | |
| Aluminium | | 24 514 248 | 24 514 248 | 605 | 4 470 | 584 | 1 470 | | |
| Andere Metalle | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Glas | | 4 085 708 | 4 085 708 | 101 | 745 | 97 | 245 | | |
| Plastik/Textilien | | 4 085 708 | 4 085 708 | 101 | 745 | 97 | 245 | | |
| Elektronik | | 216 240 | 216 240 | 5 | 50 | 5 | 50 | | |
| Batterie* | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Reifen/Gummi* | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Betriebsstoffe* | | 2 025 600 | 2 025 600 | 50 | 50 | 50 | 50 | | |
| Total | | 83 956 000 | 83 956 000 | 2 072 | 15 000 | 2 000 | 5 000 | | |

* Batterien (außer für e-Fahrzeuge) werden 3x Mal, Reifen 4x und Betriebsstoffe etwa 5x Mal im Leben des Fahrzeuges ersetzt



| Zahnradbahnen ⁶⁰ | Luftseilbahnen ⁶¹ | Standseilbahnen ⁶² |
|---|---|---|
|  |  |  |

⁶⁰ <http://www.dieweltenbummler.de/wp-content/uploads/2015/07/Rote-Zahnradbahn.jpg>

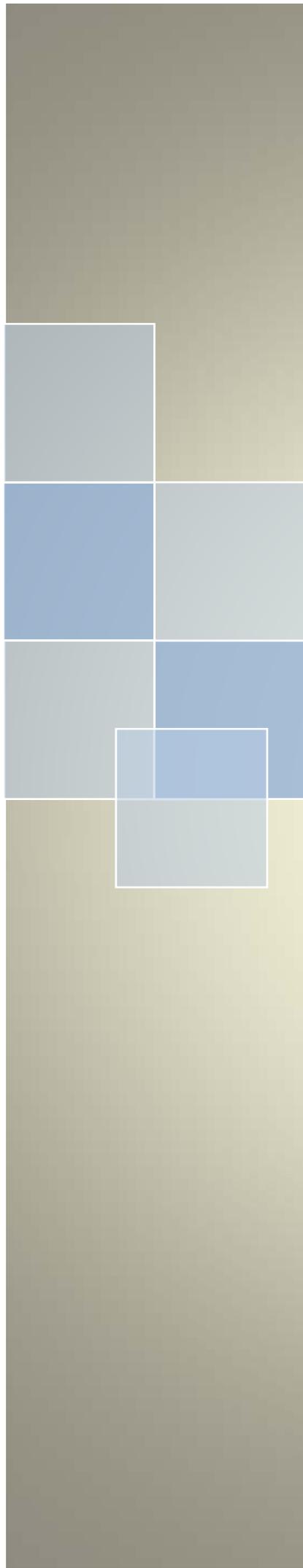
⁶¹ <http://www.bahnbilder.de/bilder/die-luftseilbahn-zur-pilatus-kulm-126882.jpg>

⁶² https://www.google.ch/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKewipit-T88ffMAhWEOBQKHdBTcQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fhttp://www.bergbahnen.org/images/seilbahnarten/ssb_modern.jpg

A V Umweltbelastungen: Zusammenstellung der Materialkategorien ('Rezept') und Verlinkung mit Daten aus Ecoinvent v.3.2

| MatCH-Kategorien | Anteil | Ecoinvent v 3.2 "Market for" | Bezug | Treibhaus-effekt [kg CO2-eq] | Gesamter Energiebedarf n.e. [MJ] | Gesamt-Umweltbelastung [UBP] |
|-----------------------------|----------------|---|-------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| Stahl | 90.00% | reinforcing steel//[GLO] market for reinforcing steel | kg | 2.37 | 25.60 | 4 492 |
| | 10.00% | steel, low-alloyed//[GLO] market for steel, low-alloyed | kg | 1.83 | 19.94 | 4 395 |
| | 100.00% | | | 2.32 | 25.03 | 4 482 |
| Aluminium | 50.00% | aluminium, cast alloy//[GLO] market for aluminium, cast alloy | kg | 4.65 | 43.88 | 9 452 |
| | 50.00% | aluminium, wrought alloy//[GLO] market for aluminium, wrought alloy | kg | 19.64 | 177.35 | 20 695 |
| | 100.00% | | | 12.14 | 110.62 | 15 074 |
| Andere Metalle | 51.72% | zinc//[GLO] market for zinc | kg | 4.87 | 50.80 | 111 131 |
| | 22.99% | chromium//[GLO] market for chromium | kg | 32.11 | 418.43 | 54 838 |
| | 17.24% | copper//[GLO] market for copper | kg | 3.81 | 42.93 | 83 459 |
| | 8.05% | nickel, 99.5%//[GLO] market for nickel, 99.5% | kg | 11.46 | 129.23 | 80 617 |
| | 0.01% | platinum//[GLO] market for platinum | kg | 29 287.83 | 355 410.10 | 220 319 590 |
| | 0.00% | palladium//[GLO] market for palladium | kg | 5 246.95 | 68 438.86 | 57 564 434 |
| | 100.00% | | | 14.26 | 174.11 | 112 203 |
| Glas | 100.00% | flat glass, uncoated//[GLO] market for flat glass, uncoated | kg | 1.05 | 12.49 | 1 136 |
| | 100.00% | | | 1.05 | 12.49 | 1 136 |
| Plastik/Textilien | 61.08% | polyethylene, high density, granulate//[GLO] market for polyethylene, high density, granulate | kg | 2.13 | 77.67 | 1 651 |
| | 29.34% | polypropylene, granulate//[GLO] market for polypropylene, granulate | kg | 2.14 | 75.91 | 1 673 |
| | 9.58% | polyvinylchloride, bulk polymerised//[GLO] market for polyvinylchloride, bulk polymerised | kg | 2.17 | 62.18 | 3 047 |
| | 100.00% | | | 2.14 | 75.67 | 1 791 |
| Elektronik | 30.00% | computer, laptop//[GLO] market for computer, laptop | kg | 45.88 | 537.63 | 99 571 |
| | 25.00% | cable, unspecified//[GLO] market for cable, unspecified | kg | 3.86 | 63.33 | 58 649 |
| | 20.00% | cable, ribbon cable, 20-pin, with plugs//[GLO] market for cable, ribbon cable, 20-pin, with plugs | kg | 11.49 | 176.96 | 101 104 |
| | 15.00% | copper//[GLO] market for copper | kg | 3.81 | 42.93 | 83 459 |
| | 10.00% | printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb free//[GLO] market for printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb free | kg | 248.42 | 3 173.89 | 642 242 |
| | 100.00% | | | 42.44 | 536.34 | 141 497 |
| E-Batterie | 80.00% | battery, Li-ion, rechargeable, prismatic//[GLO] battery production, Li-ion, rechargeable, prismatic | kg | 8.38 | 111.83 | 58 455 |
| | 20.00% | battery, NiMH, rechargeable, prismatic//[GLO] battery production, NiMH, rechargeable, prismatic | kg | 21.00 | 244.91 | 56 183 |
| | 100.00% | | | 10.90 | 138.45 | 58 001 |
| Batterie | 76.47% | lead//[GLO] market for lead | kg | 1.27 | 13.43 | 44 467 |
| | 11.76% | polypropylene, granulate//[GLO] market for polypropylene, granulate | kg | 2.14 | 75.91 | 1 673 |
| | 11.76% | sulfuric acid//[GLO] market for sulfuric acid | kg | 0.17 | 6.60 | 819 |
| | 100.00% | | | 1.24 | 19.97 | 34 297 |
| Reifen/Gummi | 90.00% | synthetic rubber//[GLO] market for synthetic rubber | kg | 3.04 | 90.03 | 4 368 |
| | 10.00% | steel, low-alloyed//[GLO] market for steel, low-alloyed | kg | 1.83 | 19.94 | 4 395 |
| | 100.00% | | | 2.92 | 83.02 | 4 371 |
| Betriebsstoffe und Farbe | 5.75% | ethylene, average//[GLO] market for ethylene, average | kg | 1.45 | 66.77 | 1 107 |
| | 47.93% | lubricating oil//[GLO] market for lubricating oil | kg | 1.17 | 82.37 | 2 216 |
| | 38.34% | ethylene glycol//[GLO] market for ethylene glycol | kg | 1.96 | 52.59 | 1 995 |
| | 7.98% | alkyd paint, white, without water, in 60% solution state//[GLO] market for alkyd paint, white, without water, in 60% solution state | kg | 6.20 | 81.67 | 13 994 |
| | 100.00% | | | 1.89 | 70.00 | 3 007 |
| Gesamte Gewicht | | | | | | |
| Elektrizität SBB | 100.00% | electricity, high voltage, for Swiss Federal Railways//[CH] market for electricity, high voltage, for Swiss Federal Railways | kWh | 0.01 | 3.95 | 112 |
| | 100.00% | | | 0.01 | 3.95 | 112 |
| Elektrizität andere | 100.00% | electricity, low voltage//[CH] market for electricity, low voltage | kWh | 0.10 | 8.88 | 278 |
| | 100.00% | | | 0.10 | 8.88 | 278 |
| Treibstoff Benzin verbrannt | 100.00% | 1 km *MatCH* Transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5 {RER} transport, passenger car, medium size, petrol, | kg | 4.16 | 62.40 | 3 313 |
| | 100.00% | | | 4.16 | 62.40 | 3 313 |
| Treibstoff Diesel verbrannt | 100.00% | 5.79 tkm *MatCH* Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EUROS {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EUROS | kg | 3.78 | 57.73 | 4 008 |
| | 100.00% | | | 3.78 | 57.73 | 4 008 |
| Treibstoff Benzin | 100.00% | petrol, low-sulfur//[CH] market for petrol, low-sulfur | kg | 0.83 | 60.85 | 1 440 |
| | 100.00% | | | 0.83 | 60.85 | 1 440 |
| Treibstoff Diesel | 100.00% | diesel, low-sulfur//[CH] market for diesel, low-sulfur | kg | 0.42 | 50.91 | 963 |
| | 100.00% | | | 0.42 | 50.91 | 963 |

Tabelle A-5: Materialkategorien MatCH und prozentuale Zuweisung von Materialien aus der Datenbank Ecoinvent v.3.2 ('Rezept') mit den resultierenden Umweltauswirkungen.



Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU
Empa
13.09.2017

