

# Umwelt-Fussabdrücke der Schweiz

Zeitlicher Verlauf 1996–2015



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

# Umwelt-Fussabdrücke der Schweiz

Zeitlicher Verlauf 1996–2015

# Impressum

## Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

## Autoren

Rolf Frischknecht, Carsten Nathani, Martina Alig, Philippe Stolz, Laura Tschümperlin, Pino Hellmüller

## Begleitung

Andreas Hauser und Niklas Nierhoff (Co-Leitung), Loa Buchli, Ruth Freiermuth-Knuchel, Carla Gross, Glenn Litsios, Regine Röthlisberger, Gaston Theis-Goldener, Samuel Zahner (BAFU), Jérôme Frei (BLW), Josef Känzig (BFE), Florian Kohler (BFS, Unterstützung im Bereich der Grunddaten), Stephan Pfister (ETHZ)

## Zitierung

Frischknecht R., Nathani C., Alig M., Stolz P., Tschümperlin L., Hellmüller P. 2018: Umwelt-Fussabdrücke der Schweiz. Zeitlicher Verlauf 1996-2015. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1811: 131 S.

## Layout

Cavelti AG, medien. digital und gedruckt, Gossau

## Titelbild

Urs Keller, Ex-Press

## PDF-Download

[www.bafu.admin.ch/uz-1811-d](http://www.bafu.admin.ch/uz-1811-d)

(eine gedruckte Fassung kann nicht bestellt werden)

Eine Zusammenfassung dieser Publikation ist in deutscher, französischer und englischer Sprache verfügbar.

© BAFU 2018

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstracts</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>Beurteilung und Ausblick</b>	<b>102</b>	
		6.1	Vergleich mit dem planetenverträglichen Mass	102	
<b>Vorwort</b>	<b>7</b>	6.2	Wichtige Treiber der Entwicklung der Fussabdrücke	106	
		6.3	Auswirkungen wichtiger Zukunftsentwicklungen	109	
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>8</b>			
1.1	Ausgangslage	8	<b>7</b>	<b>Schlussfolgerungen und Empfehlungen</b>	<b>118</b>
1.2	Zielsetzung	10	7.1	Schlussfolgerungen	118
1.3	Inhalt dieses Berichts	10	7.2	Empfehlungen	120
<b>2</b>	<b>Methodik und Vorgehen</b>	<b>11</b>	<b>Literatur</b>	<b>125</b>	
2.1	Methodischer Ansatz	11			
2.2	Inländische Umweltbelastung	13			
2.3	Aussenhandel	16			
2.4	Sachbilanz	21			
2.5	Umweltindikatoren	22			
2.6	Transport	25			
2.7	Konsumbedingte Umweltbelastungen im In- und Ausland	26			
<b>3</b>	<b>Entwicklung des Schweizerischen Aussenhandels</b>	<b>29</b>			
3.1	Warenhandel	29			
3.2	Handel mit Dienstleistungen	33			
3.3	Exkurs: Europäischer Strommix	33			
3.4	Exkurs: Zeitreihen zu den Exporten von landwirtschaftlichen Produkten	33			
<b>4</b>	<b>Ergebnisse – Entwicklung der Umweltbelastung von 1996–2015</b>	<b>36</b>			
4.1	Übersicht	36			
4.2	Ergebnisse	36			
4.3	Vergleich mit Zeitreihe des GFN zum «Ökologischen Fussabdruck»	87			
4.4	Vergleich mit Zeitreihe des BFS zum Material-Fussabdruck	88			
4.5	Vergleich mit Zeitreihe des BFS zum Treibhausgas-Fussabdruck	89			
4.6	Interpretation	90			
<b>5</b>	<b>Datenqualität und Unsicherheitsanalysen</b>	<b>94</b>			
5.1	Datenqualität Umweltdaten	94			
5.2	Datenqualität Wirtschaftsdaten	96			
5.3	Unsicherheitsanalysen	97			

---

# Abstracts

This study shows the development of Switzerland's consumption-based environmental impact from 1996 to 2015 (environmental footprints). It is based on a combination of emissions, trade, and life cycle assessment data. The latter were regionalised for the biodiversity and water footprint for the first time.

Switzerland's resulting footprints are not in line with the planetary boundaries, and while the share of the environmental impact caused within the country is decreasing, the share of the impact caused abroad is sharply rising. Estimates of possible future developments show considerable potential for improvement, such as in consumer behaviour and supply chains, but also make it clear that greater efforts are necessary in the areas of mobility, nutrition, and housing.

Die vorliegende Studie zeigt die Entwicklung der konsumbedingten Umweltbelastung der Schweiz von 1996 bis 2015 (Umwelt-Fussabdrücke). Grundlage ist eine Kombination aus Emissions-, Handels- und Ökobilanzdaten. Letztere wurden neu für den Biodiversitäts- und den Wasserfussabdruck regionalisiert.

Die resultierenden Fussabdrücke der Schweiz sind mit den Belastbarkeitsgrenzen des Planeten nicht vereinbar, und einer Abnahme der Umweltbelastung im Inland steht ein stark ansteigender Auslandanteil gegenüber. Abschätzungen möglicher Zukunftsentwicklungen zeigen beachtliche Verbesserungspotenziale, z. B. beim Konsumverhalten und in Lieferketten, machen aber auch deutlich, dass verstärkte Anstrengungen in den Bereichen Mobilität, Ernährung und Wohnen nötig sind.

La présente étude montre comment l'impact de la consommation suisse sur l'environnement a évolué de 1996 à 2015 (empreintes environnementales) en s'appuyant sur une combinaison de données relatives aux émissions, au commerce et aux écobilans. Pour la première fois, l'empreinte biodiversité et l'empreinte hydrique reposent sur des écobilans régionalisés.

Il en ressort que les empreintes de la Suisse sont incompatibles avec les limites planétaires. Elles ont baissé à l'intérieur du pays, mais la part à l'étranger a fortement augmenté. Selon une appréciation des évolutions possibles, il existe des potentiels d'amélioration importants, par exemple en ce qui concerne les modes de consommation et les chaînes d'approvisionnement. Des efforts supplémentaires devraient toutefois être fournis, en particulier dans les domaines de la mobilité, de l'alimentation et du logement.

**Keywords:**

*Consumption-based environmental impact, footprint indicators, greenhouse gas footprint, biodiversity footprint, life cycle assessment, environmental efficiency*

**Stichwörter:**

*Konsumbedingte Umweltbelastung, Fussabdruck-Indikatoren, Treibhausgas-Fussabdruck, Biodiversitäts-Fussabdruck, Gesamtumweltbelastung, Ökobilanz, Umwelteffizienz*

**Mots-clés :**

*Impact environnemental de la consommation, indicateurs d'empreinte, empreinte gaz à effet de serre, empreinte biodiversité, impact environnemental total, écobilans, efficacité environnementale*

---

Il presente studio mostra l'evoluzione dell'impatto ambientale dei consumi della Svizzera tra il 1996 e il 2015 (impronte ambientali). Alla base vi è una combinazione di dati relativi alle emissioni, al commercio e agli ecobilanci. Per l'impronta sulla biodiversità e l'impronta idrica, questi ultimi sono stati regionalizzati.

Le impronte ambientali della Svizzera che ne risultano non sono compatibili con i limiti di resistenza del pianeta. Inoltre, a una diminuzione dell'impatto ambientale all'interno dei confini nazionali si contrappone una quota estera in forte aumento. Le stime dei possibili sviluppi futuri mostrano potenziali di miglioramento considerevoli, per esempio circa i comportamenti di consumo e le catene di fornitura, ma mettono anche in evidenza la necessità di maggiori sforzi nei settori della mobilità, dell'alimentazione e dell'alloggio.

**Parole chiave:**

*impatto ambientale dei consumi, indicatori di impronta ambientale, impronta di gas serra, impronta sulla biodiversità, impatto ambientale complessivo, ecobilancio, efficienza ambientale*

---

# Vorwort

Die Schweiz kann in verschiedenen Bereichen der Umweltpolitik Erfolge ausweisen. Die Luftqualität hat sich verbessert, und in den Seen können wir wieder ohne Bedenken baden. Trotzdem bleiben Herausforderungen bestehen: Viele Güter, die wir in der Schweiz konsumieren, werden in anderen Ländern hergestellt, und dort kann in der Produktion eine erhebliche Umweltbelastung entstehen.

Die so genannten Fussabdruck-Indikatoren beziehen diese Umweltbelastung des Imports mit ein. Seit 2006 lässt das BAFU die Auswirkungen des Schweizer Konsums auf die Umwelt im In- und Ausland systematisch untersuchen. In diesen Jahren konnten Methodik und Datenlage der Fussabdrücke national und international laufend verbessert werden.

Dabei zeigt sich immer deutlicher: Die Erfolge im Inland werden teilweise durch eine Zunahme der Umweltbelastung im Ausland neutralisiert. Mit ihrem vergleichsweise hohen Konsumniveau gehört die Schweiz zudem zu den Ländern mit überdurchschnittlich grossen Umwelt-Fussabdrücken pro Person.

Vor dem Hintergrund des weltweiten Wohlstands- und Bevölkerungswachstums lassen diese Signale aufhorchen. Denn schon heute schädigt die Menschheit das Klima und die Ökosysteme – von denen unser Leben abhängt – massiv. Dies belegen internationale Forschungen zu den Belastbarkeitsgrenzen des Planeten mit klaren Hinweisen.

Täglich begegne ich engagierten Leuten, die ihr Konsumverhalten, ihre Geschäftskonzepte oder ihre Forschungsarbeiten auf eine Zukunft innerhalb der Belastbarkeitsgrenzen des Planeten ausrichten. Jede und jeder kann etwas tun. Besonders wirksam ist es, bei der Mobilität, der Ernährung und dem Wohnen sowie bei den Lieferketten im Ausland anzusetzen. Das hervorragende Niveau der Technologie und der Ausbildung hierzulande, gekoppelt an die Möglichkeiten der Digitalisierung, bietet optimale Voraussetzungen.

Komplexe Systeme – zum Beispiel die Verkehrs-Infrastruktur oder die Energieversorgung – können wir aber nur gemeinsam, als Gesellschaft verändern. Dabei sollen bestehende Potenziale konsequent genutzt und neue Potenziale durch Forschung und Innovation erschlossen werden. Gefordert sind nicht nur die Umweltpolitik, sondern alle Politikbereiche, die Wirtschaft und die ganze Gesellschaft. Umwelt-Fussabdrücke, wie sie in der vorliegenden Studie untersucht werden, helfen dabei, unsere Fortschritte im Blick zu behalten.

Karine Siegwart  
Vizedirektorin  
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

# 1 Einleitung

*Die vorliegende Studie zeigt die Entwicklung der konsumbedingten Umweltbelastung von 1996 bis 2015 insgesamt und in den Bereichen Treibhausgase, Biodiversität, Eutrophierung, Luftverschmutzung, Wasser, Energie und Material. Ihr Verhältnis zu einem planetenverträglichen Mass wird beurteilt und die Auswirkungen möglicher Zukunftsentwicklungen abgeschätzt.*

## 1.1 Ausgangslage

Während in der Schweiz einzelne Umweltprobleme gelöst werden konnten und andere vermehrt angegangen werden, nimmt weltweit der Druck auf die natürliche Umwelt weiter zu. Vielerorts überschreiten der Verbrauch und die Schädigung natürlicher Ressourcen regionale und globale Belastbarkeitsgrenzen: So werden beispielsweise Regenwälder abgeholzt, Böden verlieren an Fruchtbarkeit und die Biodiversität nimmt ab, Meere werden mit Stickstoff belastet und die Emissionen an Treibhausgasen beeinflussen das Klima. Unser Konsumverhalten wirkt sich nicht allein direkt auf unsere nächste Umgebung aus, sondern auch global und vielfältig über die Lieferketten und nachgelagerten Prozesse.<sup>1</sup> So wird für die Herstellung von Schweizer Schokolade in tropischen Ländern Kakao angebaut und für Smartphones Coltan aus Minen in Afrika abgebaut. Unser Konsumverhalten wirkt sich somit weltweit aus. Bei einer stark auf Dienstleistungen ausgerichteten und global vernetzten Volkswirtschaft wie derjenigen der Schweiz sind diese im Ausland verursachten Umweltbelastungen besonders relevant.

### *Ressourcenschonende und zukunftsfähige Wirtschaft*

Die Strategie Nachhaltige Entwicklung wie auch die Arbeiten des Bundes zur Grünen Wirtschaft orientieren sich deshalb an der gesamten Wertschöpfungskette. Ziel ist, die natürlichen Ressourcen zu schonen und gleichzeitig die Schweizer Wirtschaft zu stärken. Die Umweltbelastung von Konsum und Produktion soll reduziert werden, auch unter Berücksichtigung der Emissionen und

Ressourcen, die im Ausland verursacht bzw. verbraucht werden.

Die durch die Schweiz verursachte Umweltbelastung kann insbesondere aus zwei komplementären Perspektiven betrachtet werden, die Antworten auf unterschiedliche Fragen liefern:

- In der so genannten Produktionsperspektive steht die Umweltbelastung durch Unternehmen und Haushalte im Vordergrund, die im Inland entsteht.
- Die Konsumperspektive (hier auch Fussabdruckperspektive genannt) hingegen geht von den in der Schweiz konsumierten Produkten aus. Sie rechnet der Schweiz die Umweltbelastungen zu, die durch den Konsum in unserem Land weltweit verursacht werden. Dabei wird der gesamte Lebenszyklus der konsumierten Güter einbezogen. Diese Perspektive steht im Vordergrund des vorliegenden Berichts.

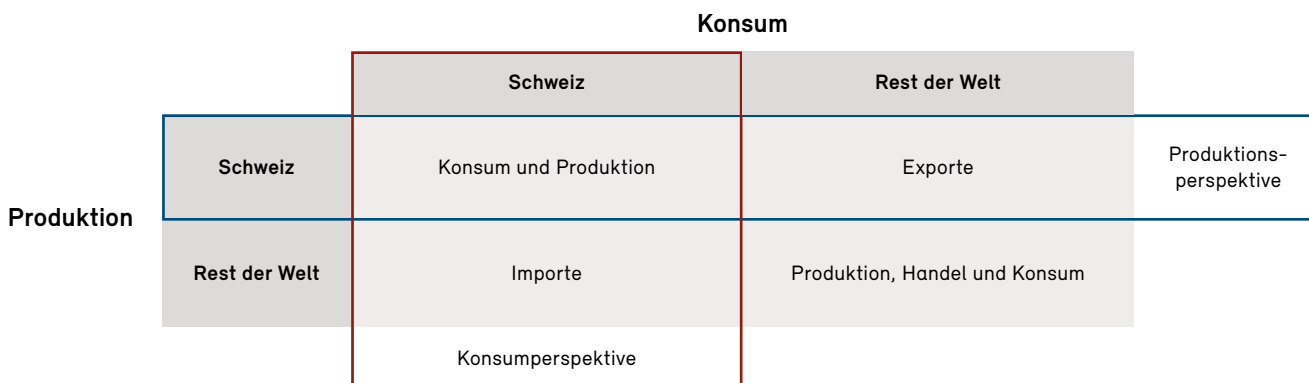
Die beiden Perspektiven sind in Abbildung 1 dargestellt.

<sup>1</sup> Eine Wertschöpfungskette ist die Abfolge von Aktivitäten einer Vielzahl von Unternehmen, um ein Produkt oder eine Dienstleistung zu entwerfen, die erforderlichen Rohstoffe und Energien zu beschaffen, das Produkt herzustellen, zu verkaufen und es auszuliefern. Auch die Nutzung und Entsorgung der Produkte gehören dazu.



**Abbildung 1**  
**Produktionsperspektive, Aussenhandel und Konsumperspektive**

Die Grafik zeigt den Zusammenhang zwischen der Produktions- und der Konsumperspektive. Produktion, Konsum und Handel beziehen sich auf Waren und Dienstleistungen.



Quelle: Frischknecht et al. (2014).

*Produktions- und Konsumperspektive*

Diese beiden Perspektiven spiegeln auch zwei grundsätzliche Handlungsrichtungen der Umweltpolitik wider:

- Die klassische Ausrichtung setzt bei den direkten Umweltbelastungen der Wirtschaftsakteure (Unternehmen, Verwaltung und Haushalte) im Inland an;
- Die neuere Handlungsrichtung bezieht *zusätzlich* zur klassischen Ausrichtung auch die Umweltbelastung entlang des gesamten Produktlebenszyklus mit ein.

Die Vorgängerstudie im Auftrag des BAFU hat für den Zeitraum von 1996 bis 2011 gezeigt, dass die durch den Schweizer Konsum ausgelöste Umweltbelastung deutlich grösser ist als die im Inland entstehende (Frischknecht et al. 2014). Demnach fielen im Jahr 2011 knapp drei Viertel der konsumbedingten Umweltbelastungen im Ausland an. Insgesamt ist die Schweiz ein Nettoimporteuer von Umweltbelastungen.

Um den Erfolg der Anstrengungen für eine ressourcenschonende und zukunftsfähige Wirtschaft einschätzen zu können, ist es wichtig zu wissen, wie sich die konsumbedingte Umweltbelastung im Zeitverlauf entwickelt. So kann beispielsweise ermittelt werden, ob eine allfällige Verbesserung der Umweltsituation im Inland mit einer Verlagerung von Umweltbelastungen ins Ausland einher-

geht oder ob sich die Gesamtumweltbelastung tatsächlich verringert. Die Analyse der zeitlichen Dynamik hilft auch bei der Prioritätenfindung für die nationale Umweltpolitik.

Die beiden Perspektiven schliessen sich nicht aus, sondern ergänzen sich. Sie sind nicht die einzigen relevanten Betrachtungsweisen. Weitere relevante Perspektiven sind beispielsweise:

- Betrachtung nach Branchen, unter Einbezug der gesamten Wertschöpfungskette und der Nutzungsphase
- Betrachtung der direkten und indirekten Umweltauswirkungen der Exporte
- Betrachtung der Umweltauswirkungen, die mit den Tätigkeiten des Finanzsektors, des Rohstoffhandels und anderen Dienstleistungen verbunden sind (auch ohne Stoff- und Energieflüsse auf Schweizer Boden)

Diese ergänzenden Perspektiven sind nicht Gegenstand der vorliegenden Studie.

---

## 1.2 Zielsetzung

Diese Studie verfolgt folgende Ziele:

- Erstellen und Interpretieren einer Zeitreihe der Umweltfussabdrücke des Schweizer Endkonsums für die Jahre 1996 bis 2015;
- Methodische Weiterentwicklung und Weiterführung der bestehenden Zeitreihe;
- Plausibilisieren und Beurteilen der Resultate und Ableiten von Empfehlungen;

Daraus ergeben sich folgende Unterziele:

- Analyse und Diskussion wichtiger Bestimmungsfaktoren der Entwicklung der Gesamtumweltbelastung.
- Abschätzung der Auswirkungen verschiedener Zukunftsentwicklungen in den Bereichen Energie, Mobilität, Wohnen, Ernährung und Technologie auf den Umweltfussabdruck der Schweiz.
- Beurteilung des heutigen Niveaus der Umweltfussabdrücke vor dem Hintergrund der Belastbarkeitsgrenzen des Planeten.

## 1.3 Inhalt dieses Berichts

Kapitel 2 gibt einen Überblick über den verwendeten methodischen Ansatz.

Kapitel 3 enthält Ausführungen zu den Zeitreihen der Schweizerischen Importe und Exporte. Die Ergebnisse der Studie werden in Kapitel 4 ausführlich diskutiert und interpretiert. Datenqualität und Unsicherheiten werden in Kapitel 5 thematisiert. In Kapitel 6 werden im Sinne einer Beurteilung und eines Ausblicks die heutige Situation mit einem planetenverträglichen Mass verglichen (Unterkapitel 6.1), wichtige Treiber der Umweltfussabdrücke identifiziert (Unterkapitel 6.2) und die Auswirkungen möglicher Zukunftsentwicklungen auf die Höhe des Schweizer Umweltfussabdrucks abgeschätzt (Unterkapitel 6.3). Im abschliessenden Kapitel 7 werden Folgerungen zum Handlungsbedarf formuliert und der weitere Forschungsbedarf sowie Möglichkeiten zur Weiterentwicklung der hier verwendeten Methodik angesprochen. Weitergehende Informationen zu Grundlagendaten und Modellie-

rungen sind in einem separaten Technischen Bericht zu diesem Projekt enthalten (Frischknecht et al. 2018).

## 2 Methodik und Vorgehen

### 2.1 Methodischer Ansatz

#### 2.1.1 Grundsätzliches

##### *Konsumbedingter Umweltfussabdruck*

Der in der vorliegenden Studie verwendete Ansatz (im Folgenden kurz TRAIL-Methode<sup>2</sup>), beinhaltet die Zusammenstellung von Zeitreihen

- zur Entwicklung der inländischen Umweltbelastung (siehe Unterkapitel 2.2),
- zur Entwicklung der durch die Schweizerischen Güterexporte und -importe verursachten Umweltbelastung (siehe Unterkapitel 2.3),
- zur Entwicklung der durch die Schweizer Endnachfrage ausgelösten Gesamtumweltbelastung. Dazu werden die inländischen und die importbedingten Umweltbelastungen addiert und die exportbedingten Umweltbelastungen abgezogen (siehe Abb. 11).

##### *Verknüpfung mit Ökobilanzdaten*

Um die Entwicklung der Umweltbelastung durch die Schweizerischen Güterexporte und -importe zu berechnen, wurden

- Zeitreihen der Import- und Exportmengen nach Gütergruppen (rot in Abb. 2)
- mit Ökobilanzdaten zur spezifischen Umweltbelastung der importierten und exportierten Güter (blau in Abb. 2) verknüpft.

##### *Vergleich mit bisherigen Studien des BAFU*

Die vorliegende Studie baut methodisch auf der Vorgängerstudie (Frischknecht et al. 2014) auf. Sie basiert auf Zeitreihen zu inländischen Emissionen und Ressourcenverbräuchen, welche durch verschiedene Bundesämter (BAFU, BFE, BFS, BLW etc.) erhoben wurden.

Im Unterschied zur Vorgängerstudie (Frischknecht et al. 2014) wurden die inländischen Emissionen und Ressourcenverbräuche auf Haushalte und Wirtschaft aufgeteilt.

Durch diese Aufteilung konnte die **Schätzung der im In- und im Ausland verursachten Anteile an der gesamten Umweltbelastung verbessert** werden (siehe Unterkapitel 2.7).

Im Unterschied zu verwandten Untersuchungen für jeweils ein ausgewähltes Jahr, wie die Pilotstudie (Jungbluth et al. 2011) und deren Aktualisierung im Jahr 2015 (Frischknecht et al. 2015a), basiert die Berechnung der Umweltfussabdrücke in der vorliegenden Studie nicht auf einer ökologischen Input-Output-Analyse. Der hier verwendete Berechnungsweg erlaubt weiterhin keine Auswertung für einzelne Wirtschaftsbranchen und Konsumbereiche. Für solche Auswertungen verweisen wir auf die genannten Quellen.

#### 2.1.2 Regionalisierung: Grundlagen und Vereinfachungen

##### *Regionale Unterschiede in der Umweltbelastung verlangen nach Differenzierung*

Die Auswirkungen des Schweizer Konsums auf die Umwelt können regional sehr unterschiedlich sein. Während es bei den Treibhausgasen nicht darauf ankommt, in welchem Erdteil sie emittiert werden, spielt es beispielsweise bei der Ressource Wasser sehr wohl eine Rolle, ob diese in einer wasserknappen oder wasserreichen Region verbraucht wird. Ähnliches gilt für die Landnutzung und die daraus resultierenden Biodiversitätsverluste.

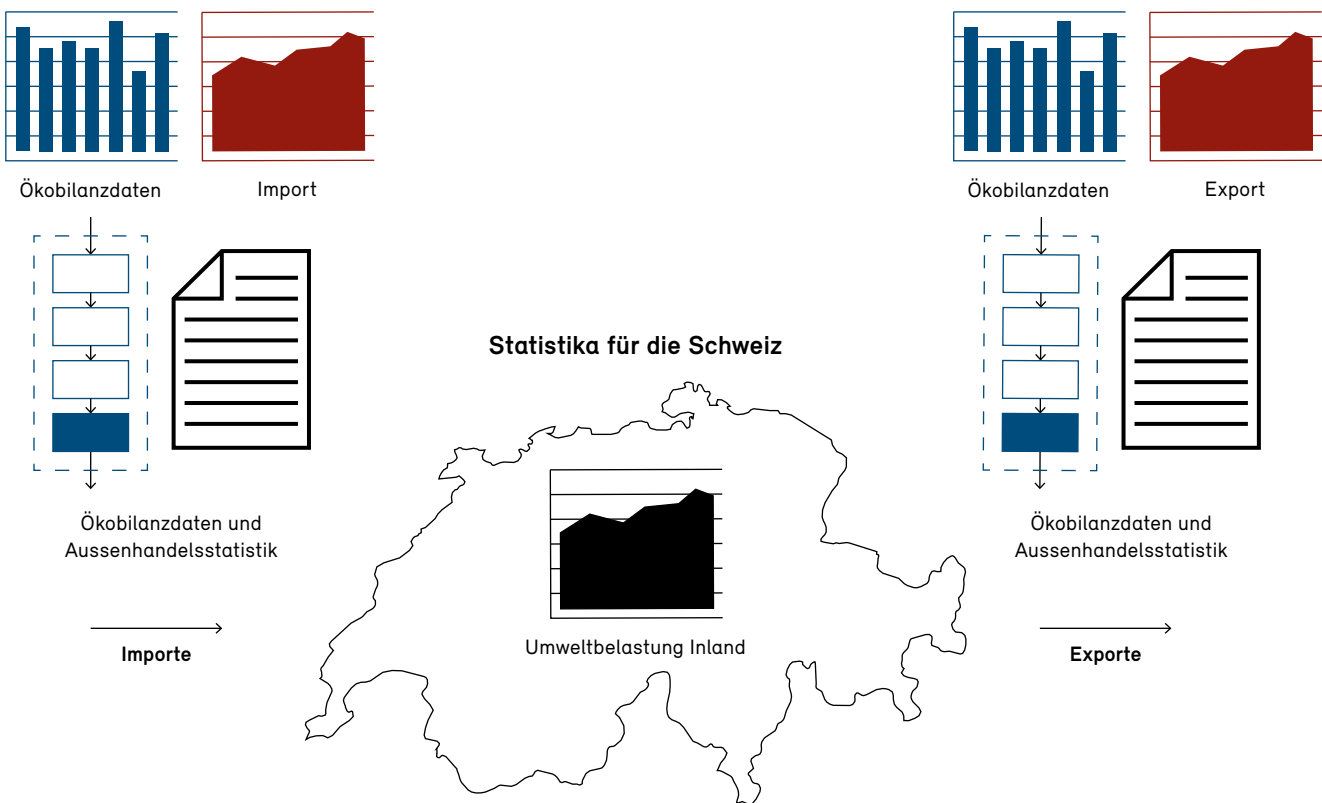
Im Rahmen der vorliegenden Zeitreihenstudie wurde deshalb eine **regionale Differenzierung in den Ökobilanzdaten** eingeführt. Die Regionalisierung umfasst die folgenden Bereiche:

- Landwirtschaftliche Produkte;
- Forstwirtschaftliche Produkte;
- Bereitstellung von Trink- und Prozesswasser;
- Gewinnung ausgewählter Erze;
- Betrieb thermischer Kraftwerke und von Speicherkraftwerken

Abbildung 2

Vorgehen Ermittlung der Umweltbelastung in der Konsumperspektive

Zeitreihen werden bei der Umweltbelastung Inland, bei den Importen und Exporten und teilweise bei den Ökobilanzdaten erarbeitet und verwendet.



Quelle: Frischknecht et al. (2014).

Die geografische Differenzierung fokussiert auf Landnutzung, Wassernutzung und Strombezug

Für die Modellierung der Herstellung landwirtschaftlicher Produkte wurden unter Berücksichtigung von Daten aus der World Food Life Cycle Database (WFLDB; Nemecek et al. 2015) und dem KBOB Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2016 (KBOB et al. 2016), der FAO (FAOSTAT 2017) und Pfister et al. (2011) länderspezifische Datensätze<sup>3</sup> erstellt. In diesen Datensätzen sind die Landnutzung, die Wassernutzung und der Strombezug länderspezifisch modelliert. Bei den pflanzlichen Produkten wurde zur Berechnung der Landnutzung der länderspezifische Ertrag und der länderspezifische Bedarf an Bewässerung berücksichtigt. Bei der Modellierung der forstwirtschaftlichen Prozesse wurden die Landnutzung und der Strombedarf bei der Verarbeitung länderspezifisch abgebildet.

Die Gewinnung ausgewählter Erze ist in den verwendeten Hintergrunddaten bereits regionen- oder länderspezifisch modelliert. So wird die Gewinnung von Platin aus russischen und südafrikanischen Minen in separaten Datensätzen beschrieben. Bei diesen vorhandenen, regionen- beziehungsweise länderspezifischen Datensätzen wurden die Landnutzung, die Wassernutzung und der Strombezug neu auch noch länderspezifisch modelliert. Ein analoges Vorgehen wurde zum Abbilden des Betriebs von Kraftwerken gewählt. Bei den bestehenden, länderspezifischen Datensätzen zum Betrieb thermischer Kraftwerke (Erdgas, Schweröl, Steinkohle, Braunkohle und Kernkraftwerke) wurden eine länderspezifische Landnutzung und Wassernutzung eingeführt. Für den Betrieb von Speicherwasserkraftwerken wurden zusätzliche Datensätze für verschiedene Länder erstellt, und die Evaporation von Wasser länderspezifisch modelliert.

3 Weitere Informationen zu den Datensätzen: Siehe [www.treeze.ch](http://www.treeze.ch).

Trink- und Prozesswasser wird für die Herstellung und Verarbeitung vieler landwirtschaftlicher Produkte sowie für die Gewinnung von Erzen und die Erzeugung von Strom benötigt. Für die wichtigsten Herkunftsländer dieser Produkte wurden regionalisierte Datensätze der Bereitstellung von Trink- und Prozesswasser erstellt. Die Wasserentnahme sowie der zur Wasseraufbereitung eingesetzte Strommix wurden in diesen Datensätzen länderspezifisch modelliert.

#### *Länderspezifische Datensätze für bedeutende Importländer*

Bei den land- und forstwirtschaftlichen Produkten wurden länderspezifische Datensätze für diejenigen Länder erstellt, die für die Schweizer Importe in den letzten 20 Jahren eine bedeutende Rolle gespielt haben (Hauptimportländer). Dabei wurden jeweils die Produkte aus den drei bis fünf wichtigsten Herkunftsländern länderspezifisch modelliert. Nicht länderspezifisch modelliert wurden Produkte aus Herkunftsländern, die lediglich in einem oder sehr wenigen Jahren eine bedeutende Rolle gespielt haben, oder aus Ländern mit einem generell kleinen Anteil (< 10 %) an den Importen. Ziel war, dass mit länderspezifischen Datensätzen jeweils mindestens zwei Drittel der importierten Mengen abgebildet werden konnten.

Fand in einem bedeutenden Exportland offensichtlich kein Anbau des entsprechenden Produkts statt (z. B. tropische Früchte in einem europäischen Land), wurde die entsprechende aus dem Land importierte Menge mit einem nicht-regionalisierten Datensatz abgebildet. Für die Importe aus den übrigen Ländern wurde ebenfalls ein nicht-regionalisierter Datensatz verwendet. Eine Ausnahme bilden die ausschliesslich in tropischen Regionen angebauten und bezüglich Umweltwirkungen wichtigen Nahrungsmittelprodukte Kakao und Kaffee, wo der Import aus europäischen Ländern mit einem regionalisierten Produktionsmix abgebildet wurde (siehe auch Abschnitte 2.4.2 und Unterkapitel 3.4).

Aus Aufwandgründen konnte in der vorliegenden Zeitreihenstudie nicht der gesamte Datenbestand regionalisiert werden. Mit dem vorstehend beschriebenen selektiven, an der Umweltrelevanz orientierten Vorgehen wurden aber die für die Landnutzung und eine verbrauchende Wassernutzung bedeutendsten Aktivitäten regionalisiert modelliert.

## 2.2 Inländische Umweltbelastung

### 2.2.1 Methodischer Ansatz

#### *Inlandbelastung quantifiziert gemäss Inlandsprinzip*

Die inländische Umweltbelastung wird im Wesentlichen auf Basis statistischer Grundlagen der Bundesämter für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Statistik quantifiziert. Es handelt sich dabei in der Regel um Jahresfrachten auf dem Schweizer Territorium, die somit dem Territorialprinzip entsprechen. Die transportbedingten Treibhausgas-Emissionen werden national und international nach dem Absatzprinzip rapportiert. Die in dieser Studie ausgewiesenen Umweltbelastungen sollen jedoch dem Inlandsprinzip<sup>4</sup> entsprechen, damit sie konzeptionell mit Daten der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung kompatibel sind. Die in den drei Prinzipien unterschiedliche Zuordnung der Treibstoffe führt zu Unterschieden in den transportbedingten Treibhausgas- und Luftschadstoff-Emissionen.

Beim BFS liegen für Treibhausgas- und ausgewählte Luftschadstoff-Emissionen Zeitreihen vor, mit denen ausgehend von den vom BAUFU zusammengestellten und zur Verfügung gestellten Daten die Emissionsmengen gemäss Inlandsprinzip quantifiziert werden können. Mit diesen Umrechnungen des BFS werden bei den ausgewählten Luftschadstoff-Emissionen der Tanktourismus von Gebietsansässigen im Ausland und statistische Differenzen berücksichtigt. Von Schweizer Transportfirmen (sogenannte Gebietsansässige Wirtschaftseinheiten) im Ausland verursachte Luftschadstoff- und Treibhausgas-Emissionen werden zu den Emissionen gemäss Territorial- beziehungsweise Absatzprinzip hinzugezählt. Schliesslich werden die von ausländischen Firmen (sogenannte Gebietsfremde Wirtschaftseinheiten) in der Schweiz verursachten Luftschadstoff- und Treibhausgas-Emissionen in Abzug gebracht. Damit entsprechen die verwendeten Umweltdaten des BFS dem Inlandsprinzip (siehe auch Technischer Bericht, Unterkapitel 2.5, Frischknecht et al. 2018).

<sup>4</sup> Die wesentlichen Elemente des Inlandprinzips sind im technischen Bericht erläutert (Frischknecht et al. 2018).

### *Auswirkungen der Umrechnungen auf die Höhe der Luftschadstoffemissionen*

Die Umrechnung vom Absatzprinzip der transportbedingten Treibhausgas-Emissionen auf das Inlandsprinzip führt bei CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O zu Veränderungen im Jahrestotal. Bei HFC, PFC, SF<sub>6</sub> und NF<sub>3</sub> sind keine Unterschiede zu beobachten. Die Umrechnung vom Absatzprinzip auf das Inlandsprinzip wurde für die Luftschadstoffe NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> und Partikel sowie Blei, Cadmium und Quecksilber vorgenommen, bei denen entsprechend auch Veränderungen im Jahrestotal auftreten. Bei den übrigen Luftschadstoffen wurden die Submissionen unverändert übernommen. Bei in Wasser und Boden freigesetzten Schadstoffen sind die Emissionsmengen gemäss Territorialprinzip identisch mit denjenigen des Inlandsprinzips. Dasselbe gilt für die Ressourcenentnahmen auf dem Gebiet der Schweiz.

### **2.2.2 Datengrundlage, Modellierungen und Annahmen**

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der verwendeten Datengrundlage für die verschiedenen Schadstoffe und Ressourcen. Für grau markierte Jahre sind Daten vorhanden. Die restlichen Jahre wurden linear interpoliert oder extrapoliert.

#### *Zeitreihen*

Für den Grossteil der Luftschadstoffe, für etliche Wasserschadstoffe, für die Einträge von Pflanzenschutzmitteln in den Boden, sowie für die meisten Ressourcen (Energie, Biomasse, Mineralien) und Abfälle sind jährlich erfasste Statistiken vorhanden.

#### *Punktuelle Erhebungen erfordern Inter- und Extrapolationen*

Die Zeitreihen des Eintrags von Phosphor und Stickstoff in Oberflächengewässer basieren hingegen auf Inter- und Extrapolationen auf Basis von Werten von drei Jahren (P, N). Die Emissionen von organischen Stoffen in Gewässer wurden nur im Jahr 2010 bestimmt. Für die Extrapolation auf die übrigen Jahre wurde die Fracht von totalem organischem Kohlenstoff als Hilfsvariable verwendet. Die Schweizer Arealstatistik wird etwa alle zehn Jahre aktualisiert: Es standen für den hier interessierenden Zeitraum drei vollständige Datensätze zur Verfügung zwischen denen interpoliert wurde. Die Schwermetall-Emissionen in den Boden wurden einzig im Jahr 2000 gemessen, und

Emissionsmengen von Ozonschicht abbauenden Substanzen wurden zwischen 1996 und 2015 nur für zwei Jahre abgeschätzt. Zum Wasserverbrauch der Industrie und Landwirtschaft sind Werte zu drei Jahren bekannt, weshalb ebenfalls inter- und extrapoliert werden musste.

#### *Treibhausgas-Emissionen*

Die Zeitreihen für die Treibhausgas-Emissionen in die Atmosphäre basieren auf dem Treibhausgasinventar des BAFU (BAFU 2017a), welches sich nach den *reporting guidelines* der UNFCCC richtet. Es bildet die Basis für die Berichterstattung im Rahmen des CO<sub>2</sub>-Gesetzes und für die Datensubmissionen zuhanden der Klimarahmenkonvention (UNFCCC). Im Einklang mit den Berechnungsgrundsätzen des Kyoto-Protokolls werden Emissionen der Bereiche Internationaler Flug- und Schiffsverkehr, sowie Brand und Feuerschäden (Kategorie 6) im Treibhausgasinventar nicht berücksichtigt. Die Treibhausgas-Emissionen gemäss Inlandsprinzip, die letztlich in der vorliegenden Studie verwendet wurden, wurden ermittelt basierend auf den Tabellen des Bundesamts für Statistik (BFS) zu den Ausgleichspositionen zwischen dem Treibhausgas-Inventar und den Luftemissionskonten (AEA) des BFS (BFS 2017d). Insbesondere wurde ein Teil der Emissionen des Internationalen Flug- und Schiffsverkehrs berücksichtigt. Die Emissionen durch Landnutzungsänderungen/Forstwirtschaft (Kategorie 4) werden in der vorliegenden Zeitreihenstudie hingegen nicht berücksichtigt.

#### *Luftschadstoff-Emissionen*

Die Zeitreihen für die Luftschadstoff-Emissionen basieren auf dem Luftschadstoffinventar des BAFU (BAFU 2017b). Es bildet die Basis für die Datensubmissionen im Rahmen des Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (CLRTAP, Genfer Konvention) und deren 8 Zusatzprotokolle. Die Luftschadstoff-Emissionen gemäss Inlandsprinzip basieren auf den BFS Tabellen zu den Ausgleichspositionen zwischen dem Luftschadstoffinventar und den Luftemissionskonten (AEA) des BFS (BFS 2017d).



### *Emissionen in Gewässer*

Die Zeitreihen für die Schadstoff-Emissionen in die Gewässer basieren auf verschiedenen Datenquellen. Die wichtigsten Datenquellen sind Statistiken der Kommission für eutrophierende Schadstoffe der OSPAR (OSPAR Commission 2003, 2006, 2008), Messungen der Rheinüberwachungsstation (RÜS) in Weil am Rhein (AUE 2017) und der nationalen Daueruntersuchung der Schweizer Fließgewässer (NADUF, BAFU et al. 2016).

Die Zeitreihen für die Schadstoff-Emissionen ins Grundwasser und in den Boden basieren auf verschiedenen Datenquellen des BAFU und des BLW (BAFU 2010; BAFU & BLW 2016; BLW 2016, 2017; Keller et al. 2005).

### *Ressourcennutzung*

Die Zeitreihen zur Ressourcennutzung und -entnahme beruhen hauptsächlich auf der Gesamtenergiestatistik (BFE 2016b) und der Statistik der erneuerbaren Energien (BFE 2016c), der Arealstatistik (BFS 2016), der AQUASTAT Datenbank (FAO 2016) und den Materialflusskonten des BFS zur inländischen Gewinnung von Rohmaterialien (BFS 2017e).

### *Radioaktive und nicht radioaktive Sonderabfälle*

Die Zeitreihen für den Anfall von Sonderabfällen und die Emissionen von organischem Kohlenstoff aus Deponien basieren auf verschiedenen Datenquellen des BAFU. Die während der Laufzeit der Kernkraftwerke und danach anfallenden Mengen radioaktiver Abfälle wurden von der NAGRA (2016) geschätzt. Um auch die erst in mehreren Jahrzehnten bei der Stilllegung der Kernkraftwerke und Zwischenlager anfallenden Abfallmengen zur Zeit der Stromproduktion zu berücksichtigen, wurden die radioaktiven Abfälle auf die jährliche Stromproduktion der Kernkraftwerke umgelegt. Die Mengen radioaktiver Abfälle im hier zugrunde gelegten Modell weichen also ab von den in der Aussenhandelsstatistik publizierten Mengen. Ein analoges Vorgehen wurde für die Importe der Kernbrennstäbe gewählt (siehe Abschnitt 2.3.4).

### *Lärmemissionen*

Die Lärmemissionen wurden erstmals und einzig im Jahr 2009 flächendeckend erfasst. Eine Extrapolation auf die Lärmbelastung der übrigen Jahre ist mit den vorhandenen Informationen nicht möglich. Die Lärmbelastung wird

daher nur für das Jahr 2009 ausgewiesen und lediglich bei der Zeitreihe der Inlandbelastung diskutiert. In den Zeitreihen der Umweltbelastung des Konsums ist die Lärmbelastung nicht enthalten.

Eine detaillierte Beschreibung der Datenquellen und der erforderlichen Anpassungen, Interpolationen und Annahmen für alle Zeitreihen ist im technischen Bericht zu dieser Studie zu finden (Frischknecht et al. 2018).

## 2.3 Aussenhandel

### 2.3.1 Übersicht

Aus Sicht der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) umfasst der Aussenhandel den Handel mit Waren sowie mit Dienstleistungen. Der Warenhandel ist aus Umweltsicht deutlich relevanter. Der Handel mit Dienstleistungen spielt in der Schweiz hingegen ökonomisch eine wichtige Rolle und weist zudem grössere Wachstumsraten auf als der Warenhandel.

### *Revision der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR)*

Im Jahr 2014 wurde die VGR vom BFS revidiert und an das Europäische System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen (ESVG) 2010 angepasst. Dabei haben sich auch die Konzepte für den Aussenhandel verändert, was in der vorliegenden Studie berücksichtigt wurde (z. B. Kriterium des wirtschaftlichen Eigentumsübergangs, Abgrenzung von Waren und Dienstleistungen, vgl. BFS 2014). Die folgenden Änderungen sind hervorzuheben:

- Wegen des neuen Kriteriums des Eigentumsübergangs verändert sich die Behandlung von Waren, die die Grenze zur Lohnveredelung oder zu Reparaturzwecken überqueren sowie die von Rückwaren. Dazu findet in der VGR eine Korrektur der Werte aus der Aussenhandelsstatistik statt.
- Der Transithandel, d. h. der Handel mit Waren, die die Schweizer Grenze nie überqueren, aber den Eigentümer wechseln, wird aus dem gleichen Grund nicht mehr bei den Dienstleistungen sondern beim Warenhandel erfasst.
- Neu wird das Nichtwährungsgold (überwiegend Gold zur Wertaufbewahrung) im Aussenhandel erfasst, was die importierten und exportierten Goldmengen stark erhöht.



### 2.3.2 Aussenhandel mit Waren

#### *Physische Daten zum Warenhandel*

Für die Berechnung der import- und exportbedingten Umweltbelastungen werden die folgenden Datensätze bereitgestellt: Die importbezogenen Daten umfassen zwei Datensätze, die für die Modellierung der Warentransporte benötigt werden,

- Importe nach Gütergruppen und Herkunftsregionen und
- Importe nach Gütergruppen und Verkehrsmitteln bei Grenzübertritt.

Die exportbezogenen Daten umfassen

- Exporte nach Gütergruppen und Verkehrsmitteln.

Bei den Importen und Exporten von Waren werden 441 Gütergruppen unterschieden. Die Daten werden in der Güterklassifikation SITC 3<sup>5</sup> bereitgestellt, da diese bereits für die Zuordnung von Ökobilanzdaten zu Gütergruppen in der Pilotstudie verwendet wurde.

Für die Modellierung der Transporte in die Schweiz werden die folgenden Herkunftsregionen unterschieden:

- Europa (ohne Russland, inkl. Ukraine, Weissrussland und Türkei);
- Russland;
- Nordafrika und Mittlerer Osten;
- Übriges Afrika;
- Süd- und Zentralasien;
- Ostasien;
- Ozeanien;
- Nord- und Mittelamerika, Karibik;
- Südamerika.

Dabei werden die folgenden Transportmittel unterschieden:

- Eisenbahn;
- Lastwagen;
- Flugzeug;
- Pipeline;
- Schiff.

#### *Vorgehen*

Die Daten zum Import und Export von Waren stammen aus der Aussenhandelsstatistik der Eidgenössischen Zollverwaltung (EZV 2017). Für den Zeitraum 1996 bis 2015 liegen die benötigten Grunddaten in verschiedenen Güterklassifikationen vor. Zur Erstellung einer durchgehenden Zeitreihe in der Klassifikation SITC Rev. 3 sind daher eine Reihe von Schritten erforderlich. Diese werden im Technischen Bericht beschrieben.

Bezüglich der Herkunftsregionen der importierten Güter ist anzumerken, dass in der Aussenhandelsstatistik bis 2011 dasjenige Land als «Erzeugungsländ» registriert wurde, in dem das Produkt vor der Einfuhr in die Schweiz im freien Verkehr war (Fischer & Pfammatter 2013). Dieses muss nicht das Land sein, in dem das Produkt tatsächlich erzeugt wurde, sondern kann auch ein Land sein, in dem das Produkt in Verkehr gebracht wurde, bevor es in die Schweiz exportiert wurde. Wenn zum Beispiel Produkte eines chinesischen Unternehmens, die für die Schweiz bestimmt sind, zunächst in ein Zentrallager in Deutschland geliefert und von dort aus in die Schweiz exportiert wurden, so wurde Deutschland in der Aussenhandelsstatistik als Erzeugungsländ registriert und nicht China. Ab dem Bezugsjahr 2012 wird in der Statistik das «Ursprungsland» statt dem «Erzeugungsländ» ausgewiesen. Ersteres entspricht in der Regel dem Land, in dem die Ware überwiegend hergestellt wurde. Der Wechsel zum Ursprungslandprinzip zeigt, dass rund 5% der wertmässigen Importe, die bisher Europa zugerechnet wurden, effektiv aus Asien bzw. Amerika stammen (Fischer & Pfammatter 2013). Dennoch ist hinsichtlich der Herkunftsregionen mit einem methodisch bedingten Bruch zwischen 2011 und 2012 zu rechnen, der sich kaum vermeiden lässt. Da für die Jahre bis einschliesslich 2011 Daten nur nach dem Erzeugungsländprinzip vorliegen, werden die Transportdistanzen unterschätzt, auch wenn der Fehler nicht gravierend sein dürfte.

Gegenüber der letzten Studie zur Entwicklung der Gesamtumweltbelastung ergeben sich die folgenden Veränderungen:

- Nichtwährungsgold wird neu einbezogen aber separat, das heisst nicht als Teil des Konsums, ausgewertet,
- die Anpassung an die Totale der VGR zum Aussenhan-

5 SITC 3: Standard International Trade Classification, 3. Revision.

del führt zu einer Anpassung der physischen Import- und Exportmengen.

### 2.3.3 Aussenhandel mit Dienstleistungen

#### *Monetäre Daten zum Dienstleistungshandel*

In der Pilotstudie zur Gesamtumweltbelastung der Schweiz (Jungbluth et al. 2011) wurden die mit dem Dienstleistungshandel verbundenen Umweltauswirkungen geschätzt, indem die in der Input-Output-Tabelle (IOT) erfassten monetären Werte zu Dienstleistungsimporten und -exporten mit branchenspezifischen Umweltintensitäten verknüpft wurden. Zur Bestimmung der durch Dienstleistungsimporte und -exporte der Schweiz verursachten Umweltauswirkungen in der vorliegenden Studie werden monetäre Daten zum Dienstleistungshandel mit den Daten zur Umweltintensität aus der Pilotstudie verknüpft. Der in der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung erfasste Dienstleistungshandel umfasst dabei nicht nur den Handel mit Dienstleistungen, sondern zum Teil auch den Handel mit Waren. So werden zum Beispiel Einnahmen der Schweiz aus dem Fremdenverkehr als Dienstleistungsexport erfasst, obwohl die Ausgaben der Touristen auch in Waren wie z. B. Lebensmittel, Uhren oder Souvenirs fliessen.

Zum jährlichen Aussenhandel mit Dienstleistungen liegen deutlich weniger differenzierte Daten vor als zum Aussenhandel mit Waren, was eine Zuordnung zu Gütergruppen schwieriger macht. In der Zahlungsbilanz der Schweizerischen Nationalbank (SNB 2017) sind jährliche Daten für zwölf Dienstleistungskategorien verfügbar. Seit einer Revision der Zahlungsbilanz beginnt die Zeitreihe erst mit dem Jahr 2000. Zudem liegt vom Bundesamt für Statistik (BFS 2017a) das Total der Dienstleistungsimporte und -exporte ab dem Jahr 1996 vor. Das Total gemäss BFS liegt generell über dem Total gemäss SNB, was vor allem an einer unterschiedlichen Bewertung von Privatversicherungen liegt.

#### *Vorgehen*

Um den Dienstleistungshandel auf die 43 Gütergruppen der IOT zuzuordnen, werden die folgenden Schritte durchgeführt:

- Anpassung der SNB-Daten an die Totale des BFS: Im ersten Schritt werden die Daten der SNB mit den Daten des BFS harmonisiert, indem die Werte für den Handel mit Versicherungsleistungen angepasst werden.
- Schätzung der Werte für die Jahre 1996 bis 1999: Die Totale gemäss BFS werden mit Anteilen des Jahres 2000 auf die 12 Dienstleistungskategorien aufgeteilt.
- Zuordnung einzelner Dienstleistungskategorien zu den Gütergruppen der IOT: Für einige Dienstleistungskategorien ist eine Zuordnung zu Gütergruppen eindeutig möglich (z. B. für Bank- und Versicherungsdienstleistungen oder Forschung und Entwicklung). Lizenzerträge werden der Branche «Sonstige Unternehmensdienstleistungen» zugeordnet, auch wenn sie in verschiedenen Branchen des Industrie- und Dienstleistungssektors anfallen, da die Verwaltung von Lizenzen einen allgemeinen Dienstleistungscharakter hat. In der letzten Studie zur Entwicklung der Gesamtumweltbelastung (Frischknecht et al. 2014) waren Lizenz- und Patenterträge den jeweiligen Branchen zugeordnet worden, was zwar der ökonomischen Logik entspricht, aber vor allem bei Erträgen von Industriebranchen zu einer Überschätzung der Umweltbelastungen geführt hat, da diese mit den Umweltintensitäten der jeweiligen Industriebranchen bewertet wurden.
- Zuordnung der übrigen Kategorien zu den Gütergruppen der IOT: Bei den übrigen Kategorien ist eine grobe Zuordnung aufgrund der Bezeichnungen möglich (z. B. Personentransport). Die Zuordnung zu einzelnen Gütergruppen (z. B. Landverkehr, Schifffahrt und Luftverkehr) wird geschätzt, wobei weitere verfügbare Informationen sowie Daten aus der IOT 2008 (Nathani et al. 2011) verwendet werden. Bei den Einnahmen aus dem Tourismus (Export) werden zum Beispiel Daten aus dem Satellitenkonto Tourismus 2011 für die Aufteilung auf Gütergruppen herangezogen. Bei den Ausgaben für den Tourismus (Import) liegen vergleichbare Daten nicht vor. Hier werden Strukturdaten aus der IOT 2008 für die Aufteilung verwendet. Diese Zuordnung ist daher mit Unsicherheiten verbunden.
- Ergänzung des Transithandels: In der Zahlungsbilanz zählt der Transithandel neu zum Warenhandel, obwohl er eine Vermittlungsdienstleistung darstellt. Daher wird der Transithandel zur Gütergruppe der Grosshandelsleistungen umgebucht.

- Umrechnung in Preise von 2005: Schliesslich werden die Werte zum Dienstleistungshandel auf die Preisbasis 2005 umgerechnet, da sich die verwendeten Umweltintensitäten auf dieses Jahr beziehen. Da Preisindizes zum Aussenhandel mit Dienstleistungen nur lückenhaft vorhanden sind, werden diese inländischen Preisindizes auf Basis des amtlichen Produktionskontos des Bundesamtes für Statistik (BFS 2017a) abgeleitet, das die Bruttoproduktionswerte der einzelnen Branchen zu laufenden und zu Preisen des Vorjahres enthält.

Die Entsorgungsdienstleistungen wurden mit physischen Daten erfasst.

#### *Methodische Unterschiede zur letzten Studie*

Gegenüber der letzten Studie zur Entwicklung der Gesamtumweltbelastung ergeben sich die folgenden Veränderungen:

- Die Zahlungsbilanz wurde inzwischen revidiert und an das Europäische System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen (ESVG) 2010 angepasst. Dies führt zu erheblichen Unterschieden gegenüber den in der letzten Studie verwendeten Daten.
- Lizenzerträge im Aussenhandel werden nicht mehr auf Branchen aufgeteilt, sondern den «sonstigen Unternehmensdienstleistungen» zugeordnet. Dies verbessert die Berechnung der damit verbundenen Umweltbelastungen.

### **2.3.4 Ökobilanzdaten für den Warenhandel**

#### *Güterklassifikationssystem*

Der Warenhandel der Schweiz (Importe und Exporte von Waren, siehe Abschnitt 2.3.2) wird mit vorhandenen Ökobilanzdaten verknüpft (KBOB et al. 2016; treeze Ltd. 2017). Dafür werden die Umweltbelastungen pro Kilogramm importierter Ware einer SITC 2-Steller Kategorie abgebildet. Für die Modellierung wird die Zusammensetzung jeder SITC 2-Steller Kategorie mit den Anteilen der SITC 3-Steller berechnet, die mit geeigneten Ökobilanzdaten abgebildet werden. Wichtige Kategorien, für deren Produkte genügend detaillierte Ökobilanzdaten zur Verfügung stehen, werden mit Informationen zu SITC 4- oder SITC 5-Steller verknüpft. Details können dem Technischen Bericht (Frischknecht et al. 2018) ent-

nommen werden. Insgesamt werden auf diese Weise 65 Gütergruppen des Warenhandels für jedes Jahr individuell, jeweils unterteilt in Export und Import, abgebildet. In den folgenden Abschnitten hervorgehoben werden die Modellierungen der importierten fossilen Energieträger (SITC-Kategorien 32, 33, 34), von Kernbrennstoffen (in SITC-52, anorganische chemische Erzeugnisse, enthalten), von Strom (SITC-35) sowie von Edelmetallen (in den SITC-Kategorien 28, 68 und 97 enthalten).

#### *Fossile Energieträger und Kernbrennstoffe*

Die Importe und Exporte von Energieträgern werden mit Daten zu deren Verbrauch bzw. Produktion berechnet, um die Lagerhaltung von fossilen Brenn- und Treibstoffen sowie von Kernbrennstoffen auszuschliessen. Für die Bestimmung der Herkunftsregionen sowie der Transportmittel beim Import und Export wurden Daten aus der Aussenhandelsstatistik verwendet. Als Grundlage für die Berechnung der Import- und Exportmengen von Energieträgern dienten die Gesamtenergiestatistik (BFE 2016b) sowie die Energieeinsatzkonten der Haushalte und der Wirtschaft (BFS 2017b). Die Umrechnung dieser Daten zur Erstellung einer Zeitreihe der Import- und Exportmengen einzelner fossiler Energieträger nach dem Inlandsprinzip ist im Technischen Bericht ausführlich beschrieben (Frischknecht et al. 2018). Die Importmengen von Kernbrennstoffen in SITC-52 werden entsprechend der jährlichen Stromproduktion der Kernkraftwerke in der Schweiz und dem spezifischen Uranbedarf pro Kilowattstunde Strom modelliert (BFE 2016a; KBOB et al. 2016). Die Aufbereitung der verbrauchten Kernbrennstäbe im Ausland wird als Dienstleistung, welche die Schweiz einkauft, betrachtet. Daher wird die Aufbereitung im Ausland unter SITC-52 als Import verbucht.

#### *Strom*

Für die Berechnung der importierten und exportierten Strommenge sowie der technologischen Zusammensetzung des gehandelten Stroms werden unter Berücksichtigung der verfügbaren Daten zwei verschiedene Ansätze kombiniert. Für die Jahre 1996 bis 2004 werden die Stromimporte und -exporte basierend auf der Elektrizitätsstatistik modelliert (BFE 2016a). Die Stromimporte aus den Nachbarländern der Schweiz sowie aus übrigen Ländern sind in der Elektrizitätsstatistik separat ausgewiesen. Die Zusammensetzung des importier-

ten oder exportierten Stroms wird für die Jahre 1996 bis 2004 mit dem Produktionsstrommix des entsprechenden Landes angenähert. Ab 2005 werden die Menge und die technologische Zusammensetzung des gehandelten Stroms mit der Cockpit Stromkennzeichnung Schweiz von Swissgrid (2016) ermittelt. Die Stromkennzeichnung enthält die Anteile der einzelnen Stromerzeugungstechnologien sowie die Aufteilung in inländische und ausländische Produktion des in der Schweiz verbrauchten Stroms. Mit zusätzlichen Daten der Elektrizitätsstatistik (BFE 2016a) zum Landesverbrauch und zur Stromerzeugung von Schweizer Kraftwerken werden für die Jahre ab 2015 die gehandelte Strommenge berechnet und die Zusammensetzung des Stromimportmixes und des Stromexportmixes ermittelt. In den Jahren 2006, 2008, 2010 und 2012, für die in der Cockpit Stromkennzeichnung Schweiz von Swissgrid keine Daten verfügbar sind, wird der Stromhandel interpoliert.

#### *Edelmetallhandel*

Die SITC-Kategorien 28, 68 und 97 enthalten Edelmetallerze und -konzentrate, Nichteisenmetalle beziehungsweise nicht monetäres Gold. Gold, welches zu rein monetären Zwecken gehandelt wird, ist in der Aussenhandelsstatistik nicht erfasst und wird von der Modellierung ausgeschlossen. Beim Handel von anderen Edelmetallen, insbesondere Platin und Palladium, ist es nicht möglich, zwischen der Verwendung zur materiellen Verarbeitung (z. B. in der Uhren- und Schmuckindustrie) und zu monetären Zwecken (z. B. Spekulation oder Wertaufbewahrung) zu unterscheiden. Zudem ist in Zürich eine der beiden physischen Handelsplattformen für Platin und Palladium der Welt ansässig. Diese Organisation führt aber keine Statistik zu den Handelsvolumina.<sup>6</sup>

Der Handel von Silber, Gold, Platin und Palladium kann aufgrund der hohen spezifischen Umweltbelastungen bei deren Abbau und Raffination die Gesamtumweltbelastungen des Aussenhandels wesentlich beeinflussen. Um diese reine Handelsaktivität mindestens teilweise zu berücksichtigen, werden die Import- und Exportmengen von nicht monetärem Gold und Silber sowie von Platin und Palladium (SITC 971 und 681.2) in eine separate Bilanz ausgelagert, da sie vor allem als Wertanlage gehandelt

und nicht konsumiert werden. Sie sind also in der Konsumperspektive nicht enthalten. Deren Umweltfussabdruck wird in ausgewählten separaten Auswertungen gezeigt.

#### **2.3.5 Ökobilanzdaten für den Dienstleistungshandel**

Der Dienstleistungshandel der Schweiz (Importe und Exporte von Dienstleistungen, siehe Abschnitt 2.3.3) wird mit vorhandenen Sachbilanzdaten der 43 verschiedenen Dienstleistungssektoren aus der Pilotstudie (Jungbluth et al. 2011) verknüpft. Die Umweltbelastungen werden pro CHF importierte und exportierte Dienstleistung (teuerungskorrigiert) bezogen auf das Referenzjahr 2005 abgebildet.

#### *Nicht berücksichtigte indirekte Umweltbelastungen*

Die Umweltintensitäten der Dienstleistungen beinhalten direkte Umweltbelastungen bei der Bereitstellung der Dienstleistungen sowie in deren Lebenszyklus ausgelöste Umweltbelastungen. Indirekte Umweltbelastungen, die mit bestimmten Dienstleistungen verbunden sein können, sind nicht berücksichtigt, weil diese ausserhalb der Systemgrenzen der Konsumperspektive stattfinden. So organisieren in der Schweiz angesiedelte Rohstoffhandelsfirmen den Handel mit Rohstoffen zwischen Drittstaaten. Die mit der Gewinnung und Verarbeitung dieser Rohstoffe verbundenen Umweltbelastungen werden gemäss Konsumperspektive nicht der Schweiz, sondern den Endkonsumenten dieser Rohstoffe in den Importländern angerechnet.

Analog werden Umweltbelastungen, die durch die Verwendung von Finanzmitteln induziert werden können (z. B. für die Finanzierung von Bergbauprojekten), nicht den Finanzdienstleistungen zugeordnet.

Für alle Dienstleistungssektoren ausser Entsorgungsdienstleistungen (G90) werden für die importierten und exportierten Dienstleistungen dieselben Umweltintensitäten angenommen, da keine detaillierten Sachbilanzdaten zur Umweltintensität der ausländischen Dienstleistungssektoren verfügbar sind.

#### *Entsorgungsdienstleistungen*

Einen Sonderfall in der Modellierung stellt der Import von Entsorgungsdienstleistungen dar (G90). Dieser wird

<sup>6</sup> Persönliche Mitteilung, Margaret Davis, Secretary, London Platinum and Palladium Market (www.lppm.com), 1. Juli 2013.

nicht über monetäre Einheiten, sondern über physikalische Einheiten modelliert. Die Sonderabfallstatistik (BAFU 2016b) und der Abfallwirtschaftsbericht (Hügi et al. 2008) ermöglichen eine Berechnung der Zeitreihe von exportierten Sonderabfällen. Bei diesem physikalischen Export handelt es sich aber in der Tat um den Import einer Entsorgungsdienstleistung. Deshalb wird die jährliche im Ausland entsorgte Menge an Sonderabfällen mit dem Dienstleistungssektor Entsorgungsdienstleistungen (G90) verknüpft. Da die Entsorgungsdienstleistungen über physikalische Grössen quantifiziert werden, kann dieser Dienstleistungssektor präziser modelliert werden.

## 2.4 Sachbilanz

### 2.4.1 Datengrundlage und Methodik

*ecoinvent v2 bildet die methodische Grundlage*

Die in der vorliegenden Studie verwendeten und erstellten Sachbilanzen wurden gemäss den methodischen Grundlagen des ecoinvent Datenbestands Version 2.2 (ecoinvent Centre 2010) erstellt. Im Hintergrund werden die KBOB Ökobilanzdaten DQRv2:2016 (KBOB et al. 2016) verwendet, welche auf dem vorgenannten Datenbestand basieren. Der KBOB Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2016 wurde mit den aktualisierten Daten zu Transportleistungen (Frischknecht et al. 2016) und zu den Schweizer Strommischen 2014 (Messmer & Frischknecht 2016) ergänzt. Zudem konnten für viele der importierten Nahrungsmittel Daten der World Food Life Cycle Inventory Database verwendet werden (Nemecek et al. 2015), die in den KBOB Ökobilanzdatenbestand eingebettet wurden. Verbleibende Lücken in den KBOB Ökobilanzdaten wurden mit Sachbilanzdaten der firmeneigenen Ökobilanzdatenbank gefüllt (treeze Ltd. 2017). Zudem wurden für diese Studie etliche Ökobilanzdaten angepasst, indem bestehende Daten im Hinblick auf die Zielsetzung der Studie mit länderspezifischen Land- und Wasserflüssen ergänzt wurden.

### 2.4.2 Regionalisierte Sachbilanzdaten

*Regionenspezifische Sachbilanzdaten*

Die Material- und Energieeffizienz sowie die Umweltauswirkungen der Produktion von Halbfabrikaten und

Konsumgütern ausserhalb Westeuropas sind oftmals nicht bekannt. In vielen Fällen basieren die Ökobilanzen deshalb auf Daten, welche westeuropäische Verhältnisse widerspiegeln. Ausnahmen bilden land- und forstwirtschaftliche Produkte, Kraftwerke, ausgewählte Metalle wie Kupfer, Platingruppenmetalle, Phosphor sowie Energieträger (Steinkohle, Braunkohle und Uran). In diesen Fällen wurden länderspezifische Datensätze abgeschätzt beziehungsweise erstellt. Das dabei gewählte Vorgehen wird nachstehend beschrieben.

*Regionalisierung der Importe land- und forstwirtschaftlicher Produkte*

Pro Warengruppe wurden die mengenmässig bedeutendsten landwirtschaftlichen Produkte und die Hauptimportländer für den betrachteten Zeitraum identifiziert. Für diese bedeutenden Produkte wurden länderspezifische Sachbilanzdaten erstellt, indem der länderspezifische Ertrag eingesetzt und die Landnutzung, die Bewässerung und ein allfälliger Strombedarf länderspezifisch abgebildet wurden. Die Produktionsweise (beispielsweise Maschinen-, Dünger- und Pestizideinsatz) wurde nicht länderspezifisch modelliert. Die Importe der übrigen landwirtschaftlichen Produkte wurden mit generischen Daten abgebildet.

Bei importierten verarbeiteten landwirtschaftlichen Produkten wie beispielsweise Fertigmilch wurden die wichtigsten Produktionsländer dieser Produkte identifiziert und für die Hauptzutaten Sachbilanzdaten der jeweiligen Produktionsländer eingebettet. Analog wurden für importierte tierische Produkte länderspezifische Sachbilanzdaten für die eingesetzten Hauptfuttermittel verwendet. Eine Ausnahme dazu bildet das in Futtermitteln verwendete Soja, welches in den meisten europäischen Ländern mit Viehzucht nicht selbst angebaut, sondern importiert wird. Für Soja in Futtermitteln wird der globale Produktionsmix gemäss WFLDB (Nemecek et al. 2015) berücksichtigt.

Die Importe der forstwirtschaftlichen Produkte (Holz und Holzwerkstoffe, Papier) wurden in analoger Weise regionalisiert.

### *Regionalisierung der Exporte land- und forstwirtschaftlicher Produkte*

Bei den Exporten landwirtschaftlicher Produkte wurden die bei der Herstellung erforderlichen importierten Rohstoffe länderspezifisch modelliert. Bei Produkten wie Käse handelt es sich dabei um die importierten Futtermittel, bei Kaffee um die importierten grünen Kaffeebohnen und bei Schokolade um die importierten Kakaobohnen beziehungsweise die importierte Kakaobutter. In den Sachbilanzdaten der entsprechenden Exporte wurde der über die Zeitreihe variierende Herkunftsmix dieser importierten landwirtschaftlichen Rohstoffe verwendet.

### *Regionalisierung der Sachbilanzdaten zu weiteren ausländischen Rohstoffen und Energieträgern*

Neben den Sachbilanzdaten zu land- und forstwirtschaftlichen Gütern wurden weitere Sachbilanzdaten regionalisiert, die in Bezug auf Land- und Wassernutzung bedeutend sind. Diese Sachbilanzdaten repräsentieren zwar bereits ein bestimmtes Land oder eine bestimmte Region, beispielsweise den Erzabbau in Südafrika. Die Wasser- und Landnutzung waren jedoch noch unspezifisch modelliert. Die folgenden Sachbilanzdaten wurden regionalisiert:

- Die Erzeugung von Strom mit Speicherwasserkraftwerken wurde länderspezifisch modelliert, weil die Evaporation aus Speicherseen eine bedeutende Quelle verbrauchender Wassernutzung ist.
- Der Abbau und die Veredelung von Erzen zur Gewinnung von Edelmetallen, Kupfer, Phosphor, sowie der Abbau von Steinkohle, Braunkohle und Uran wurden ebenfalls regionalisiert modelliert. Neben der Wasser- und Landnutzung wurde hier auch der Strombedarf länderspezifisch beziehungsweise regionenspezifisch modelliert.

### *Zeitabhängige Sachbilanzdaten bei Strom und ausgewählten landwirtschaftlichen Produkten*

Die Sachbilanzdaten (Energie- und Materialeffizienz sowie Emissionen von Herstellungsprozessen) werden über den Zeitraum 1996 bis 2015 als konstant angenommen (vgl. nachfolgender Abschnitt 2.4.3). Eine Ausnahme bildet der europäische Strommix, für den jährlich differenzierte Sachbilanzdaten verwendet werden. Zudem wird bei den Sachbilanzen zu ausgewählten, in der Schweiz hergestellten und exportierten landwirtschaft-

lichen Produkten der sich über die Zeitreihe sich verändernde Importmix der Rohstoffe berücksichtigt.

### *Regionenspezifische Logistik*

Die Transporte in die Schweiz werden mithilfe von Datensätzen zu regionenspezifischen Transportketten modelliert (siehe Unterkapitel 2.6). In Kombination mit den Jahresangaben zur Herkunft der importierten Güter sind die Transporte somit als Zeitreihe modelliert.

## **2.4.3 Berücksichtigung der technischen Entwicklung**

### *Verwendete Datengrundlage kann mögliche Effizienzsteigerungen in den ausländischen Lieferketten nicht abbilden*

Die in der Zeitreihe 1996 bis 2015 verwendeten Sachbilanzen beschreiben einen bestimmten technischen Stand. Es war im Rahmen dieser Studie mit Ausnahme der europäischen Strommix-Zusammensetzung und einzelner bedeutender Schweizer Exportprodukte wie Käse und Schokolade nicht möglich, neben der Regionalisierung der Bilanzen auch die technische Entwicklung abzubilden. Somit kann die in dieser Studie verwendete TRAIL Methode mögliche Steigerungen der Umwelteffizienz nicht abbilden. Dies kann dazu führen, dass die ausländische Umweltbelastung in den ersten Jahren der Zeitreihe eher unter-, diejenige der späten Jahre eher überschätzt ist. Dies gilt in erster Linie für den Treibhausgas-Fussabdruck und den Luftverschmutzungs-Fussabdruck. Die methodische Vereinfachung hat deutlich weniger Einfluss auf den Biodiversitäts-, den Eutrophierungs- und den Wasser-Fussabdruck.

## **2.5 Umweltindikatoren**

Aus der Sachbilanz können im nächsten Schritt verschiedene Fussabdruck-Indikatoren errechnet werden. Einerseits ist es wichtig, eine Gesamtsicht über die verursachte Umweltbelastung und den Ressourcenverbrauch zu erhalten (Abschnitt 2.5.1). Andererseits ist es wichtig, ausgewählte Umweltaspekte vertieft zu analysieren (Abschnitt 2.5.2).

### 2.5.1 Gesamtumweltbelastung: Vollaggregierende Bewertungsmethoden

Die Gesamtumweltbelastung von Konsum und Produktion der Schweiz wird mit den folgenden vollaggregierenden Bewertungsmethoden quantifiziert:

#### *Methode der ökologischen Knappheit 2013*

- UBP-Methode 2013: Die Methode orientiert sich an gesetzlich oder politisch festgelegten Umweltzielen der Schweiz (distance to target), bewertet Ressourcenentnahmen (Energie, Primärressourcen, Wasser, Land), Schadstoffeinträge in Luft, Wasser und Boden, Abfälle und Lärm (Frischknecht & Büsser Knöpfel 2013). Sie wird von zahlreichen Schweizer Unternehmen eingesetzt. In dieser Studie werden die Umweltbelastungspunkte (UBP) ausgewiesen als Total sowie aufgeteilt in die 8 Umweltbereiche Klimawandel, Ozonschichtabbau, Luftqualität, Wasserqualität, Wasser (Ressource), Bodenqualität, Boden (Biodiversitäts-Schadenspotenzial durch Landnutzung und deponierte Abfälle), abiotische Ressourcen und Lärm. In dieser Studie wurden drei Aspekte umgesetzt, die in der gängigen Implementierung der Methode nicht enthalten sind: Die Landnutzung und der Wasserverbrauch werden mit länderspezifischen Ökofaktoren und nicht mit einem Durchschnitt bewertet und die indirekten Erwärmungseffekte von stratosphärischen Emissionen von Flugzeugen sind berücksichtigt (siehe Abschnitt 2.4.5 im technischen Bericht, Frischknecht et al. 2018). Die Methode wird auch Methode der Ökologischen Knappheit (UBP-Methode) bzw. Ecological Scarcity Method genannt. Die Gewichtung wird über den jeweils dargestellten Zeitraum hinweg konstant gehalten.

#### *ReCiPe 2008*

- ReCiPe: Eine weit verbreitete, an der Universität Leiden (Niederlande) entwickelte Methode zur Analyse von Umweltschäden. Auch mit dieser Methode können die verschiedenen Arten von Umweltauswirkungen in einer Zahl zusammengefasst werden. Dabei wird der Schaden an den Schutzgütern menschliche Gesundheit, Ökosystemqualität und Ressourcenverbrauch quantifiziert. Spezifikationen: 2008, H/A<sup>7</sup>, Langzeitemissionen (z. B. aus Reaktordeponien oder

Bergehalten) wurden nicht berücksichtigt (Goedkoop et al. 2009).

#### *Ökologischer Fussabdruck*

- Ökologischer Fussabdruck: Der offizielle «Ökologische Fussabdruck» wird vom Global Footprint Network (GFN) mit einer proprietären Datenbasis erhoben. Im Rahmen der vorliegenden Studie wird er mit der hier verwendeten Datengrundlage modelliert, um den Einfluss der Datengrundlage auf die Resultate zu eruieren. Dieser Indikator fasst die direkte Landnutzung, den Wildfang von Fisch und die zur Kompensation der fossilen CO<sub>2</sub>-Emissionen (theoretisch) erforderlichen Waldflächen in einer Zahl zusammen. Dies kann mit der weltweit oder in der Schweiz pro Person zur Verfügung stehenden Fläche (Biokapazität) verglichen werden. Spezifikationen: aktuelle Äquivalenz- und Erntefaktoren gemäss GFN und deren Bilanz Schweiz 2017 (Frischknecht 2016b; Global Footprint Network 2017).

#### *ILCD 2011*

- ILCD 2011: Das Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission erarbeitet Richtlinien und Empfehlungen für Produkt- und Unternehmens-Ökobilanzen. Die Normalisierungs- und Gewichtungsfaktoren der ILCD-Methode wurden gegenüber der Vorgängerstudie aktualisiert. Neu werden mit Ausnahme der Effekte von ionisierender Strahlung auf Ökosysteme alle Umweltauswirkungen berücksichtigt. Die verwendeten Normierungsflüsse pro Person gelten für die EU-27. Alle berücksichtigten Umweltauswirkungen werden in ILCD 2011 gleich gewichtet. Spezifikationen: EU-27 *equal weighting*, Langzeitemissionen nicht berücksichtigt (European Commission 2013; Benini et al. 2014).

### 2.5.2 Thematische Fussabdrücke: Indikatoren für Umweltbereiche

Neben der Gesamtsicht werden die Ergebnisse für die folgenden sieben Umweltbereiche mit passenden Teilindikatoren aufbereitet:

#### *Treibhausgas-Fussabdruck*

Klimawandel (Treibhausgas-Fussabdruck): Die Klimawirksamkeit der Treibhausgase wird mit den Treibhauspotenzialen (Global Warming Potential, GWP) gemäss

7 H/A: zugrundeliegende Perspektive: Hierarchist/Average

4. Sachstandbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change ausgedrückt (CO<sub>2</sub>-Äquivalente gemäss IPCC 2007). Zusätzlich wird ein Indikator berechnet, welcher neben den im Rahmen der Klimakonvention und dem Kyoto-Protokoll geregelten Treibhausgasen («Kyoto-Substanzen») auch die Ozonschicht abbauenden Substanzen berücksichtigt. Spezifikationen: GWP 100a gemäss IPCC (2007). Die zusätzlichen Erwärmungseffekte der stratosphärischen Emissionen von Flugzeugen sind berücksichtigt. Die Berechnung der entsprechenden Charakterisierungsfaktoren ist im Technischen Bericht beschrieben (Frischknecht et al. 2018).

#### *Biodiversitäts-Fussabdruck*

Biodiversitätsverlust durch Landnutzung (Biodiversitäts-Fussabdruck): Die Landnutzung hat einen grossen Einfluss auf die Biodiversität und den Artenverlust. Der verwendete Indikator Artenverlustpotenzial (Chaudhary et al. 2016) quantifiziert das langfristig zu erwartende Verlustpotenzial von Arten (Wahrscheinlichkeit eines unwiderruflichen Aussterbens) bei Lurchen, Kriechtieren, Vögeln, Säugetieren und Pflanzen durch die Nutzung einer Fläche als Ackerland, Dauerkultur, Weide, intensiv genutzten Wald, extensiv genutzten Wald oder Siedlungsgebiet. Das durch eine bestimmte Nutzung einer Fläche verursachte Verlustpotenzial wird bestimmt im Vergleich zur Artenvielfalt des natürlichen Zustands der Fläche in der betreffenden Region.

Der Indikator berücksichtigt die Verletzlichkeit von Arten und gewichtet endemische Arten höher als Arten, die verbreitet vorkommen. Er rechnet den regionalen Rückgang von verbreitet vorkommenden Arten und das globale Aussterben endemischer Arten in «komplett ausgestorbene Arten» um und fasst damit, ähnlich wie bei den Treibhausgasen die Einheit «kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente», eine unterschiedliche Wirkungsintensität in einem Indikator zusammen. Der Biodiversitäts-Fussabdruck wird in Äquivalenten potenziell global verschwundener Arten-Jahre pro Million bzw. Billion Arten (Mikro bzw. Piko-PDF-a) ausgedrückt. Damit unterscheidet sich das Vorgehen grundlegend von jenem der Roten Listen<sup>8</sup>; letztere führen die heute bedrohten Arten in der Schweiz auf.

Der Biodiversitäts-Fussabdruck deckt die Hauptursache für den Artenverlust, die Landnutzung, ab. Weitere Treiber für Biodiversitätsverluste wie z. B. Klimawandel sowie Stickstoff- und Pestizideintrag sind nicht berücksichtigt.

Dieser Indikator wurde von der UNEP SETAC Life Cycle Initiative als derzeit bester, verfügbarer Indikator für eine Übergangszeit empfohlen («interim recommendation», Chaudhary et al. 2015; Chaudhary et al. 2016; Frischknecht & Jolliet 2017).

#### *Eutrophierungs-Fussabdruck*

Überdüngung (Eutrophierungs-Fussabdruck): Der Eintrag von Stickstoff in die Umwelt verursacht eine grosse Bandbreite von Problemen. Das augenscheinlichste davon ist marine Eutrophierung («Überdüngung»): Dieser Indikator quantifiziert die Menge an Stickstoff, welche potenziell über die Emission von Stickstoffverbindungen in Wasser, Luft und Boden in die Ozeane gelangt und dort zur Überdüngung beiträgt (Goedkoop et al. 2009). Die Stickstoff-Mengen werden dabei gemäss ihrem marinen Eutrophierungs-Potenzial berücksichtigt (kg N-Äquivalente).

#### *Luftverschmutzungs-Fussabdruck*

Feinstaub (Luftverschmutzungs-Fussabdruck): Das Ausmass der Luftverschmutzung hat einen grossen Einfluss auf die Gesundheit und somit das Wohlbefinden der Bevölkerung. Die Luftverschmutzung wird mit primären und sekundären Partikeln und den damit verbundenen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, wie Atemwegserkrankungen, beschrieben (Goedkoop et al. 2009). Die Emissionen der Feinstaub-Vorläufersubstanzen NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> und NH<sub>3</sub> werden dabei gemäss ihrem Potenzial Feinstaub zu bilden zu den direkten Emissionen von Feinstaub dazugezählt (kg PM10-Äquivalente).

#### *Wasser-Fussabdruck*

Wassernutzung (Wasser-Fussabdruck): Beschreibt wie stark die Schweiz die globale Ressource (Süss)Wasser beansprucht, unter Berücksichtigung der in den Produktionsregionen vorherrschenden Wasserknappheit. Dies wird mit dem von der UNEP SETAC Life Cycle Initiative empfohlenen Wasserknappheits-Indikator AWARE abgebildet (Boulay et al. 2017). Spezifikationen: verbrauchende Wassernutzung, unspezifische (sowohl landwirtschaftliche als auch industrielle) Aktivität.

<sup>8</sup> Die Roten Listen führen auch Arten auf, die in der Schweiz ausgestorben, vom Aussterben bedroht, stark gefährdet, oder verletzlich sind.



### Energie-Fussabdruck

Primärenergie (Energie-Fussabdruck): Die Bereitstellung von Endenergie benötigt selbst Energie. Energie wird benötigt, um die Energie zu gewinnen, umzuwandeln, zu raffinieren, zu transportieren und zu verteilen, sowie bei allen Vorgängen, die erforderlich sind, um die Energie dem Gebäude oder dem Fahrzeug, das sie verbraucht, bis zum Bilanzperimeter zuzuführen. Der Primärenergieaufwand (auch kumulierter Energieaufwand, KEA) widerspiegelt den Input an Primärenergieressourcen (Erdgas, Rohöl, Steinkohle, Braunkohle, Uran, Biomasse, Wasserkraft etc.), welche für die Bereitstellung der Endenergie (Brennstoffe, Treibstoffe, Strom, Fernwärme) nötig sind, inklusive Energieinhalt der Brenn- und Treibstoffe. In dieser Studie wird der nicht erneuerbare (fossile und nukleare Energieträger) und der erneuerbare Primärenergieaufwand gezeigt, gemäss Frischknecht et al. (2007b, 2015c).

### Material-Fussabdruck

Rohstoffe (Material-Fussabdruck, RMC): Der Material-Fussabdruck quantifiziert den durch die inländische Endnachfrage eines Landes verursachte Rohstoffverbrauch im In- und Ausland. Für die Quantifizierung des Material-Fussabdrucks wird die gesamte Menge an Materialien, die für die Herstellung eines Produktes benötigt wird, berücksichtigt, also nicht bloss das Produkt selbst. Jede Rohstoffentnahme wird dementsprechend mit einem Rohstoffäquivalent (RÄ, Menge Erz pro kg Metall, 95,8 kg Erz pro kg Kupfer) multipliziert. Die RÄ-Faktoren für Erze basieren auf Angaben aus Schoer et al (2012). Der Material-Fussabdruck der Schweiz wird vom BFS gemäss der Methode des statistischen Amtes der Europäischen Union (Eurostat) erhoben und in die Kategorien Erze, (nicht metallische) Mineralien, fossile Energieträger und Biomasse aufgeteilt (BFS 2015a). Im Rahmen der vorliegenden Studie wird der Material-Fussabdruck mit den hier verwendeten Daten modelliert, um den Einfluss von Methode und Datengrundlage auf die Resultate zu eruieren.

## 2.6 Transport

### 2.6.1 Verkehrsmittel beim Grenzübertritt

Aus der Aussenhandelsstatistik sind für jede Gütergruppe die Herkunftsregion und das Transportmittel beim Grenzübertritt bekannt. Die per Flugzeug importier-

ten Güter werden direkt in die Schweiz importiert. Alle übrigen Güter werden zunächst nach Europa transportiert und danach von Europa in die Schweiz importiert. Das für den Grenzübertritt verwendete Transportmittel (Europa – Schweiz) wird über die Aussenhandelsstatistik direkt pro Gütergruppe erfasst (vgl. Abschnitt 2.3.2). Die hierfür eingesetzten Distanzen sind in Tabelle 2 gezeigt. Der Export wird für alle Transportmittel mit einer Distanz von 200 km gerechnet. Dies entspricht dem Transport bis zur Schweizer Grenze. Die Vorkette der Transporte (d. h. Transportkette bis nach Europa) wird spezifisch für 9 Herkunftsregionen modelliert (siehe folgende Abschnitte 2.6.2 und 2.6.3).

Tabelle 2

Transportdistanzen für den Güterimport und -export bei Grenzübertritt

Transportmittel	Importe Distanz in km	Exporte Distanz in km
Lastwagen	700	200
Bahn	700	200
Binnenschiff	700	200
Pipeline	500	200
Flugzeug	regionenabhängig	200

### 2.6.2 Distanzen internationaler Transportketten

Viele Güter werden per Hochseeschiff oder Flugzeug nach Europa transportiert, umgelagert und per Zug oder Lastwagen in die Schweiz verfrachtet. Mit welchen Transportmitteln und über welche Distanzen diese Güter nach Europa transportiert werden (d. h. die Vorkette der Transporte bis nach Europa), ist nicht bekannt. Pro Herkunftsregion wird daher ein allgemein gültiger Transportdatensatz modelliert, welcher mit den einzelnen Gütergruppen verknüpft wird.

Einerseits erfahren die Güter im Herstellungsland einen Zuliefertransport zum Exporthafen (Frachthafen oder Flughafen) und andererseits den internationalen Transport mittels Güterzug, Lastwagen, Frachtschiff oder -flugzeug in die Schweiz.

### Schiffstransport

Für den Schiffstransport wird aufgrund des Umschlagsvolumens angenommen, dass 70% der importierten

Güter via Rotterdam und 30 % via Marseille nach Europa gelangen. Es wird pro Region eine repräsentative Hafendestination ermittelt. Die durchschnittliche, gewichtete Transportdistanz nach Rotterdam bzw. Marseille wird dann für die gesamte Herkunftsregion verwendet. Die Binnenschifffahrt wird von Rotterdam nach Basel modelliert (siehe Tabelle 3).

#### *Flugtransport*

Pro Region wird ein repräsentativer Frachtflughafen gewählt und die Distanz in die Schweiz ermittelt. Es wird angenommen, dass diese Distanz für die ganze Region repräsentativ ist. Die Transportdistanzen und die Ausgangsflughäfen für den Transport per Flugzeug sind in Tabelle 3 aufgeführt.

#### *Strassen- und Schienentransport*

Es wird davon ausgegangen, dass nur die Regionen Europa, Russland und Nordafrika/Mittlerer Osten Waren direkt per Güterzug oder Lastwagen nach Europa transportieren. Für die Regionen Europa, Russland und Nordafrika/Mittlerer Osten wird LKW- resp. Zugtransport sowohl im interkontinentalen Transport als auch für die Zulieferung zum Hafen/Flughafen verbucht (siehe Tabelle 3). Die übrigen Regionen enthalten Strassen- und Schienentransport nur als Zuliefertransport zum Exporthafen (siehe Tabelle 3).

### **2.6.3 Verkehrsmittelanteile Zulieferung und internationale Transportketten**

Für die Abschätzung der mittleren Distanz pro Transportmittel und Region werden Daten der Eurostat Datenbank von 1999 bis 2015 verwendet (EUROSTAT 2017). Die Datenbank gibt Auskunft über die importierte Gütermenge und die Transportmittel beim Grenzübertritt. Stellvertretend für jede Region wird für ein Land die Importstatistik nach Europa (EU27<sup>9</sup>) ausgewertet. Die folgende Tabelle 3 zeigt, welcher Anteil der Gesamtdistanz den einzelnen Transportmitteln angerechnet wird. Daraus kann die zurückgelegte Distanz pro Transportmittel und Region berechnet werden. Die so ermittelten regionenspezifischen Werte werden für die gesamte Zeitreihe 1996 bis 2015 verwendet.

<sup>9</sup> EU 27 umfasst die folgenden Länder: AT, BE, BG, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LT, LU, LV, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK (EUROSTAT 2013)

Die Regionen Europa, Russland und Nordafrika / Mittlerer Osten transportieren ihre Güter grösstenteils per Strasse, Bahn oder auf dem Wasserweg nach Europa. Die Regionen Übriges Afrika, Süd- und Zentralasien, Ostasien, Ozeanien, Nord- und Mittelamerika sowie Südamerika exportieren ihre Güter ausschliesslich per Frachtschiff oder per Flugzeug.

## **2.7 Konsumbedingte Umweltbelastungen im In- und Ausland**

Die Ergebnisse werden einerseits differenziert nach Umweltbereichen dargestellt. Andererseits werden die Anteile der konsumbedingten Umweltbelastung im Inland sowie im Ausland abgeschätzt. Eine Quantifizierung dieser Aufteilung ist mit dem hier verwendeten einfachen Ansatz (d. h. ohne Input-Output-Tabellen) nur näherungsweise möglich.

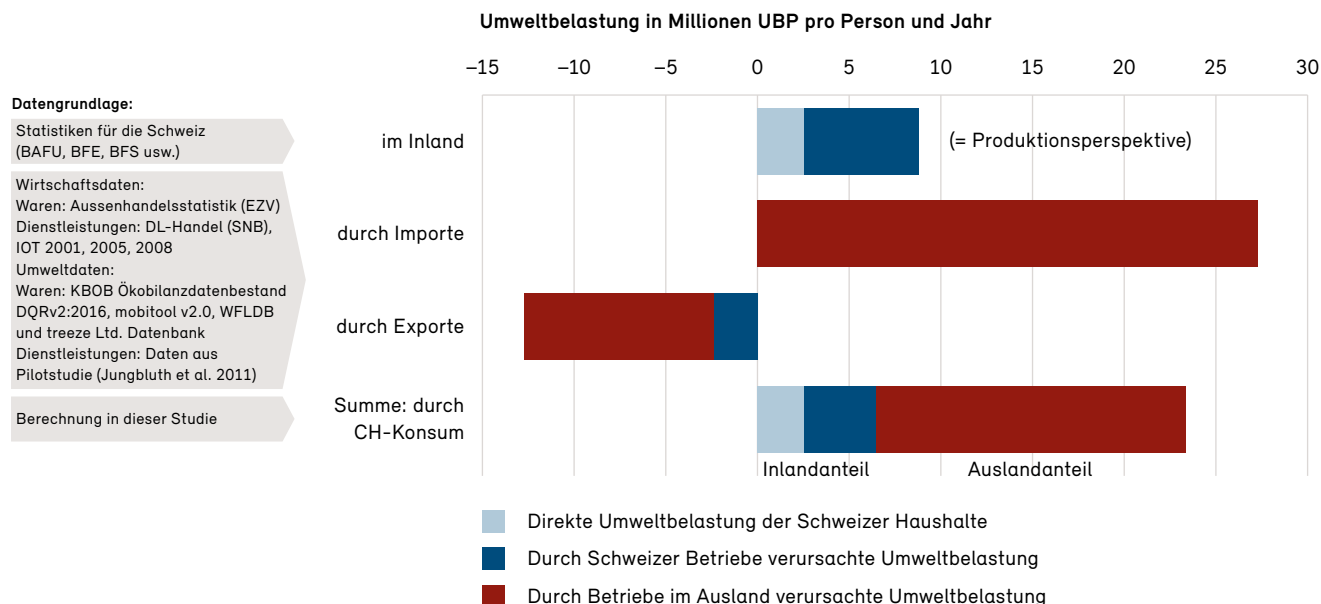
#### *Berechnung des Inlandanteils an der Gesamtumweltbelastung*

Die Abschätzung des Inlandanteils der Gesamtumweltbelastung basiert auf der folgenden vereinfachenden Annahme: die exportierte Umweltbelastung weist die gleichen Anteile aus inländischer Umweltbelastung der Wirtschaft und Umweltbelastung durch Importe auf wie der Gesamtkonsum in der Schweiz. Die den Schweizer Haushalten zugeordneten inländischen Emissionen und Ressourcenverbräuche sind separat verbucht und damit als Teil der inländischen, konsumbedingten Umweltbelastung identifiziert. Die restlichen Emissionen und Ressourcenverbräuche der Schweiz sind der Wirtschaft zugeordnet. Der Inlandanteil der durch Importe und die Wirtschaft verursachten konsumbedingten Umweltbelastungen wurde analog zur Vorgängerstudie (Friskhnecht et al. 2014) mit einem vereinfachenden Ansatz geschätzt. Dazu wurde zunächst der Anteil der Umweltbelastungen der Exporte an den Umweltbelastungen der Schweizer Wirtschaft und der Importe berechnet.<sup>10</sup> Die Umweltbelastungen der Wirtschaft wurden dann mit diesem Anteil

<sup>10</sup> Zahlen-Beispiel: importbedingte Emissionen: 75; der Wirtschaft zuzuordnende inländische Emissionen: 25; den Haushalten zuzuordnende inländische Emissionen: 35; exportierte Emissionen: 40; Inlandanteil der exportierten Emissionen:  $\frac{1}{4}$  ( $25/(75 + 25)$ ), also 10; konsumbedingte Emissionen:  $25 + 35 + 75 - 40 = 95$ . Inlandanteil der konsumbedingten Emissionen:  $35 + (25 - 10) = 50$ ; Auslandanteil der konsumbedingten Emissionen:  $75 - (40 - 10) = 45$ .

Abbildung 3

Anteile der konsumbedingten Umweltbelastung, welche im In- und Ausland verursacht werden



multipliziert und von den gesamten inländischen Umweltbelastungen subtrahiert. Mit dem vereinfachenden Ansatz ist es aber nicht möglich, die Inlandemissionen einzelnen exportierenden Betrieben zuzuordnen. Zudem lässt sich nicht eruieren, welche importierten Vorleistungen in der Schweiz verarbeitet und wieder exportiert werden. Den durch die Vereinfachung gemachten Fehler schätzen wir auf rund plus/minus 10 %.

Diese Studie unterscheidet zwischen

- der inländischen Umweltbelastung
- und der konsumbedingten Umweltbelastung im Inland.

Die inländische Umweltbelastung umfasst dabei die Umweltbelastungen nach Produktionsperspektive, d. h. diejenige Umweltbelastung, welche im Inland durch den Schweizerischen Endkonsum und Exporte verursacht wird (vgl. Balken «direkt in der Schweiz» in Abbildung 3). Die inländische konsumbedingte Umweltbelastung oder konsumbedingte Umweltbelastung im Inland hingegen beschreibt die Inlandbelastung als Inland-Anteil der Gesamtumweltbelastung gemäss Konsumperspektive (hellblauer Anteil des Balkens «durch CH Konsum» in Abbildung 3).

Tabelle 3

Prozentuale Anteile und daraus abgeleitete Distanz für den internationalen Import nach Europa und die Zulieferung sowie die modellierten Transportdistanzen in km

	Einheit	Europa (ohne Russland, inkl. Ukraine, Weissrussland und Türkei)	Russland	Nordafrika und Mittlerer Osten	Übriges Afrika	Süd- und Zentralasien	Ostasien	Ozeanien	Nord- und Mittelamerika, Karibik	Südamerika	
Vorkette internationaler Transport	Hochseeschiff	%	12,1 %	0,0 %	91,1 %	99,9 %	98,7 %	98,3 %	99,9 %	99,0 %	99,9 %
	Flugzeug	%	0,1 %	0,0 %	0,2 %	0,1 %	1,3 %	1,7 %	0,1 %	1,0 %	0,1 %
	Güterzug	%	8,8 %	95,9 %	0,6 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
	Lastwagen	%	68,3 %	4,0 %	8,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
	Binnenschiff	%	10,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
	Hochseeschiff	km	542	0	820	7580	10800	18200	19700	6040	9980
Flugzeug	km	1	1	5	7	85	157	11	65	11	
Güterzug	km	26	2400	25	0	0	0	0	0	0	
Lastwagen	km	205	101	338	0	0	0	0	0	0	
Binnenschiff	km	76	0	0	0	0	0	0	0	0	
Vorkette Zulieferung	Güterzug	%	50 %	50 %	50 %	50 %	75 %	75 %	50 %	50 %	50 %
	Lastwagen	%	50 %	50 %	50 %	50 %	25 %	25 %	50 %	50 %	50 %
	Güterzug	km	11,5	0,04	137	150	375	375	250	325	250
	Lastwagen	km	11,5	0,04	137	150	125	125	250	325	250

# 3 Entwicklung des Schweizerischen Aussenhandels

## 3.1 Warenhandel

### 3.1.1 Warenimporte

*Warenimporte nahmen um fast ein Drittel zu*

Zwischen 1996 und 2015 sind die Warenimporte in die Schweiz von insgesamt gut 39 Mio. Tonnen auf gut 51 Mio. Tonnen angestiegen. Dies entspricht einem Wachstum von rund 31 % (siehe Abbildung 4). Die bedeutendsten Gütergruppen sind die Energieträger, die mineralischen Rohstoffe sowie die tierischen und pflanzlichen Produkte<sup>11</sup>. Zusammen kommen die Importe dieser drei Gütergruppen im Jahr 2015 auf einen Anteil von rund 60 % an den gesamten Warenimporten. Absolut gesehen sind die mineralischen Rohstoffe die Gütergruppe, in der die Importe seit 1996 am stärksten gewachsen sind (+3,31 Mio. Tonnen). Relativ gesehen haben hingegen die Importe von Getränken und Tabak am stärksten zugenommen (+114 %). Die Energieträger sind die einzige Gütergruppe, von der 2015 weniger importiert wurde als im Jahr 1996 (-4 %).

*Waren werden zunehmend via Strasse importiert*

Über 80 % der Importe in die Schweiz kommen aus Europa<sup>12</sup>. Aus Europa stammt auch der grösste absolute Zuwachs an Importen über die betrachtete Periode: 1996 kamen 81 % aller Importe aus Europa, 2015 dagegen bereits 88 %. Importe aus Russland, Afrika und Ozeanien haben über den betrachteten Zeitraum hinweg abgenommen, während Importe aus Asien relativ gesehen stark zugenommen haben. Das wichtigste und am schnellsten wachsende Verkehrsmittel für Importe ist der Lastwagen (siehe Abbildung 5). Während 1996 46 % aller Importe via Strasse importiert wurden, sind es 2015 schon 62 %. Die Bedeutung aller anderen Verkehrsmittel hat während der betrachteten Zeitperiode hingegen abgenommen. Der

Luftverkehr spielt mit einem Anteil von rund 0,2 % aller Importe eine minimale Rolle.

### 3.1.2 Warenexporte

*Warenexporte haben sich beinahe verdoppelt*

Die Warenexporte aus der Schweiz haben sich von gut 9 Mio. Tonnen im Jahr 1996 auf rund 17 Mio. Tonnen im Jahr 2015 beinahe verdoppelt (siehe Abbildung 6). 2009 sind die Warenexporte aufgrund der Wirtschaftskrise relativ stark eingebrochen. Seither haben sie sich jedoch wieder erholt. Den grössten Anteil machen 2015 mit 21 % aller Warenexporte die mineralischen Rohstoffe aus. Seit der zweiten Hälfte der Nuller-Jahre steigt insbesondere der Export der Gütergruppe Getränke (insb. Wasser) und Tabak stark an. Zudem hat auch der Export von mineralischen Rohstoffen überdurchschnittlich zugenommen.

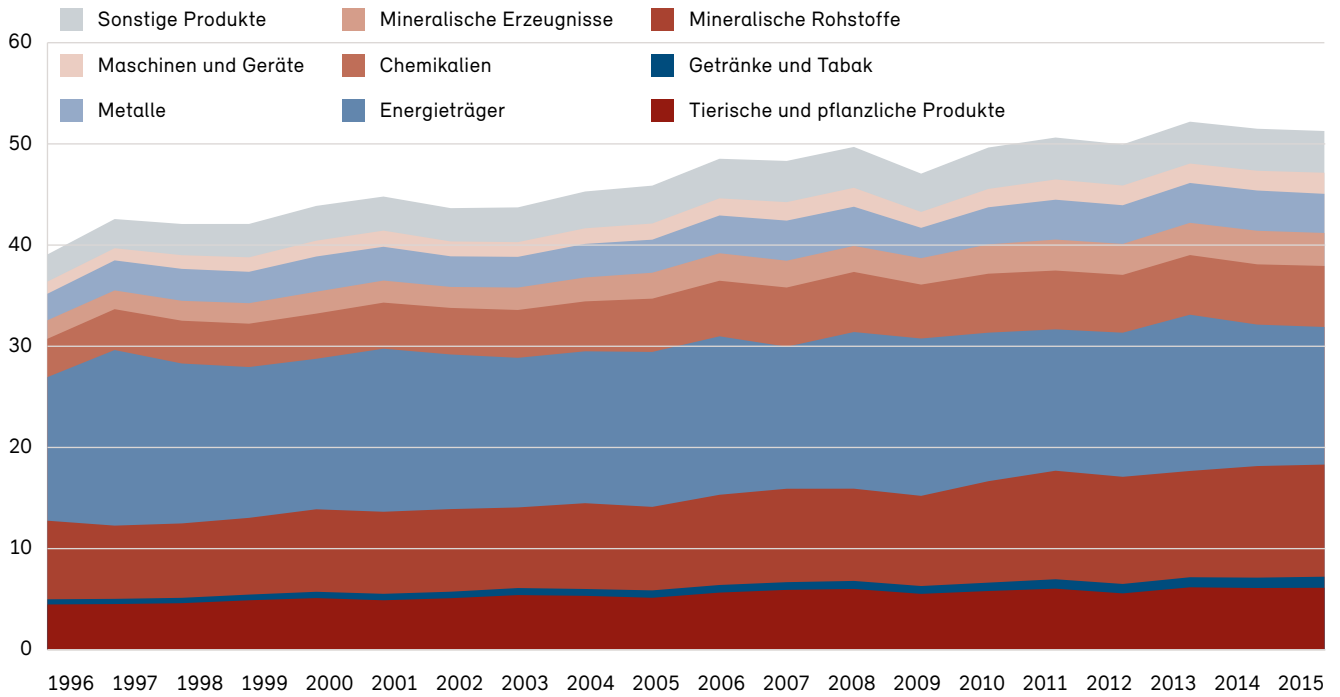
*Waren werden überwiegend auf der Strasse exportiert*

Das mit Abstand wichtigste Verkehrsmittel für Exporte aus der Schweiz ist der Strassenverkehr (siehe Abbildung 7). Im Jahr 2015 sind fast 13 Mio. Tonnen von insgesamt rund 17 Mio. Tonnen via Strassenverkehr exportiert worden. Der Strassenverkehr hat in der Periode zwischen 1996 und 2015 auch den grössten anteiligen Zuwachs erlebt. 1996 sind 63 % aller Güter per Strassenverkehr exportiert worden, 2015 sind es schon 75 %. Ebenfalls überdurchschnittlich zugenommen hat der Anteil der Exporte über Pipeline. Dies ist darauf zurückzuführen, dass seit einigen Jahren in zunehmendem Umfang Getränke per Pipeline exportiert werden (insb. Wasser nach Frankreich).

<sup>11</sup> Die Energieträgerimporte werden neu über den jährlichen Verbrauch in der Schweiz ermittelt, um den Effekt der Lagerhaltung zu eliminieren. In der nachstehenden Graphik sind die beobachteten Importmengen aufgetragen.

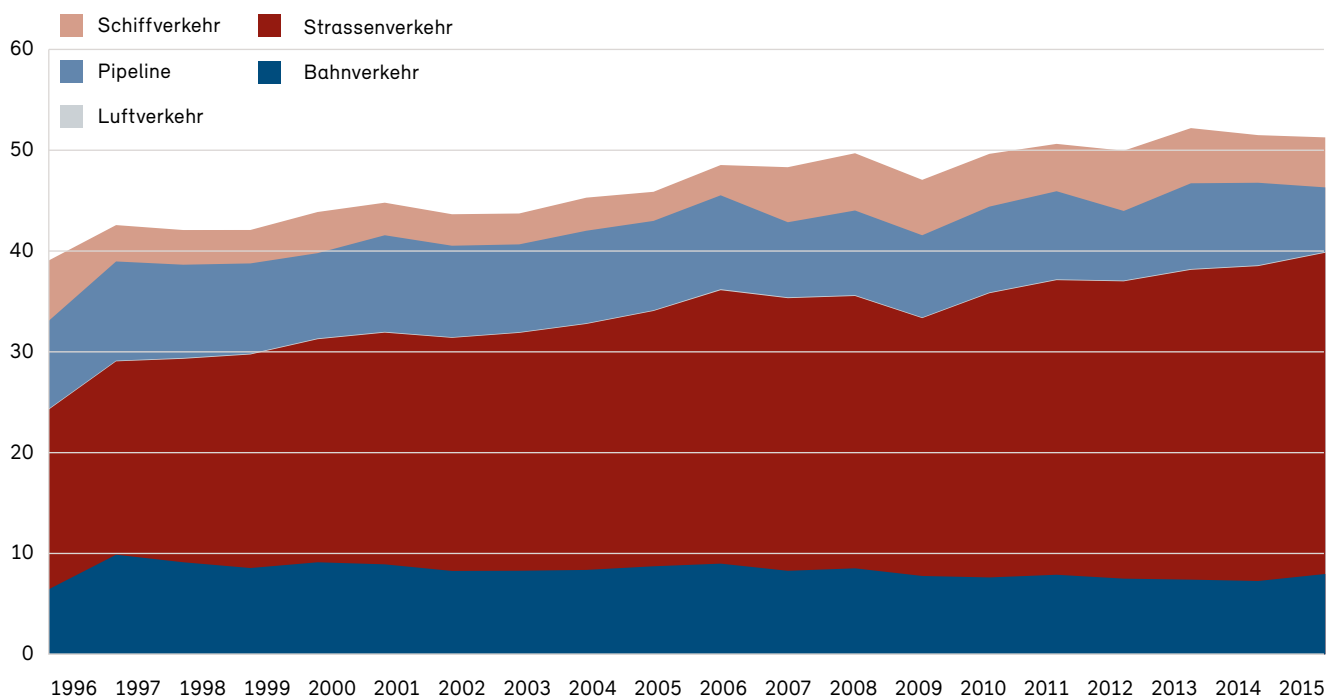
<sup>12</sup> Aus erfassungstechnischen Gründen dürfte der Handel mit dem übrigen Europa in der Aussenhandelsstatistik tendenziell überschätzt sein, vgl. methodische Anmerkungen zur Erfassung der Herkunftsländer in Abschnitt 2.3.2.

**Abbildung 4**  
**Warenimporte nach Gütergruppen in Millionen Tonnen**



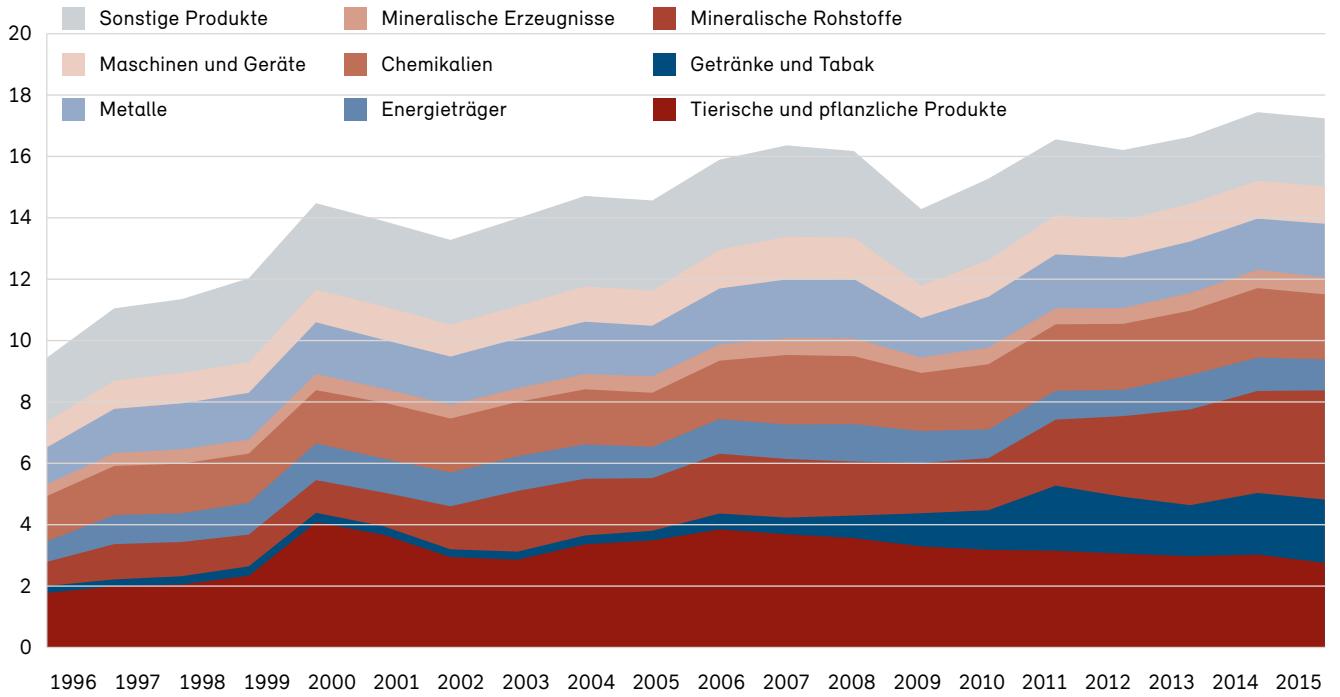
Quelle: Aussenhandelsstatistik EZV; Berechnungen Rütter Soceco.

**Abbildung 5**  
**Warenimporte nach Transportmitteln bei Grenzübertritt in Millionen Tonnen**



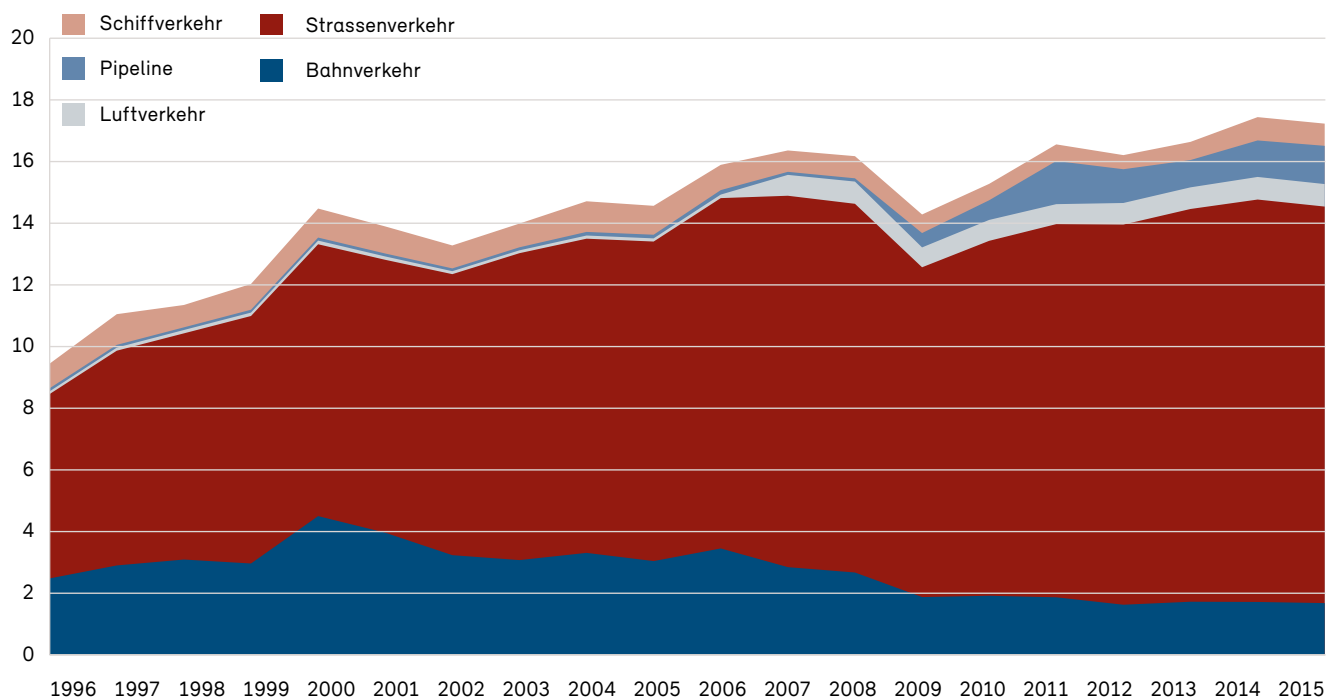
Quelle: Aussenhandelsstatistik EZV; Berechnungen Rütter Soceco.

**Abbildung 6**  
Warenexporte nach Gütergruppen in Millionen Tonnen



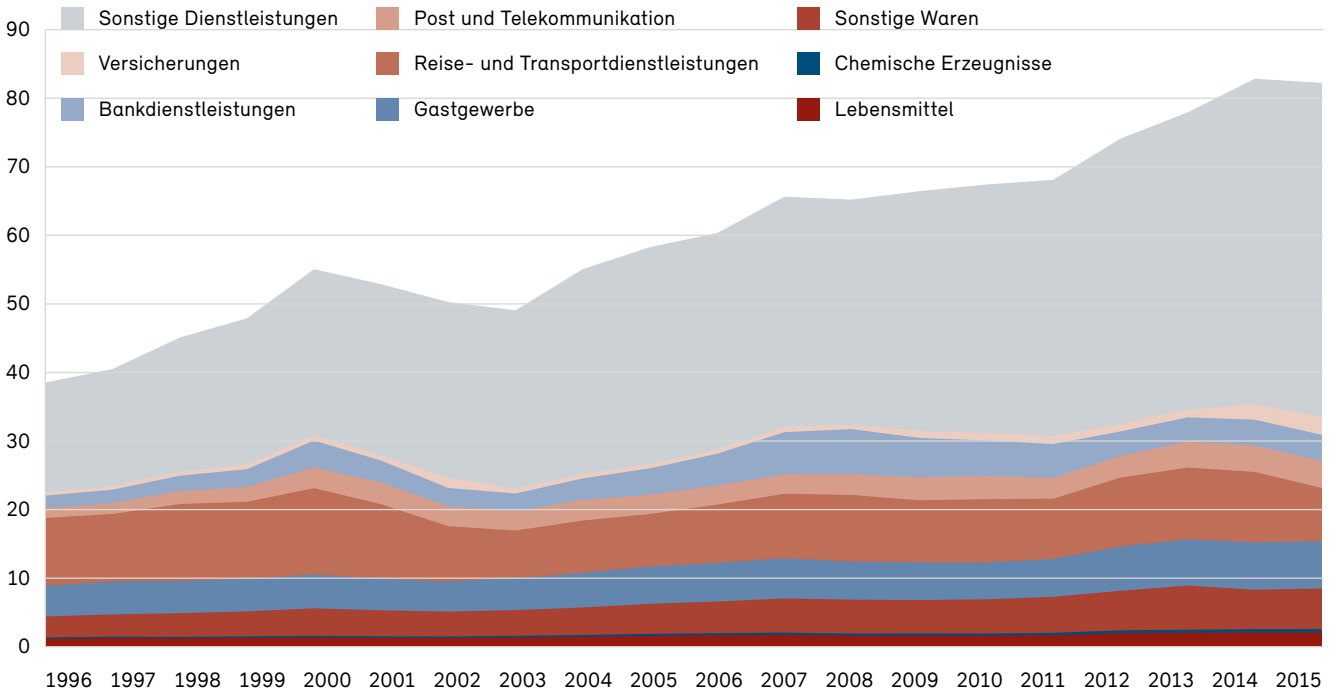
Quelle: Aussenhandelsstatistik EZV; Berechnungen Rütter Soceco.

**Abbildung 7**  
Warenexporte nach Verkehrsmitteln in Millionen Tonnen



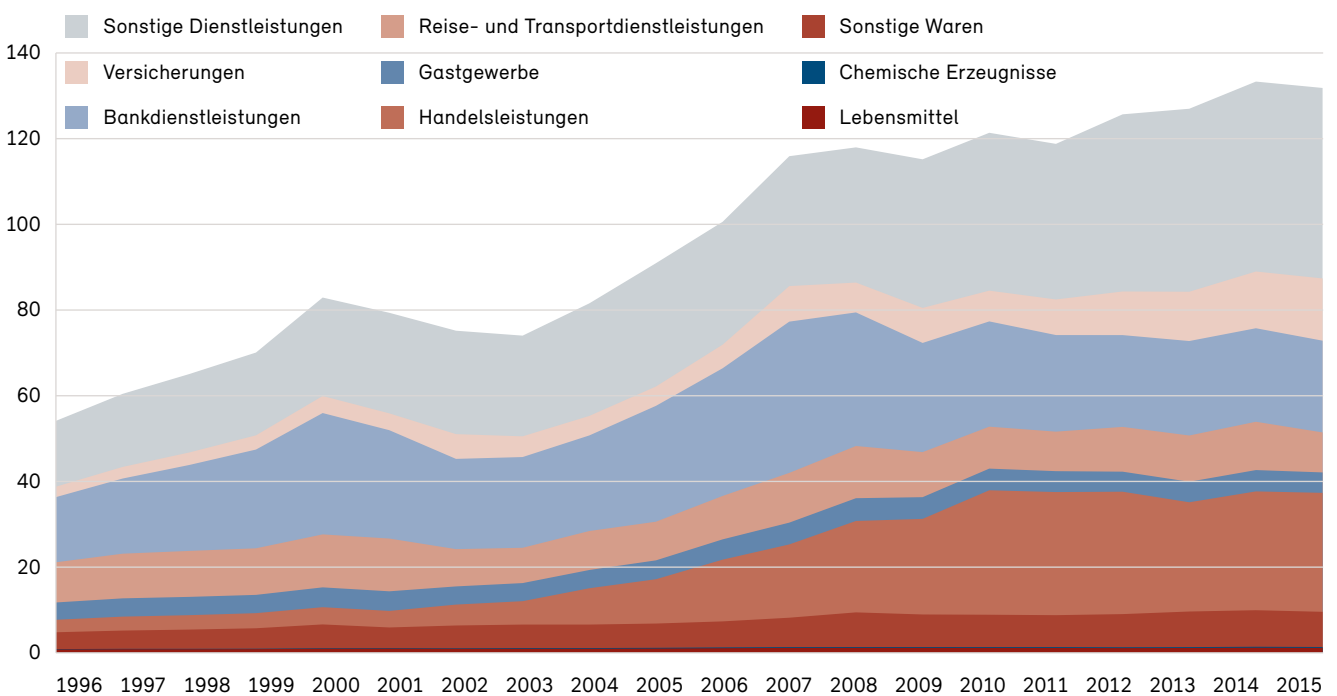
Quelle: Aussenhandelsstatistik EZV; Berechnungen Rütter Soceco.

**Abbildung 8**  
**Dienstleistungsimporte nach Gütergruppen in Milliarden CHF (Preise von 2005)**



Quelle: Berechnungen Rütter Soceco.

**Abbildung 9**  
**Dienstleistungsexporte nach Gütergruppen in Milliarden CHF (Preise von 2005)**



Quelle: Berechnungen Rütter Soceco.



## 3.2 Handel mit Dienstleistungen

### *Dienstleistungsimporte nahmen um über 110% zu*

Die Dienstleistungsimporte sind zwischen 1996 und 2015 von rund 38 Mrd. CHF auf gut 82 Mrd. CHF gestiegen, d. h. um rund 113 % (siehe Abbildung 8). Der stärkste Zuwachs ist für Versicherungsdienstleistungen zu verzeichnen (440%). Demgegenüber sind Importe von Reise- und Transportdienstleistungen um gut 20 % gesunken.

Mit 59 % (im Jahr 2015) ist der grösste Anteil der Dienstleistungsimporte auf die sonstigen Dienstleistungen zurückzuführen. Hierzu gehören insbesondere Architektur- und Ingenieurbüros, technische, physikalische und chemische Untersuchungen sowie sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten. Leistungen des Gastgewerbes (insb. Hotels und Restaurants) sowie Reise- und Transportdienstleistungen machen zusammen rund 18 % der Dienstleistungsimporte aus. Leistungen des Primär- und Sekundärsektors machen hingegen lediglich 10 % der gesamten Dienstleistungsimporte aus.

### *Dienstleistungsexporte nahmen um über 140% zu*

Dienstleistungsexporte der Schweiz haben von gut 54 Mrd. CHF auf fast 132 Mrd. CHF zugenommen (siehe Abbildung 9), d. h. um rund 143 %. Die weitaus grösste Steigerung weisen dabei die Handelsleistungen auf. Sie sind um das Neunfache gewachsen. Ein überdurchschnittliches Wachstum verzeichnen auch die Versicherungsleistungen (+495%). Der Export von Reise- und Transportdienstleistungen hat im betrachteten Zeitraum hingegen stagniert.

Die grösste Bedeutung für den Export haben 2015 die «sonstigen Dienstleistungen» (34 %, zum Beispiel EDV-Dienstleistungen, Lizenzerträge oder Erträge aus Forschung und Entwicklung), Handelsleistungen (21 %), Bankdienstleistungen (16%) und Leistungen der Versicherungen (11 %). Leistungen des Primär- und Sekundärsektors machen nur 7 % aus.

## 3.3 Exkurs: Europäischer Strommix

Im Modell der Gesamtumweltbelastung Schweiz wird die zeitliche Entwicklung des europäischen Strommixes<sup>13</sup> berücksichtigt. Die der Modellierung der Strommixe zugrunde liegenden Daten basieren auf den IEA/OECD Statistiken der Jahre 1996 bis 2015 (IEA 2016) und den KBOB Ökobilanzdaten DQRv2:2016.

### *Substitution von Kohle und Schweröl durch Erdgas*

Von 1996 bis 2015 wurde die Verwendung der Energieträger Steinkohle um 18 %, Braunkohle und Uran um je 4 % und Schweröl um 83 % reduziert (siehe Abbildung 10). Andererseits wurde 86 % mehr Erdgas verstromt. Erneuerbare Energieträger ohne Wasserkraft haben eine Zunahme um mehr als das 19-Fache. Der Anteil der Kernenergie ging um rund 15 % zurück.

Seit 1996 haben die spezifische Gesamtumweltbelastung und die Treibhausgas-Emissionen des europäischen Strommixes um 23 % bzw. um 20 % abgenommen. Weitere Details zur Bilanzierung sind im technischen Hintergrundbericht (Frischknecht et al. 2018) beschrieben.

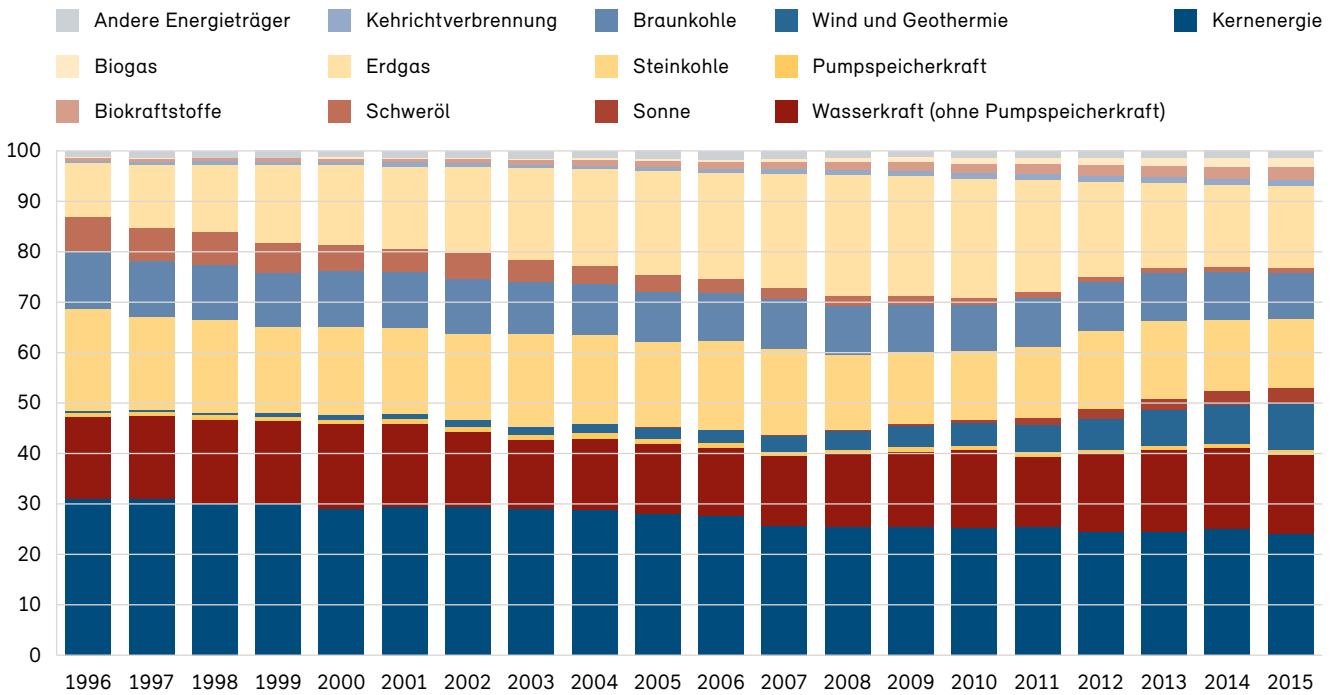
## 3.4 Exkurs: Zeitreihen zu den Exporten von landwirtschaftlichen Produkten

### 3.4.1 Übersicht

Käse und Schokolade sind zwei wichtige verarbeitete landwirtschaftliche Exportprodukte der Schweiz, welche mit Rohstoffen erzeugt werden, die teilweise importiert werden müssen. In den nachfolgenden Abschnitten wird beschrieben, wie die Rohstoffe Soja und Kakao modelliert wurden.

<sup>13</sup> Der Europäische Strommix umfasst die Staaten Österreich (A), Belgien (BE), Estland (EE), Frankreich (FR), Deutschland (DE), Griechenland (GR), Irland (IE), Island (IS), Italien (IT), Luxemburg (LU), Niederlande (NL), Portugal (PT), Slowenien (SI), Spanien (ES), Schweiz (CH), Grossbritannien (GB), Tschechien (CZ), Türkei (TR), Ungarn (HU), Polen (PL), Slowakei (SK), Dänemark (DK), Finnland (FI), Norwegen (NO) und Schweden (SE).

**Abbildung 10**  
**Anteile der verschiedenen Energieträger am Europäischen Strommix**



**Abbildung 11**  
**Zeitreihe der Importmenge Sojakuchen in die Schweiz sowie Anteile der Herkunftsländer**

Die restlichen Importe stammen hauptsächlich aus den Niederlanden und Deutschland und werden mit einem globalen Datensatz abgebildet

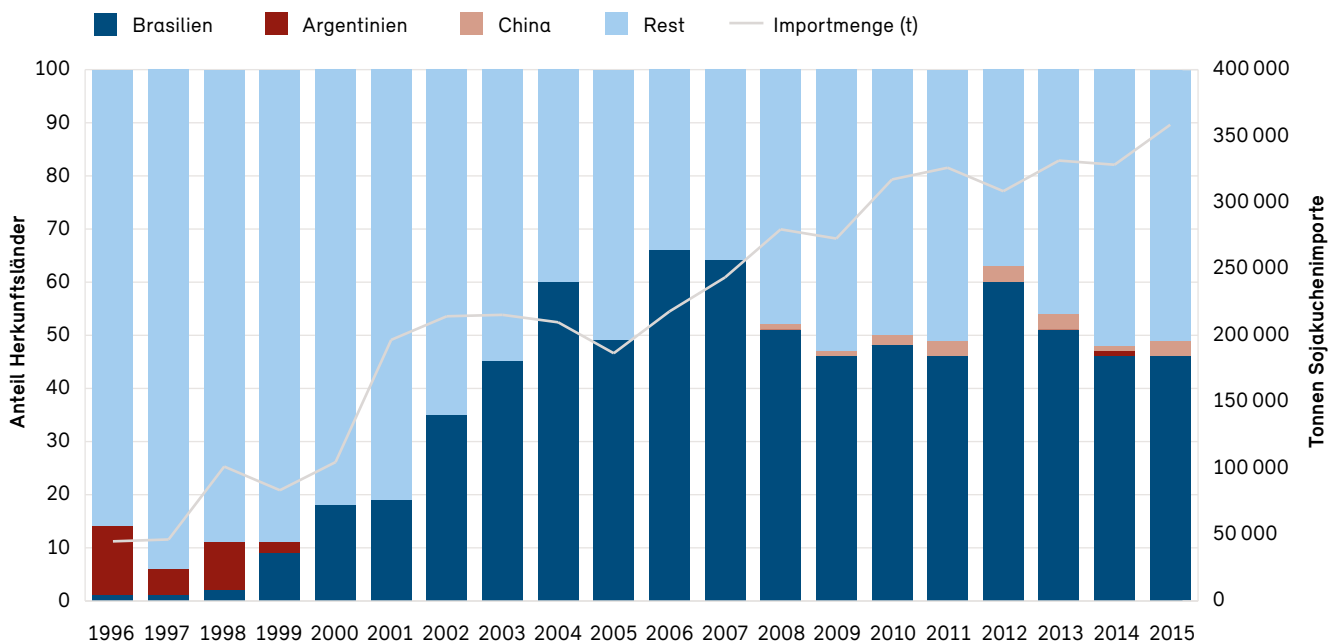
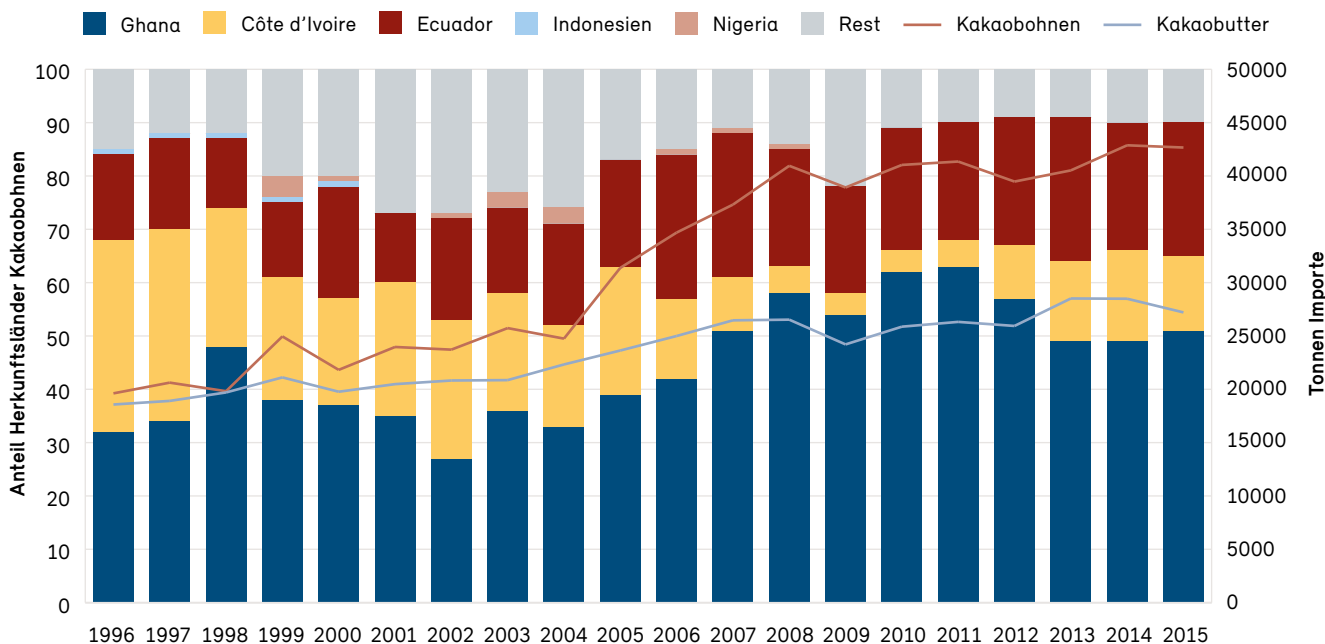


Abbildung 12

Zeitreihe der Importmengen von Kakaobohnen und Kakaobutter in die Schweiz sowie Anteil der Herkunftsländer für die Kakaobohnenimporte  
 Der Anbau der für die Kakaobutter verwendeten Kakaobohnen wurde länderspezifisch für Côte d'Ivoire, Ghana, Indonesien, Kamerun und Nigeria modelliert.



Quelle: Berechnungen treeze.

### 3.4.2 Soja

In der Fütterung der Schweizer Milchkühe wird häufig Soja eingesetzt, welches im Ausland produziert wird. Ein Teil der Schweizer Milch wird zu Käse verarbeitet und exportiert. Die Sachbilanz des exportierten Käses wurde deshalb mit der Zeitreihe der Sojakuchenimporte gemäss Abbildung 11 verknüpft, so dass die regionalisierten Umweltwirkungen des Sojaanbaus in der Bilanz des exportierten Käses mehrheitlich berücksichtigt werden.

### 3.4.3 Kakao

Analog zum Käse wurde in der Sachbilanz der in der Schweiz produzierten und exportierten Schokolade der Kakaoinput gemäss seiner Herkunft berücksichtigt (Abbildung 12). Hierbei wurden die einzelnen Zutaten spezifisch berücksichtigt: Der Input an Kakaomasse, welche hauptsächlich in der Schweiz aus importierten Kakaobohnen produziert wird, wurde mit dem Kakaobohnenimport in die Schweiz verknüpft. Die Kakaobutter wird hauptsächlich aus den Niederlanden und Frankreich importiert. Die Herkunft der dafür verwendeten Kakaobohnen wurde aus

Berechnungen des Forschungsinstituts für biologischen Landbau FiBL, basierend auf Tradestat-Daten der FAO (FAOSTAT 2017), hergeleitet<sup>14</sup> und über die Zeitreihe konstant belassen.

14 Anita Frehner, FiBL, Persönliche Mitteilung, 6.6.2017

## 4 Ergebnisse – Entwicklung der Umweltbelastung von 1996–2015

### 4.1 Übersicht

Dieses Kapitel enthält die Ergebnisse der Gesamtumweltbelastung und der Umweltfussabdrücke des Konsums und der Produktion für die ausgewählten Indikatoren (Unterkapitel 4.2) sowie Vergleiche mit anderen Studien (Unterkapitel 4.3 und 4.4) und eine Interpretation der Ergebnisse (Unterkapitel 4.6). Die Ergebnisse werden ohne Fehlerbalken gezeigt. Tatsächlich sind jedoch die Ergebnisse insbesondere der Konsumperspektive mit Unsicherheiten von +/-20% bis 25% behaftet. Geringe Veränderungen von wenigen Prozentpunkten in den Fussabdrücken dürfen deshalb nicht als stabile Trends interpretiert werden. Unsicherheiten und deren Auswirkungen auf Ergebnisse und Entwicklungen werden in Kapitel 5 diskutiert.

### 4.2 Ergebnisse

#### 4.2.1 Gesamtumweltbelastung (UBP) gemäss der Methode der ökologischen Knappheit 2013

##### Produktionsperspektive

##### *Abnahme der inländischen Luftbelastung*

In der Produktionsperspektive werden die gesamten Umweltbelastungen der Schweiz gemäss dem Inlandprinzip abgebildet. Die Entwicklung der inländischen Umweltbelastung gemäss der Methode der ökologischen Knappheit 2013 ist in Abbildung 13 dargestellt. Die Umweltbelastung hat zwischen 1996 und 2015 um 33% abgenommen. Der grösste Teil der Reduktion erfolgte dabei bis 2003. Zwischen 2004 und 2008 nahm die Umweltbelastung gemäss der Produktionsperspektive nur leicht ab. In den Jahren 2009, 2011 sowie 2014 und 2015 wurden wieder höhere Reduktionsraten verzeichnet, wobei die Umweltbelastung zwischenzeitlich leicht zunahm.

In den neunziger Jahren haben die Auswirkungen auf die Luftqualität, den Klimawandel, die Landnutzung, die

Wasserqualität und auf die Ozonschicht die inländische Gesamtbilanz wesentlich geprägt. Die Anstrengungen der Schweiz bezüglich Luftreinhaltung und die konsequente Umsetzung des Montreal-Protokolls zeigten ihre Wirkung. Sie sind die wesentlichen Treiber der Reduktion der inländischen Umweltbelastung. Inwieweit das Auslagern von energie- und ressourcenintensiven Tätigkeiten ins Ausland die inländischen Umweltbelastungen prägt, kann mit der hier verwendeten Methodik nicht beurteilt werden.

Die Ozonschicht abbauende Wirkung konnte im Wesentlichen durch eine Verringerung der Emissionen von CFC-11 und CFC-12 reduziert werden. Die Massnahmen zur Luftreinhaltung führten zu einer deutlichen Reduktion der SO<sub>2</sub>-, NO<sub>x</sub>-, NMVOC-, PM10- und Benzolemissionen. Zusammen mit dem Rückgang der Dioxin- und Bleiemissionen sind sie für die deutliche Abnahme des Anteils «Luftqualität» an der Gesamtumweltbelastung. Die Umweltbelastung durch Treibhausgas-Emissionen hat zwischen 1996 und 2015 um 6% abgenommen, zeigt aber deutliche Schwankungen über die einzelnen Jahre.

Im Umweltbereich Boden werden die Umweltauswirkungen verschiedener Abfälle einerseits und der Biodiversitätsverluste durch Bodennutzung durch landwirtschaftliche Tätigkeiten, Gebäude, Industrie, Infrastruktur etc. andererseits zusammengefasst. Rund die Hälfte der Belastungen in diesem Bereich wird durch die Deponierung von radioaktiven Abfällen verursacht. Die Entwicklung der Belastungen korreliert daher mit der von Kernkraftwerken erzeugten Elektrizität.

Gemäss UBP-Methode werden zwischen 35% und 43% der Auswirkungen auf die Wasserqualität von Nitratemissionen ins Grundwasser bestimmt. Diese sind über den betrachteten Zeitraum unverändert (vgl. Technischer Bericht: Frischknecht et al. 2018). Aus UBP-Sicht sind Stickstoff, Phosphor und Schwermetalle weitere Substanzen von Bedeutung. Die Emissionen von Stickstoff haben im Zeitraum von 1996 bis 2015 stetig abgenommen, während die Phosphoreinträge in Gewässer

ungefähr konstant geblieben sind. Die Schwermetallemissionen weisen eine hohe zeitliche Variabilität auf, wobei für die meisten Schwermetalle kein eindeutiger Trend erkennbar ist. Im Schweizer Gewässerschutz stehen heute Mikroverunreinigungen, Pflanzenschutzmittel und die Eutrophierung einzelner Seen durch Phosphor im Vordergrund. Diese Substanzen werden mit der Methode der ökologischen Knappheit bewertet, wobei vermutlich heute die Umweltziele für Mikroverunreinigungen und Pflanzenschutzmittel schärfer formuliert würden als vor fünf Jahren und die Umweltrelevanz der Substanzen nach unserer Einschätzung heute eher unterschätzt ist.

Die Belastung im Bereich abiotische Ressourcen wird zu rund 80 % durch den Abbau von Kies und Sand verursacht. Der Verbrauch abiotischer Ressourcen hat zwischen 1996 und 2015 um 20 % zugenommen und zeigt

die zunehmende Bautätigkeit in der Schweiz. Der Wasserverbrauch hingegen hat im selben Zeitraum um 6 % abgenommen. Im Vergleich zu den gesamten inländischen Umweltbelastungen sind diese beiden Umweltbereiche jedoch von untergeordneter Bedeutung. Für den Lärm und dessen Auswirkungen liegt bisher nur für das Jahr 2009 eine flächendeckende Erfassung vor (siehe Abschnitt 2.2.2). Die Lärmemissionen im Jahr 2009 trugen 3 % zur Gesamtumweltbelastung der Schweiz bei.

**Konsumperspektive**

*Zunahmen des Aussenhandels*

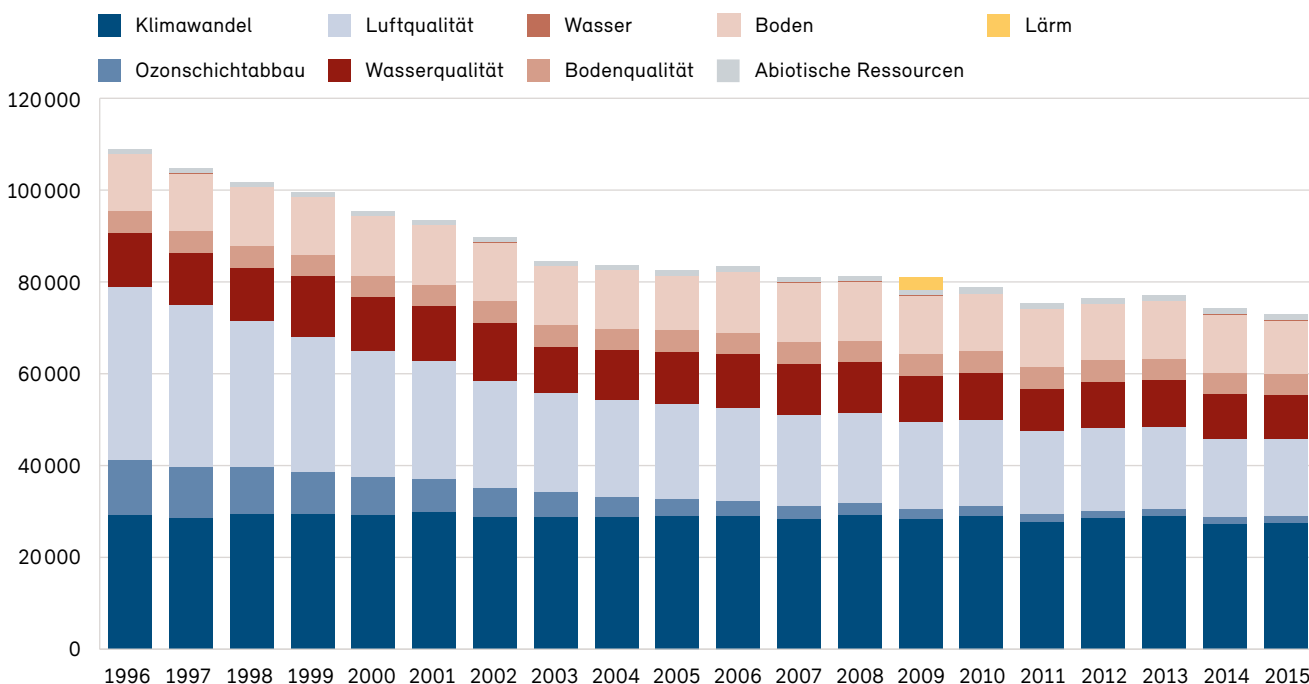
In der Konsumperspektive werden neben den inländischen Umweltbelastungen auch die Belastungen im Ausland durch den Import von Waren und Dienstleistungen berücksichtigt. Die durch exportierte Waren und Dienst-

*Die Inlandbelastung in der Schweiz hat um 33 % abgenommen.*

**Abbildung 13**

**Produktionsperspektive**

*Entwicklung der inländischen Umweltbelastung gemäss der Methode der ökologischen Knappheit 2013 in Milliarden Umweltbelastungspunkten (UBP) aufgeteilt in acht Umweltbereiche und Lärm. Die Zusammensetzung der Umweltbereiche ist im Technischen Bericht erläutert (Frischknecht et al. 2018). Daten zu Lärm sind nur für das Jahr 2009 verfügbar.*



Quelle: Berechnungen treeze.

leistungen in der Schweiz verursachten Umweltbelastungen werden hingegen in Abzug gebracht. Die Entwicklung der konsumbedingten Gesamtumweltbelastung gemäss der Methode der ökologischen Knappheit ist in Abbildung 14 dargestellt. In Abbildung 15 wird die konsumbedingte Umweltbelastung auf die ständige Wohnbevölkerung bezogen und pro Kopf ausgewiesen. Die inländische Umweltbelastung sowie die Umweltbelastung der Importe und Exporte werden jeweils separat gezeigt.

Die durch den Aussenhandel importierten und exportierten Umweltbelastungen nehmen von 1996 bis 2015 um 56 300 Mrd. UBP (33 %) beziehungsweise 31 800 Mrd. UBP (43 %) zu (Abbildung 14). Netto nimmt die in die Schweiz importierte Umweltbelastung um 24 500 Mrd. UBP zu (25 %). Die deutliche Abnahme der inländischen Umweltbelastung wird durch die mit dem Aussenhandel verbundene Zunahme weitgehend kompensiert. Es resul-

tiert eine **Abnahme der absoluten Gesamtumweltbelastung von 5,6 % im Jahr 2015 im Vergleich zum Jahr 1996**, trotz eines gleichzeitigen Bevölkerungswachstums von 17 %. Allerdings blieb die Umweltbelastung nach der Finanz- und Wirtschaftskrise 2009 praktisch konstant.

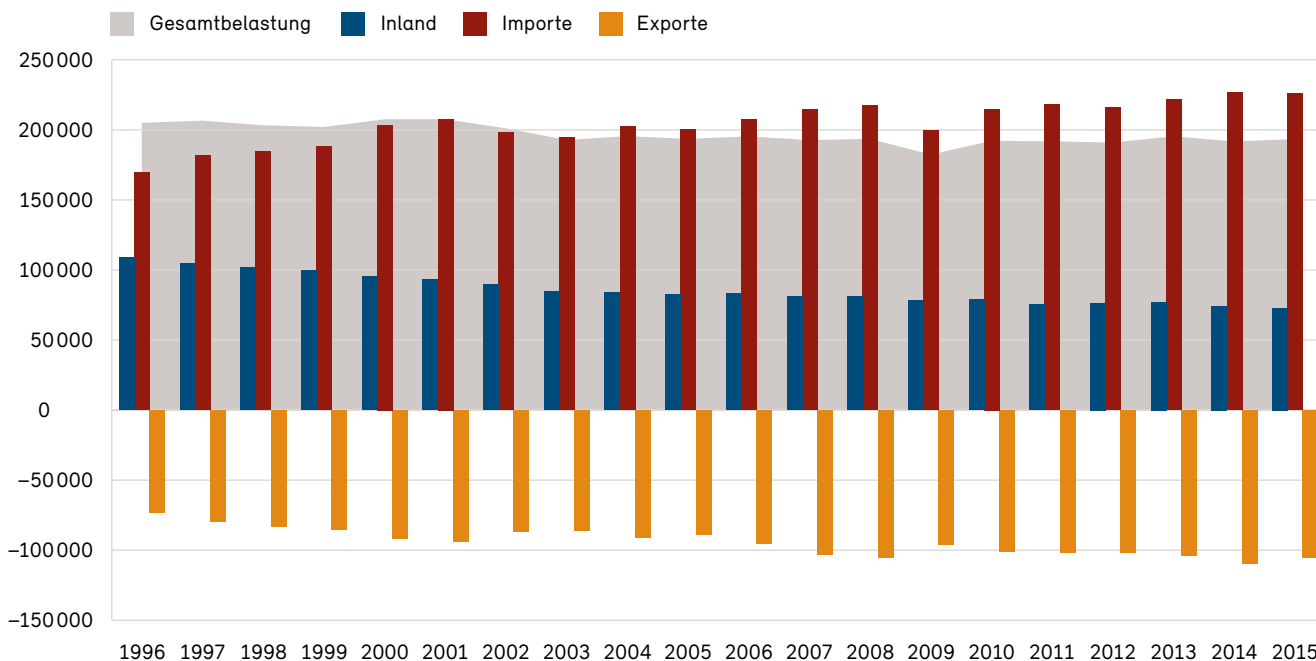
Die **Gesamtumweltbelastung pro Person (Abbildung 15) ist deshalb zwischen 1996 und 2015 deutlich, nämlich um 19 % auf 23,4 Millionen UBP pro Jahr, gesunken**. Der Rückgang der Umweltbelastung pro Kopf verlief – unter Ausklammerung des Jahres 2009 – über die Jahre recht kontinuierlich.

Die vorliegende Modellierung ergibt eine absolute konsumbedingte Gesamtumweltbelastung zwischen 1996 und 2011, welche um 7 – 26 % höher ist als in der Vorgängerstudie (Frischknecht et al. 2014). Die Gründe für diese Veränderung werden in Abschnitt 4.6.1 erörtert.

*Leicht abnehmende absolute konsumbedingte Umweltbelastung*

**Abbildung 14**  
**Konsumperspektive – Gesamtumweltbelastung absolut**

Entwicklung der Gesamtumweltbelastung gemäss der Methode der ökologischen Knappheit 2013 in Milliarden Umweltbelastungspunkten (UBP). Neben der Gesamtbelastung (Inland + Import – Export) werden die inländische Belastung, die Belastung durch Importe und die Belastung durch Exporte separat gezeigt.



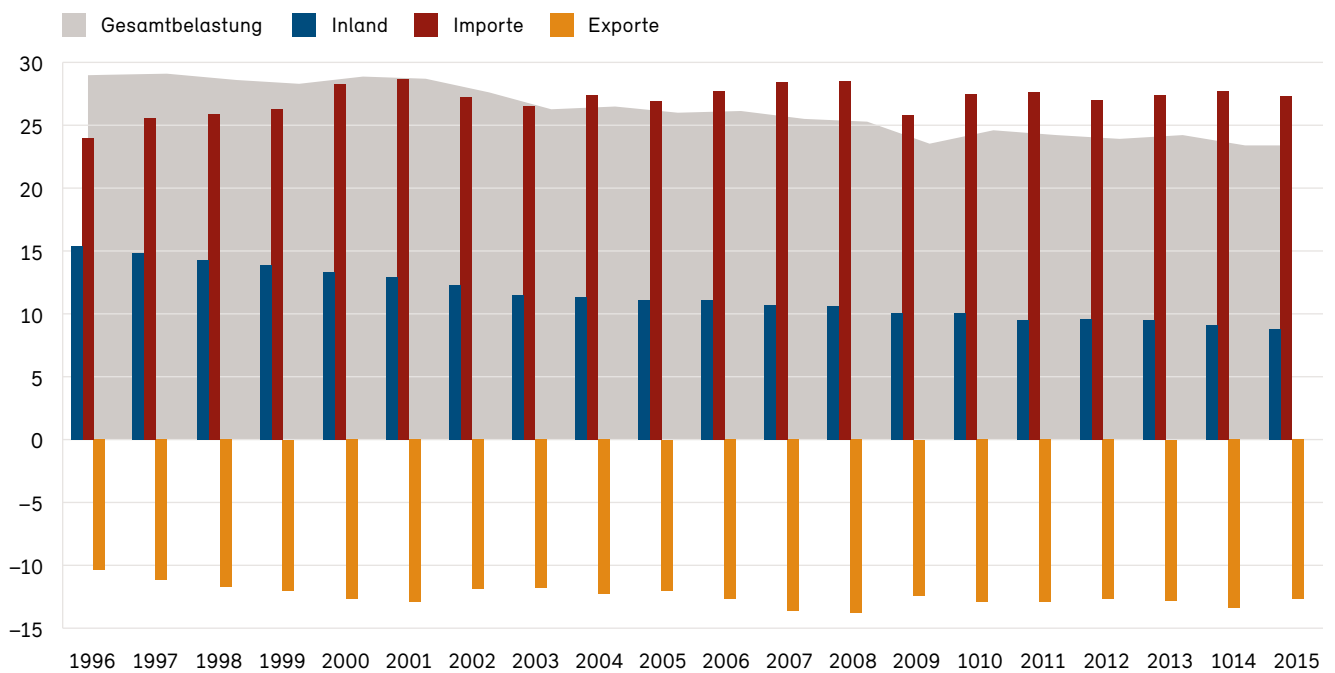
Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Sococo.

Abnahme der konsumbedingten Umweltbelastung pro Person

Abbildung 15

Konsumperspektive – Gesamtumweltbelastung pro Person

Entwicklung der Gesamtumweltbelastung gemäss der Methode der ökologischen Knappheit 2013 in Millionen Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person (ständige Wohnbevölkerung in der Schweiz). Neben der Gesamtbelastung (Inland + Import – Export) werden die inländische Belastung, die Belastung durch Importe und die Belastung durch Exporte separat gezeigt.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

Inländische und ausländische Anteile an der konsumbedingten Umweltbelastung

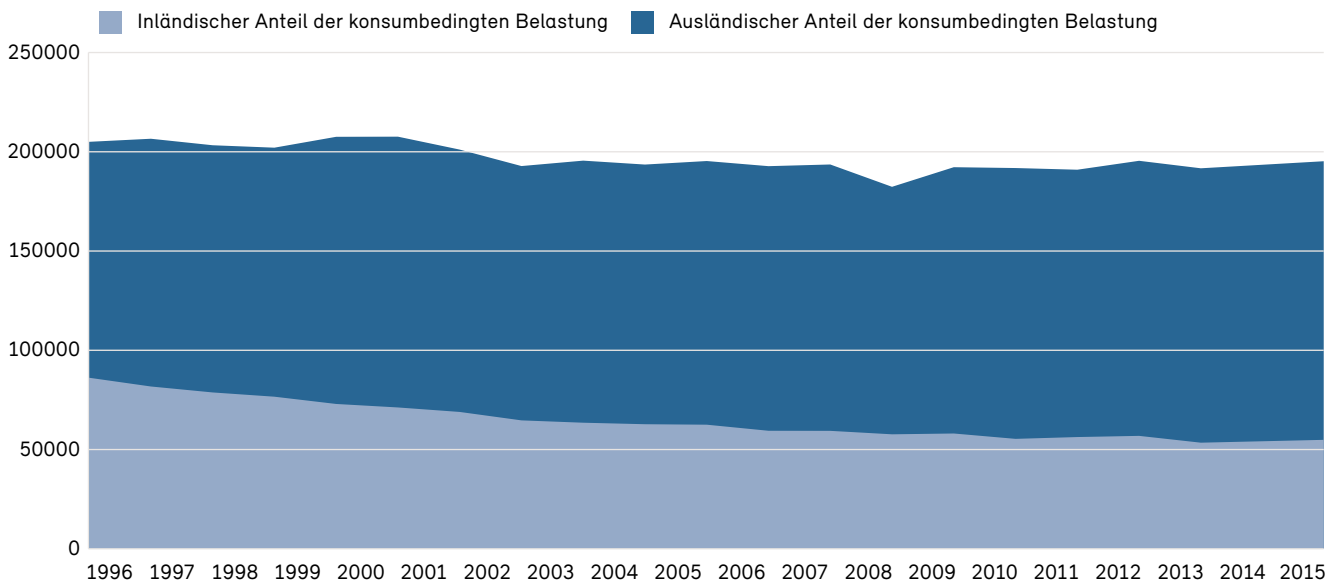
Abbildung 16 und Abbildung 17 zeigen die Entwicklung der konsumbedingten Gesamtumweltbelastung absolut bzw. pro Person unterteilt in die Belastung im Inland und Ausland (Berechnungsweise siehe Unterkapitel 2.7). Der Anteil der ausländischen Umweltbelastung nimmt seit 1996 kontinuierlich von 58 % im Jahr 1996 auf 73 % im Jahr 2015

zu. Der Gründe für die Zunahme liegen in den wachsenden Handelsmengen von Waren und Dienstleistungen und der abnehmenden inländischen Umweltbelastung. Inwiefern diese Entwicklungen auf ein vermehrtes Auslagern von energie- und ressourcenintensiven Tätigkeiten ins Ausland zurückzuführen sind, kann nicht abschliessend beantwortet werden, da die Inlandbelastung nicht branchenspezifisch modelliert und quantifiziert wurde.

**Abbildung 16**

**Konsumperspektive – inländische und ausländische Anteile an den konsumbedingten Belastungen (absolute Betrachtung)**

Entwicklung der Gesamtumweltbelastung gemäss der Methode der ökologischen Knappheit 2013 in Milliarden Umweltbelastungspunkten (UBP) aufgeteilt in die im Inland und im Ausland verursachte konsumbedingte Belastung.

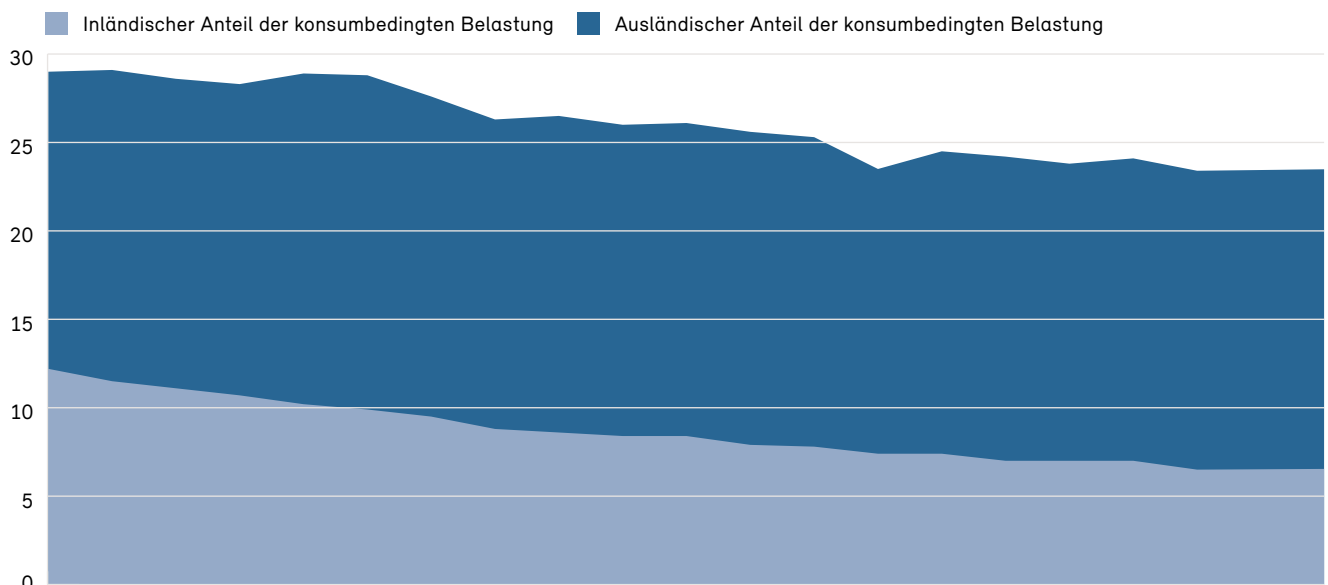


Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

**Abbildung 17**

**Konsumperspektive – inländische und ausländische Anteile an den konsumbedingten Belastungen pro Person**

Entwicklung der Gesamtumweltbelastung gemäss der Methode der ökologischen Knappheit 2013 in Millionen Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person (ständige Wohnbevölkerung in der Schweiz), aufgeteilt in die im Inland und im Ausland verursachte konsumbedingte Belastung.



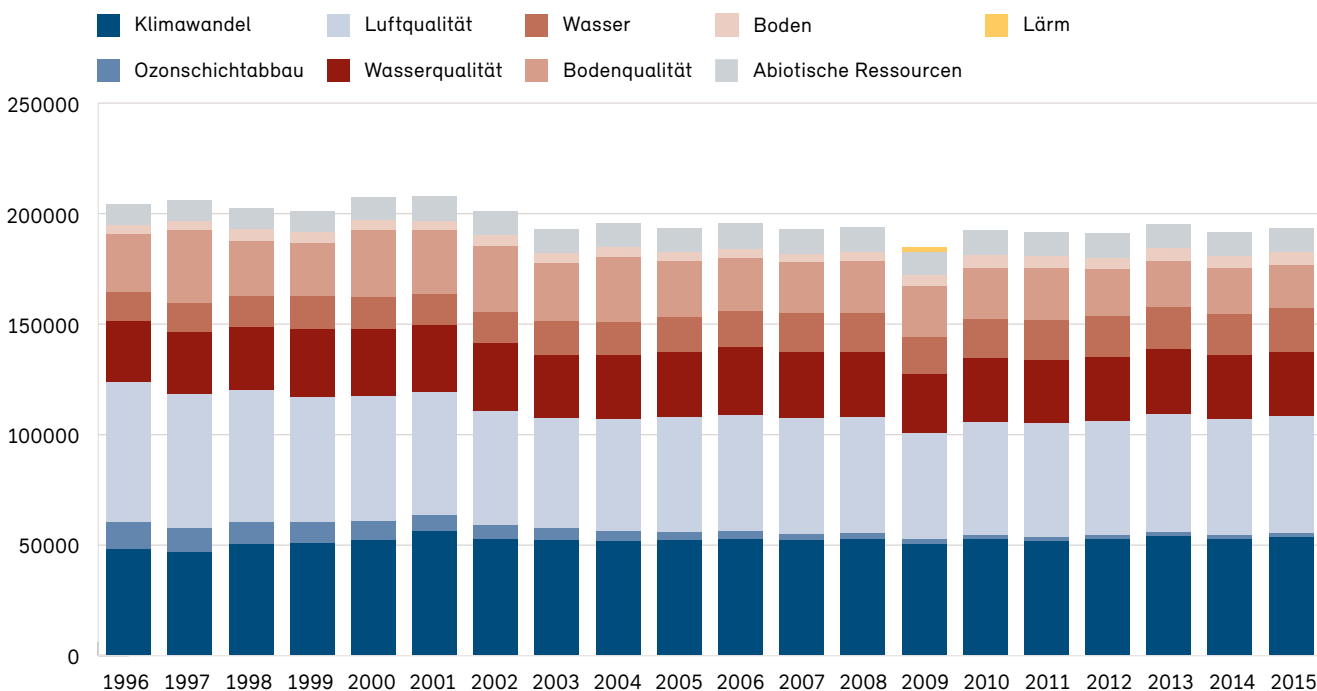
Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.



Abbildung 18

**Konsumperspektive – Anteile der einzelnen Umweltbereiche an der konsumbedingten Gesamt-Umweltbelastung (absolut)**

Entwicklung der Gesamtumweltbelastung gemäss der Methode der ökologischen Knappheit 2013 in Milliarden Umweltbelastungspunkten (UBP), aufgeteilt in acht Umweltbereiche.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

**Auswertung der konsumbedingten Umweltbelastung nach Umweltbereichen**

Die Anteile der einzelnen Umweltbereiche an der konsumbedingten Gesamtumweltbelastung sind in Abbildung 18 gezeigt. Die Umweltbereiche Luftqualität und Klimawandel tragen je etwas mehr als einen Viertel zu den gesamten Umweltbelastungen bei. Die in der Produktionsperspektive beobachtete Abnahme der Umweltbelastung im Bereich Luftqualität (siehe Abbildung 13) ist in der Konsumperspektive deutlich geringer (minus 16%). Im Bereich Klimawandel übersteigt die höhere Umweltbelastung des Aussenhandels die leichte Abnahme der inländischen Umweltbelastung und führt so zu einer Zunahme von knapp 12 % zwischen 1996 und 2015.

Die Umweltbereiche Wasserqualität, Boden (länderspezifisch bewertete Biodiversitätsverluste durch Landnutzung und Abfälle) und Bodenqualität tragen rund 15 % bzw. 10 % zur konsumbedingten Umweltbelastung bei, gefolgt vom Bereich abiotische Ressourcen (6 %). Der länderspe-

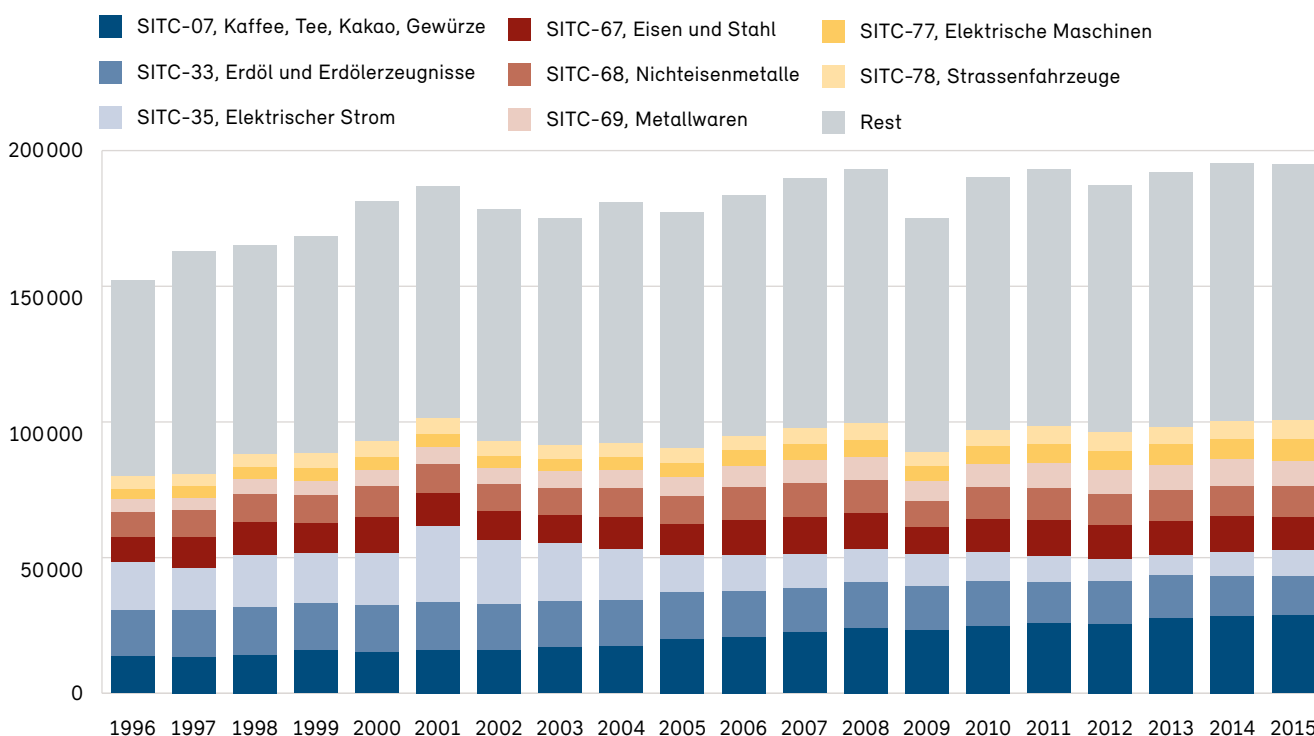
zifisch bewertete Wasserverbrauch<sup>15</sup> und die Emissionen von Ozonschicht abbauenden Substanzen machen in der hier verwendeten Methodik einen geringen Anteil an der konsumbedingte Gesamtumweltbelastung aus. Wie in der Produktionsperspektive wird auch bei der konsumbedingten Umweltbelastung eine starke Abnahme der Belastung im Bereich Ozonschichtabbau festgestellt. Im Umweltbereich Boden wird in der Konsumperspektive im Zeitraum von 1996 bis 2015 ebenfalls eine deutliche Abnahme um über 25 % verzeichnet, die vor allem auf die zurückgehenden Stromimporte aus Kernkraftwerken und die damit verbundenen radioaktiven Abfälle zurück zu führen ist. Hingegen hat die konsumbedingte Gesamtumweltbelastung in den Umweltbereichen abiotische Ressourcen, Bodenqualität, Wasserqualität und Wasserressourcen im Betrachtungszeitraum teilweise deutlich zugenommen. Die Lärmbelastung ist in der konsumbedingten Gesamtumweltbelastung aufgrund fehlender Zeitreihendaten nicht enthalten.

<sup>15</sup> Die in UBP 2013 verwendete Methode ist nicht identisch mit der für den Wasser-Fussabdruck verwendeten, später entwickelten AWARE-Methode.

Abbildung 19

**Gesamtumweltbelastung des Brutto-Imports von Waren**

Entwicklung der Gesamtumweltbelastung des Imports von Waren in Milliarden Umweltbelastungspunkten (UBP 2013). Die wichtigsten Produktgruppen werden separat gezeigt. Ein erheblicher Teil der importierten Waren wird (in veredelter Form) wieder exportiert (Beispiele Kaffee/Kaffeekapseln) und deshalb nicht dem inländischen Konsum zugerechnet.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

### Auswertung der Importe und Exporte nach umweltrelevanten Warengruppen

In Abbildung 19 sind die Beiträge der relevantesten SITC-Kategorien zur Gesamtumweltbelastung der **importierten Waren** dargestellt. Es fallen insbesondere die Kategorien «Kaffee, Tee, Kakao, Gewürze», «Eisen und Stahl» und «elektrische Maschinen» auf, deren Beiträge zur Gesamtumweltbelastung zwischen 1996 und 2015 deutlich zugenommen haben. Dies obwohl ein erheblicher Teil der Importe von Kaffee und Kakao re-exportiert (Kaffeekapseln, Schokolade, siehe Abbildung 20) und somit nicht dem inländischen Konsum zugerechnet wird.

Die Umweltbelastung der Kategorie «elektrischer Strom» ist 2015 deutlich tiefer als zu Beginn der Zeitreihe und zeigt vor allem in den ersten 10 Jahren ausgeprägte Schwankungen in den einzelnen Jahren. Der Wechsel der Modellierung von Stromimporten zwischen 2004 und 2005

(siehe Abschnitt 2.3.4) ist in Abbildung 19 nur schwach sichtbar. Im Jahr 2001 war die gehandelte Strommenge (Importe und Exporte) im Vergleich zu den übrigen Jahren ausserordentlich gross, was zu einer erhöhten Umweltbelastung durch Stromimporte führte.<sup>16</sup> Der Import von «Erdöl und Erdölzeugnissen» ging insgesamt zurück und zeigt witterungsbedingte Schwankungen. Die Auswirkungen der Finanz- und Wirtschaftskrise sind im Jahr 2009 in einer deutlichen Abnahme der Gesamtumweltbelastung von importierten Waren deutlich sichtbar (siehe auch Abbildung 4).

<sup>16</sup> Inwiefern dieser Peak auf die angewendete Methodik (die Schweiz konsumiert die importierte Elektrizität und exportiert Strom aus Schweizer Wasser- und Kernkraftwerken, siehe Abschnitt 2.3.4) oder den tatsächlich an Schweizer Haushalte und Wirtschaft gelieferten Strommix zurückzuführen ist, lässt sich nicht beantworten, da dazu keine statistischen Daten verfügbar sind.

Die Beiträge der relevantesten SITC-Kategorien zur Gesamtumweltbelastung der **exportierten Waren** ist in Abbildung 20 dargestellt. Die Umweltbelastung der Exporte wird negativ dargestellt, weil sie in der Konsumperspektive von der inländischen Umweltbelastung und der Umweltbelastung der Importe subtrahiert wird. Bei den Exporten fallen die Veränderungen insbesondere in den Kategorien «Kaffee, Tee, Kakao, Gewürze» und «elektrischer Strom» auf. Die Exportmenge von Kaffee und Schokolade hat, wie auch die Importmenge, im Verlauf der Zeitreihe deutlich zugenommen, was zu einer höheren Gesamtumweltbelastung der Exporte in dieser Kategorie führt. Der Wechsel des Modellierungsansatzes der Stromexporte zwischen 2004 und 2005 ist in Abbildung 20 klar erkennbar. Bis 2004 wurden die Stromexporte mit dem Schweizer Produktionsstrommix angenähert. Ab 2005 hat das Bundesamt für Energie Erhebungen über den in der Schweiz abgesetzten Strommix durchgeführt, die die Bestimmung der technologischen Zusammensetzung

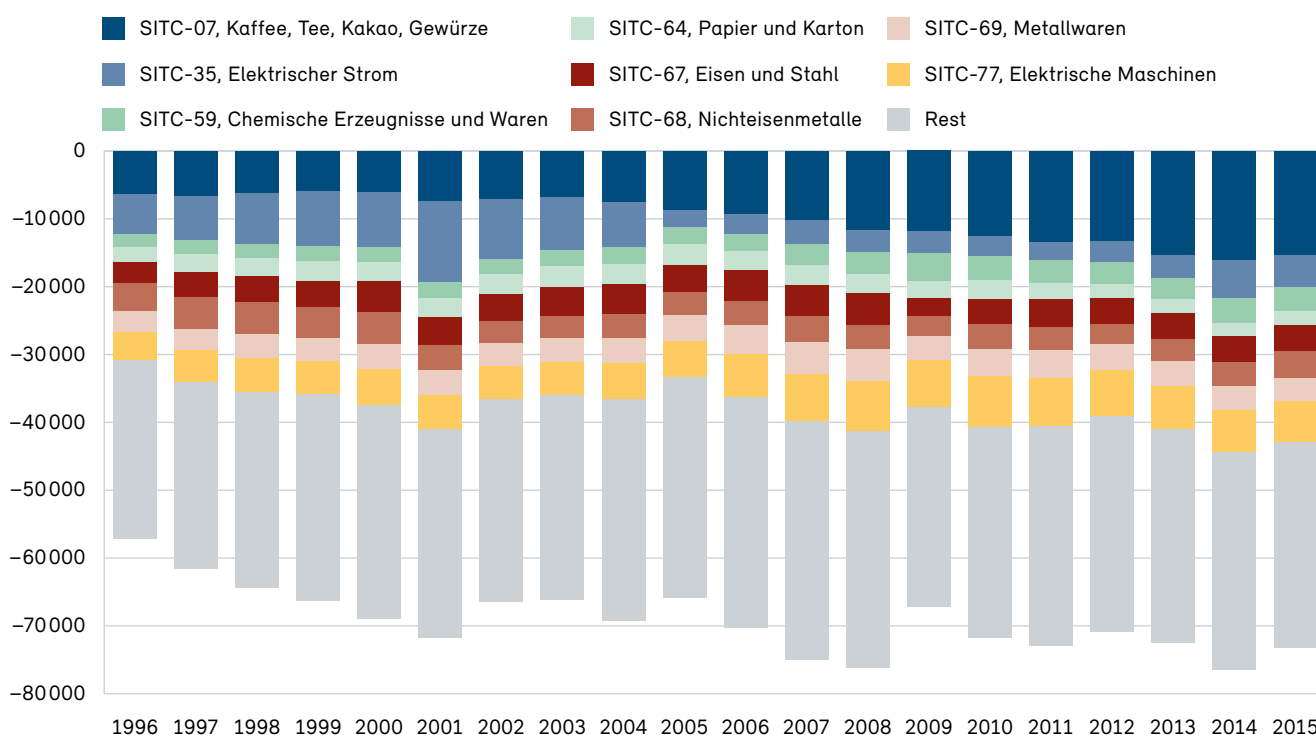
des exportierten Stroms erlauben (siehe Abschnitt 2.3.2). Die hohe Umweltbelastung der Stromexporte im Jahr 2001 ist durch das grosse Stromhandelsvolumen begründet. Die Umweltbelastung der exportierten chemischen Erzeugnisse und Waren hat sich in den zwanzig Jahren um über 75 % erhöht. Im Jahr 2009 hat die Umweltbelastung der Exporte wegen der Finanz- und Wirtschaftskrise zwischenzeitlich deutlich abgenommen (siehe auch Abbildung 6).

Die **netto** in die Schweiz **importierte Gesamtumweltbelastung** des Handels mit Waren und Dienstleistungen ist in Abbildung 21 dargestellt. Dabei wurden ähnliche SITC-Kategorien zu einzelnen Warengruppen aggregiert; die Umweltbelastung der Dienstleistungen ist separat dargestellt. In den meisten Jahren des Betrachtungszeitraums werden Dienstleistungen netto aus der Schweiz exportiert und zeigen darum einen negativen Saldo. Die Gesamtumweltbelastung der Dienstleistungen wird

Abbildung 20

Gesamtumweltbelastung des Exports von Waren

Entwicklung der Gesamtumweltbelastung des Exports von Waren gemäss der Methode der ökologischen Knappheit 2013 in Milliarden Umweltbelastungspunkten (UBP). Die wichtigsten Produktgruppen werden separat gezeigt.

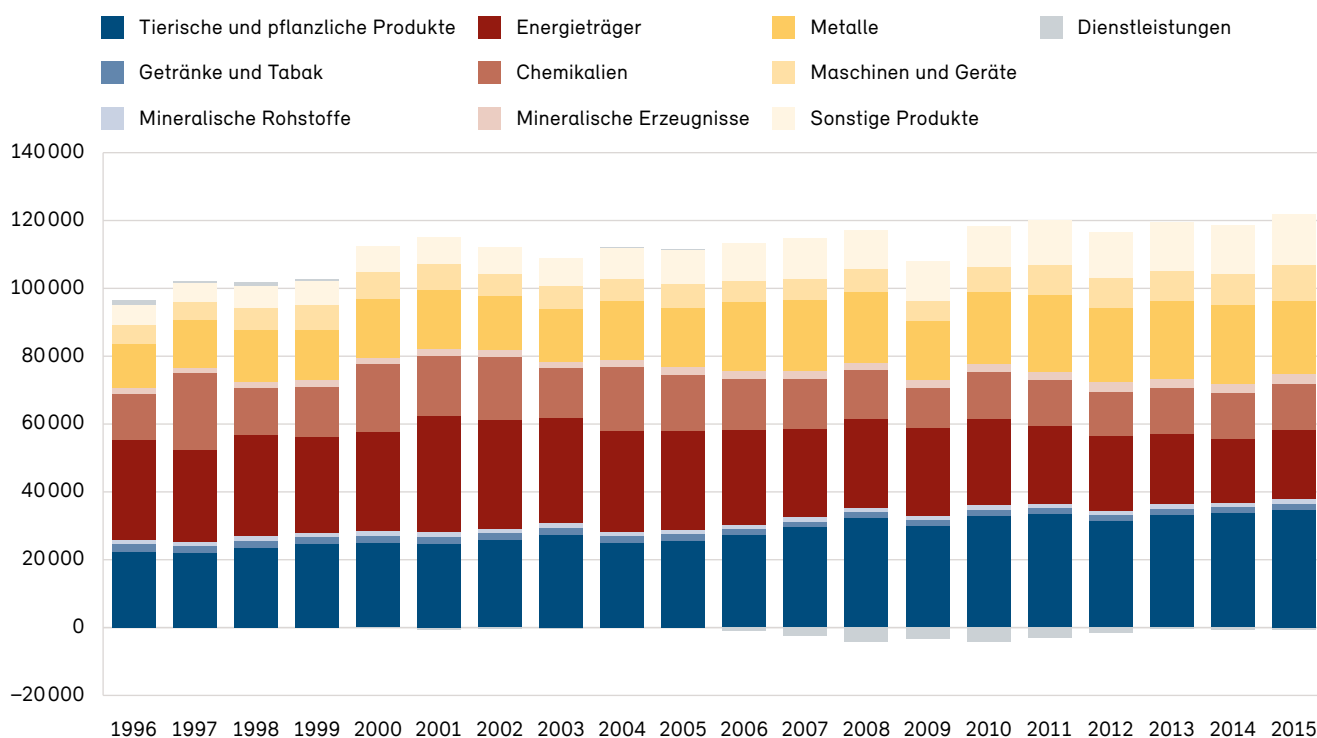


Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

Abbildung 21

**Gesamtumweltbelastung des Saldos von Waren und Dienstleistungen (absolut)**

Entwicklung der Gesamtumweltbelastung des Saldos (der Nettoimporte) von Waren und Dienstleistungen gemäss der Methode der ökologischen Knappheit 2013 in Milliarden Umweltbelastungspunkten (UBP). Die Umweltbelastung im Inland aufgrund des inländischen Konsums ist nicht enthalten.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

jedoch von der netto importierten Belastung der Warenimporte bei Weitem übertroffen. **Die wichtigsten Warengruppen sind tierische und pflanzliche Produkte, Metalle und Energieträger.** Die netto importierte Gesamtumweltbelastung von tierischen und pflanzlichen Produkten im Jahr 2015 wird hauptsächlich durch die Kategorien «Kaffee, Tee, Kakao, Gewürze»<sup>17</sup> (39 %), «Getreide» (15 %), «Fleisch» (14 %) und «Gemüse und Früchte» (13 %) verursacht. Die Umweltbelastung der Energieträger nimmt im Betrachtungszeitraum deutlich ab. Im Jahr 2015 entfallen 79 % der netto importierten Gesamtumweltbelastung in dieser Gütergruppe auf die Kategorie «Erdöl und Erdölzeugnisse»; weitere 23 % werden durch den Stromhandel verursacht. In der Gruppe der Metalle, die zwischen 1996 und 2015 eine steigende Umweltbelastung aufweist, haben die Kategorien «Eisen und Stahl»,

«Nichteisenmetalle» und «übrige Metallwaren» Anteile von 39 %, 33 % bzw. 28 % an der netto importierten Gesamtumweltbelastung.

#### Exkurs: Umweltfussabdruck von nicht monetärem Gold und Silber sowie von Platingruppenmetallen (überwiegend zur Wertaufbewahrung)

Der Abbau und die Raffinierung von Gold, Silber und Platingruppenmetallen (v.a. Platin und Palladium) verursachen hohe spezifische Umweltbelastungen. Neben ihrer Verwendung in der Industrie werden Edelmetalle vor allem als Wertanlage eingesetzt und zeigen damit deutliche konjunkturelle Schwankungen. Die Importe und Exporte von solchem nicht monetärem Gold und Silber sowie von Platingruppenmetallen, von denen in der Vorgängerstudie von Frischknecht et al. (2014) nur der Handel mit den Platingruppenmetallen enthalten war, sind in den oben gezeigten Abbildungen der konsumbedingten Gesamtumweltbelas-

<sup>17</sup> Wobei in dieser Kategorie v.a. Kaffee und Kakao bezüglich Umweltbelastung ins Gewicht fallen.

tion nicht berücksichtigt. Um mit der konsumbedingten Gesamtumweltbelastung die tatsächliche Entwicklung des Konsums ohne die Importe und Reexporte von Edelmetallen abbilden zu können, wird die Gesamtumweltbelastung des Edelmetallhandels separat betrachtet. Die Positionen der Aussenhandelsstatistik, die nicht monetäres Gold und Silber sowie Platingruppenmetalle enthalten und in der Konsumbilanz ausgeschlossen werden, sind im Technischen Bericht detailliert aufgeführt (Frischknecht et al. 2018).

Die Gesamtumweltbelastung der Importe und Exporte von nicht monetärem Gold und Silber sowie von Platingruppenmetallen ist in Abbildung 22 dargestellt. Die Umweltbelastungen des Handels mit nicht monetärem Gold sind deutlich höher als jene von nicht monetärem Silber und von Platingruppenmetallen. Zudem ist ersichtlich, dass

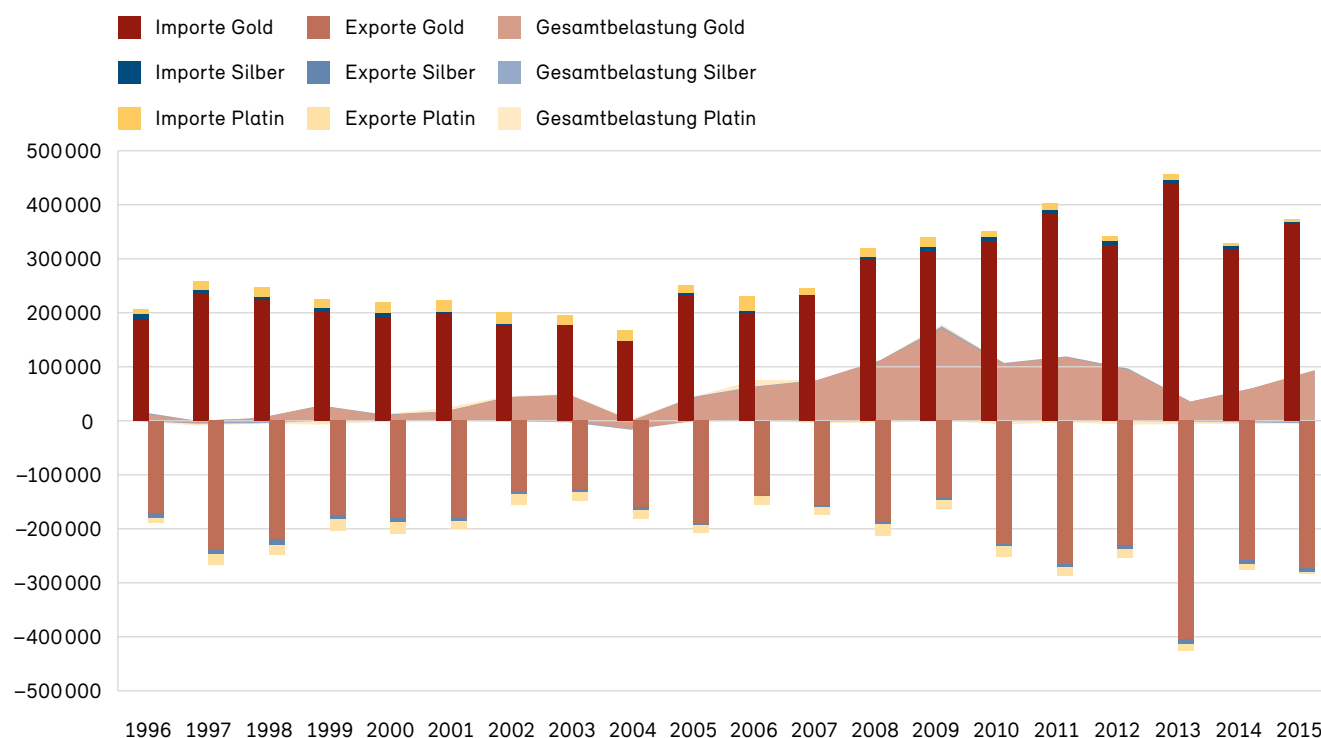
die Importe von nicht monetärem Gold die Exporte in beinahe allen Jahren übersteigen, weshalb davon ausgegangen werden muss, dass die Goldbestände in der Schweiz von 1996 bis 2015 stark zugenommen haben. Die hohen Nettoimporte von Gold in den Jahren 2008 bis 2011 (jeweils ca. 700 – 1200 Tonnen pro Jahr) zeigen sich in Abbildung 22 in einer stark erhöhten Gesamtumweltbelastung. Hingegen wird bei nicht monetärem Silber und bei Platingruppenmetallen über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren ein Netto-Export und damit ein Abbau der Bestände verzeichnet. Wegen der deutlich höheren spezifischen Umweltbelastung verursachen Platingruppenmetalle trotz einer gegenüber Silber mehr als zehnmal kleineren Handelsmenge einen grösseren Anteil an der Gesamtumweltbelastung des Edelmetallhandels als nicht monetäres Silber.

*Deutlicher Einfluss des Edelmetallhandels auf die konsumbedingte Umweltbelastung*

**Abbildung 22**

**Konsumperspektive – Gesamtumweltbelastung des Handels mit nicht monetärem Gold und Silber und mit Platingruppenmetallen**

Entwicklung der Gesamtumweltbelastung von nicht monetärem Gold und Silber und von Platingruppenmetallen gemäss der Methode der ökologischen Knappheit 2013 in Milliarden Umweltbelastungspunkten aufgeteilt in die Gesamtbelastung (Import – Export), die Belastung durch Importe und die Belastung durch Exporte. Die Beiträge von Gold, Silber und Platinmetallen zur Gesamtumweltbelastung werden jeweils separat gezeigt.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

Im Vergleich zur Gesamtumweltbelastung des Konsums in den Jahren 1996 bis 2015, die sich auf rund 200 Billionen Umweltbelastungspunkte pro Jahr beläuft, befindet sich die Umweltbelastung des Handels mit nicht monetärem Gold und Silber sowie mit Platingruppenmetallen im Spitzenjahr 2009 in derselben Grössenordnung (179 Billionen Umweltbelastungspunkte). In den Jahren 1996 bis 2001 würde die Berücksichtigung des Edelmetallhandels die konsumbedingte Gesamtumweltbelastung hingegen nur um höchstens 10 % erhöhen.

#### 4.2.2 Sensitivitätsanalyse mit anderen gesamt-aggregierenden Fussabdrücken

### Übersicht

Es gibt mehrere Methoden zur Berechnung der Gesamtumweltbelastung, die die einzelnen Umweltbereiche jeweils anders gewichten. In diesem Abschnitt wird die konsumbedingte Gesamtumweltbelastung mit drei weiteren

gesamt-aggregierenden Methoden quantifiziert. Die verwendeten Methoden sind in Unterkapitel 2.5 beschrieben.

### ReCiPe

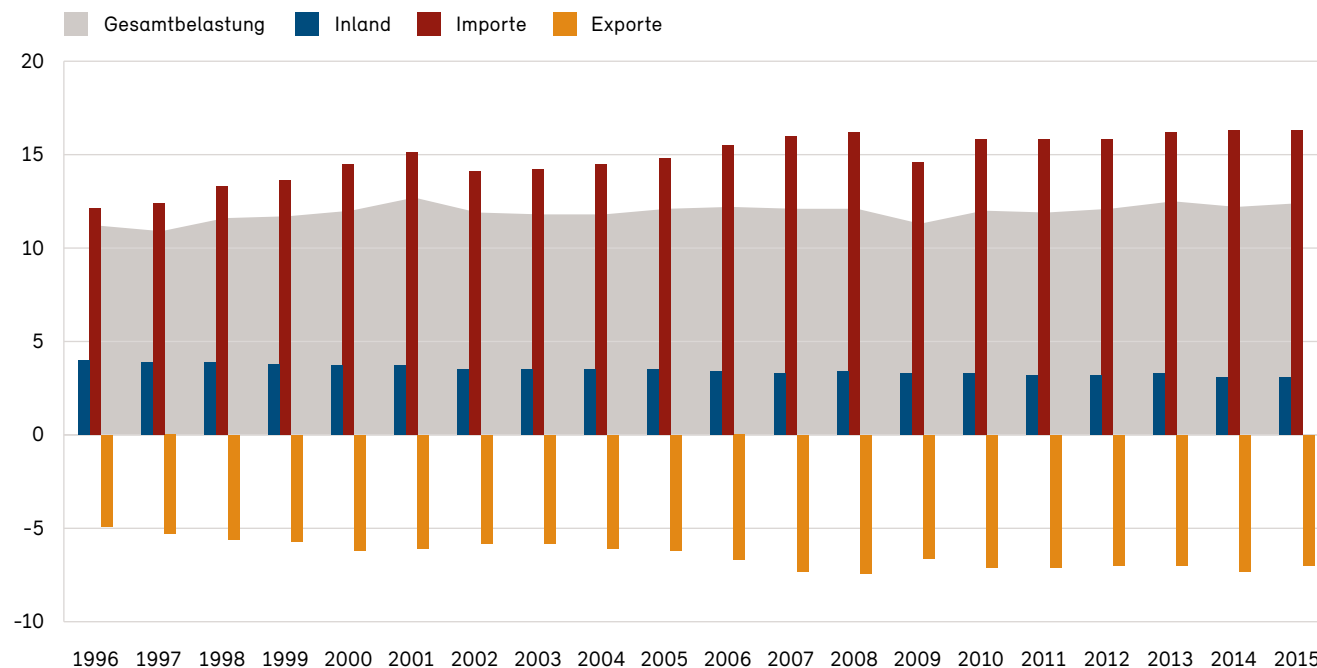
#### Konsumperspektive

*Die konsumbedingte Gesamtumweltbelastung nach ReCiPe nimmt deutlich zu*

Die Entwicklung der konsumbedingten Gesamtumweltbelastung nach ReCiPe ist in Abbildung 23 dargestellt. Zwischen 1996 und 2015 hat die Gesamtumweltbelastung nach ReCiPe um 11 % zugenommen. Dies ist auf den Ausenhandel zurück zu führen, denn die inländische Belastung ist im selben Zeitraum deutlich gesunken (23 %). Die wichtigsten Umweltbereiche an der Gesamtumweltbelastung nach ReCiPe im Jahr 2015 sind Klimawandel (37 %), fossile Ressourcen (34 %), Partikelbildung (12 %) und metallische Ressourcen (8 %). Der überwiegende Teil der

Abbildung 23  
Konsumperspektive – Gesamtumweltbelastung nach ReCiPe

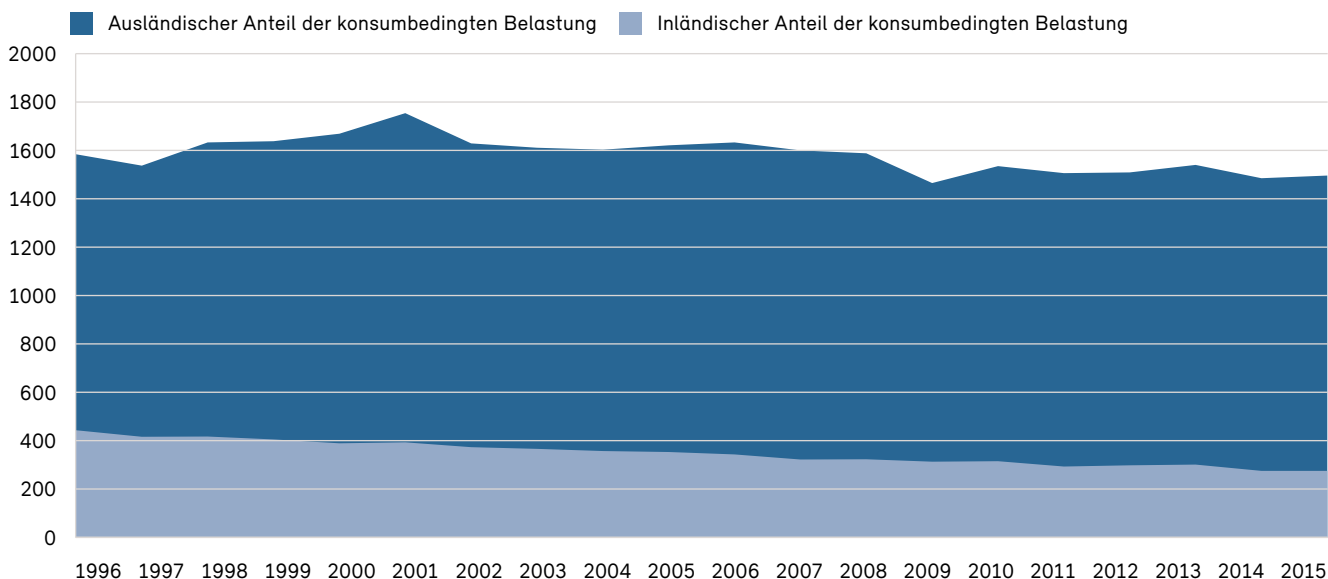
Entwicklung des konsumbedingten Gesamtumweltbelastung nach ReCiPe in Milliarden Punkten (Goedkoop et al. 2009). Neben der Gesamtbelastung (Inland + Importe – Exporte) werden die inländische Belastung, die Belastung durch Importe und die Belastung durch Exporte separat gezeigt.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

Abbildung 24

**Konsumperspektive – inländische und ausländische Anteile an der konsumbedingten Gesamtumweltbelastung pro Person nach ReCiPe**  
 Entwicklung der Gesamtumweltbelastung in Punkten pro Person (ständige Wohnbevölkerung in der Schweiz) gemäss der ReCiPe-Methode (Goedkoop et al. 2009), aufgeteilt in die im Inland und im Ausland verursachte konsumbedingte Belastung.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

über den Betrachtungszeitraum beobachteten Zunahme der Gesamtumweltbelastung entfällt auf die Bereiche metallische Ressourcen (vorwiegend Chrom und Mangan) und fossile Ressourcen (Erdgas, Stein- und Braunkohle). Der zeitliche Verlauf der Gesamtumweltbelastung nach ReCiPe ähnelt dem in Abbildung 14 gezeigten Verlauf gemäss der UBP-Methode. Die Schwankungen in den einzelnen Jahren, insbesondere die Zunahme der Belastung im Jahr 2001 und die Abnahme im Jahr 2009, sind in der konsumbedingten Gesamtumweltbelastung gemäss der ReCiPe-Methode jedoch ausgeprägter und gleichen dem in Abbildung 32 dargestellten Treibhausgas-Fussabdruck, da die Treibhausgas-Emissionen bei ReCiPe deutlich stärker gewichtet werden.

#### Inländische und ausländische Anteile an der Gesamtumweltbelastung pro Person

*Die konsumbedingte Gesamtumweltbelastung pro Person nach ReCiPe nimmt leicht ab*

Abbildung 24 zeigt die konsumbedingte Gesamtumweltbelastung pro Person nach ReCiPe sowie die Aufteilung auf die im Inland und im Ausland verursachte Belastung.

Ähnlich wie gemäss der UBP-Methode (siehe Abbildung 15) hat die Gesamtumweltbelastung pro Person nach ReCiPe zwischen 1996 und 2015 um 5,5 % abgenommen. Der inländische Anteil an der konsumbedingten Belastung sank im Betrachtungszeitraum von 28 % auf 18 %.

### «Ökologischer Fussabdruck»

#### Konsumperspektive

*Der konsumbedingte «Ökologische Fussabdruck» nimmt leicht zu*

Der «Ökologische Fussabdruck» nach Global Footprint Network (GFN) berücksichtigt Landnutzung und CO<sub>2</sub>-Emissionen im In- und Ausland.<sup>18</sup> Er wurde aus

<sup>18</sup> Der «Ökologische Fussabdruck» zählt alle Flächen zusammen, die für den Konsum benötigt werden. Dazu gehören einerseits zum Beispiel die Landwirtschaftsflächen für die Nahrungsmittel, aber auch Flächen für Industrieareale, Strassen und Wohnhäuser. Andererseits zählen auch die Waldflächen dazu, die wir benötigen, um Holz zu produzieren und die CO<sub>2</sub>-Emissionen der fossilen Brenn- und Treibstoffe zu absorbieren. Um den weltweiten Vergleich zu ermöglichen, werden die Flächen in durchschnittlich produktive Flächen umgerechnet (globale Hektar oder gha).

methodischem Interesse mit den Daten der vorliegenden Studie nachgebildet.

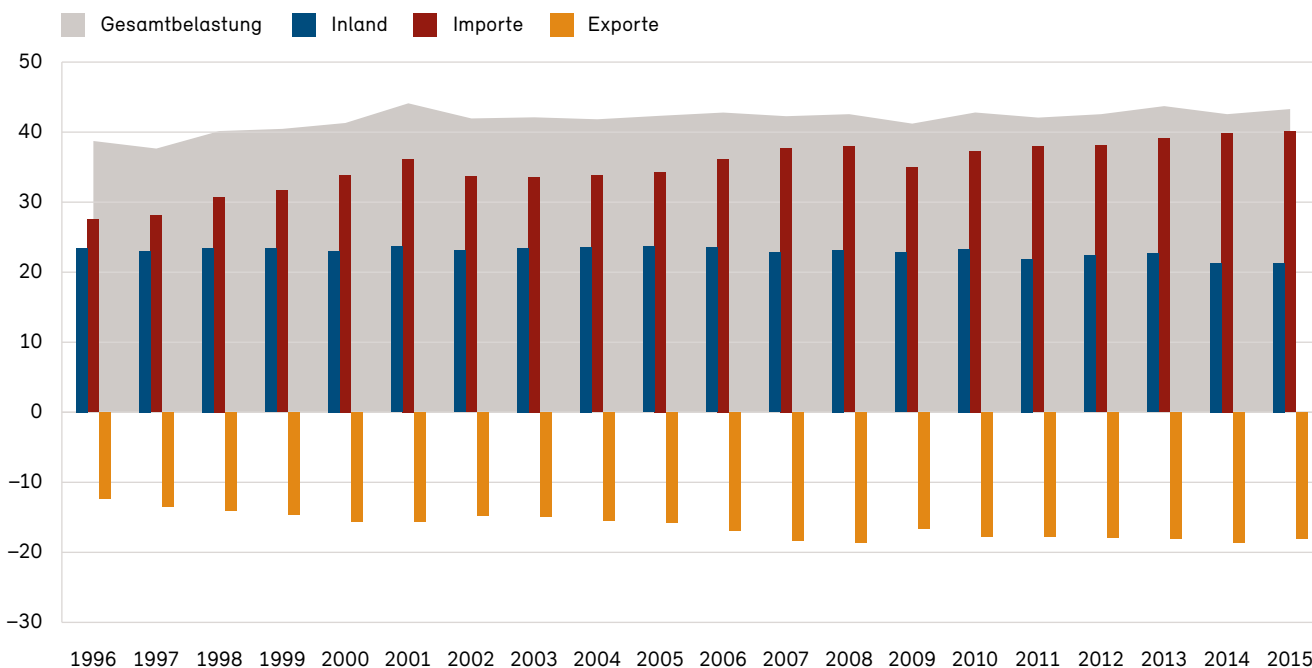
Die Abnahme des inländischen Anteils des «Ökologischen Fussabdrucks» über den betrachteten Zeitraum wird durch die Zunahme im Ausland, verursacht durch den Nettoimport von Waren und Dienstleistungen leicht überkompensiert, sodass der konsumbedingte «Ökologische Fussabdruck» im Jahr 2015 knapp 12 % höher ist als noch im Jahr 1996. Für das Jahr 2015 resultiert ein konsumbedingter «Ökologischer Fussabdruck» von rund 43 Millionen globalen Hektaren. Der «Ökologische Fussabdruck» des Imports und Exports hat über die ganze Zeitreihe abgesehen von wenigen Jahren (vor allem 2002 aufgrund deutlich geringerer Stromimporte und 2009 als Folge der Finanzkrise) kontinuierlich zugenommen, während der «Ökologische Fussabdruck» des Inlands über die gesamte Zeitreihe hinweg um rund 9 % abnahm.

Der Verbrauch fossiler Energien macht im gesamten Zeitraum nie weniger als 67 % des «Ökologischen Fussabdrucks» der Schweiz aus (siehe Abbildung 26). Im Jahr 2001 sind die fossilen CO<sub>2</sub>-Emissionen sogar für knapp 73 % des «Ökologischen Fussabdrucks» verantwortlich, was auch den Peak im Jahr 2001 erklärt. Der Ackerbau trägt im Jahr 2015 rund 13 % zum «Ökologischen Fussabdruck» der Schweiz bei.

Abbildung 25

**Konsumperspektive – «Ökologischer Fussabdruck» nach GFN absolut**

Entwicklung des konsumbedingten «Ökologischen Fussabdrucks» in Millionen globale Hektaren; Faktoren gemäss Bilanz Schweiz 2017 (Global Footprint Network 2017; Frischknecht 2016). Neben dem gesamten «Ökologischen Fussabdruck» der Schweiz (entspricht Gesamtbelastung = Inland + Import – Export) werden der inländische «Ökologische Fussabdruck», sowie der «Ökologische Fussabdruck» durch Importe und jener durch Exporte von Waren und Dienstleistungen separat gezeigt.



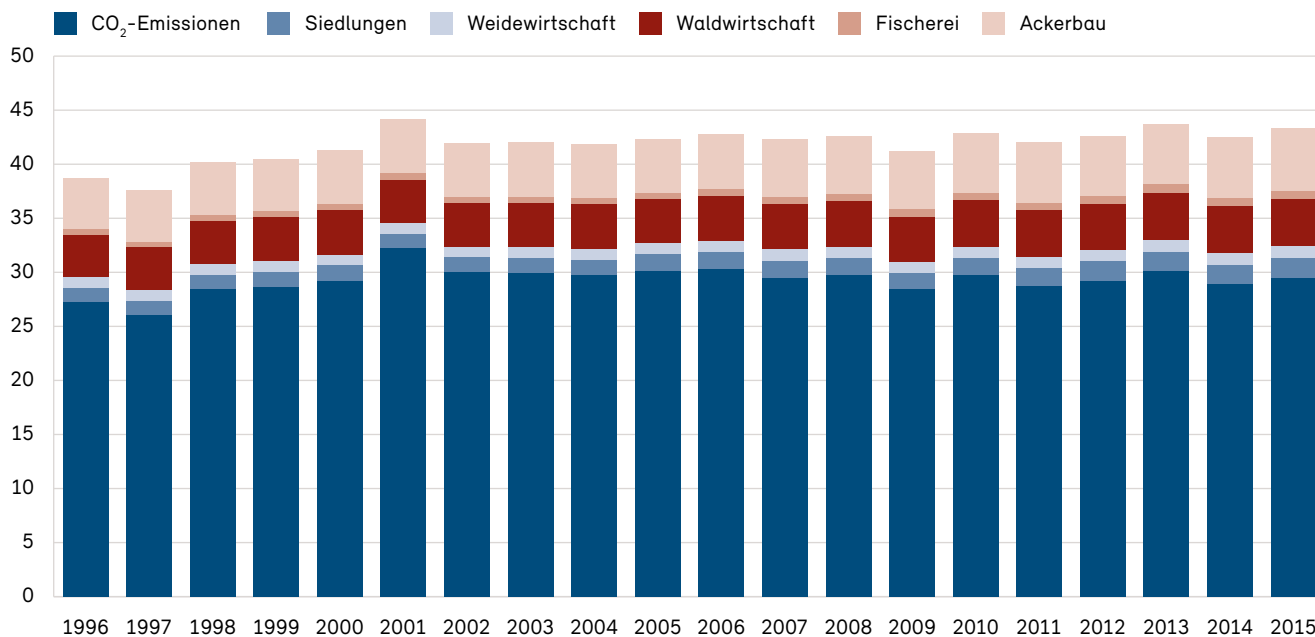
Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.



Abbildung 26

## Konsumperspektive – «Ökologischer Fussabdruck» aufgeteilt in dessen Kategorien

Entwicklung der einzelnen Kategorien des konsumbedingten «Ökologischen Fussabdrucks» in Millionen globale Hektaren; Faktoren gemäss Bilanz Schweiz 2017 (Global Footprint Network 2017; Frischknecht 2016).



Quelle: Berechnungen treeze.

## Inländische und ausländische Anteile am «Ökologischen Fussabdruck» pro Person

*Der konsumbedingte «Ökologische Fussabdruck» pro Person nimmt leicht ab*

Abbildung 27 zeigt die Entwicklung des durch inländische und ausländische Aktivitäten verursachten «Ökologischen Fussabdrucks» pro in der Schweiz wohnhafte Person. Der inländische Anteil am «Ökologischen Fussabdruck» belief sich in den Jahren 1996 und 2015 auf 49 % beziehungsweise 37 % und hat damit über die Zeitreihe hinweg um knapp 27 % abgenommen. Die Summe der beiden Anteile entspricht dem (konsumbedingten) «Ökologischen Fussabdruck» der Schweiz («Gesamtbelastung» in Abbildung 25) pro Kopf. Der «Ökologische Fussabdruck» pro Kopf lag im Jahr 1996 bei knapp 5,5, weist im Jahr 2001 bei 6,1 globalen Hektaren pro Person einen Peak auf und sank danach auf **5,2 globale Hektaren pro Person (im Jahr 2015)**. Dies entspricht, hochgerechnet auf die Weltbevölkerung, **3,1 Erden**.

Der «Ökologische Fussabdruck» pro Person hat demzufolge über die gesamte Zeitreihe betrachtet um knapp 5 % abgenommen, während er absolut um 12 % zugenommen hat (vgl. oben).

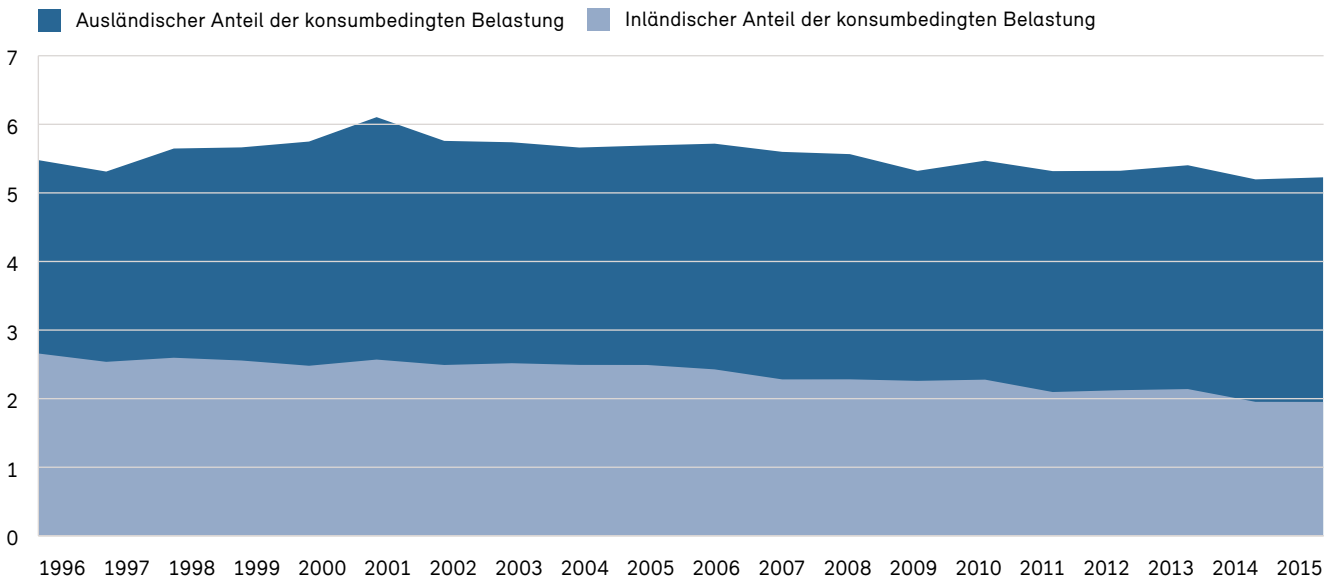
In der Vorgängerstudie (Frischknecht et al. 2014) resultierte zum Beispiel für das Jahr 2011 ein konsumbedingter «Ökologischer Fussabdruck» von 3,9 globalen Hektaren pro Person. Dies liegt 35 % unter dem «Ökologischen Fussabdruck» (6,1 globale Hektaren pro Person) des Jahres 2011 gemäss der hier angewendeten aktualisierten Methode. Gemäss der aktuellen Methode wird rund 27 % mehr Fläche zur Kompensation von einem kg fossilem CO<sub>2</sub> benötigt, und der Erntefaktor im Ackerbau liegt tiefer. Hinzu kommt, dass in der vorliegenden Zeitreihe der «Ökologische Fussabdruck» für Fischgründe erstmals ebenfalls eingerechnet wird.

In Unterkapitel 4.3 werden die vorliegenden Ergebnisse mit jenen aufgrund der Daten des Global Footprint Networks (GNF) verglichen.

Abbildung 27

**Konsumperspektive – inländische und ausländische Anteile am konsumbedingten «Ökologischen Fussabdruck» pro Person**

Entwicklung des «Ökologischen Fussabdrucks» pro Person in Millionen globale Hektaren; Faktoren gemäss Bilanz Schweiz 2017 (Global Footprint Network 2017; Frischknecht 2016), aufgeteilt in den im Inland und im Ausland verursachten «Ökologischen Fussabdruck».



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

**ILCD****Konsumperspektive***Die konsumbedingte Gesamtumweltbelastung nach ILCD nimmt zu*

Die Entwicklung der konsumbedingten Gesamtumweltbelastung nach ILCD ist in Abbildung 28 dargestellt. Zwischen 1996 und 2015 war die Gesamtumweltbelastung nach ILCD zwar Schwankungen unterworfen, insgesamt aber praktisch unverändert geblieben. Während die inländische Belastung im Betrachtungszeitraum deutlich gesunken ist (46 %) nahm die Belastung des Aussenhandels deutlich zu. Bei der ILCD-Methode erhalten im Jahr 2015 Humantoxizität (Krebs- und Nicht-Krebseffekte mit je 23 %), mineralische und fossile Ressourcen (9 %) und Süswasser-Ökotoxizität (8 %) ein hohes Gewicht. Die Treibhausgas-Emissionen steuern in dieser Methode rund 3 % zur Gesamtumweltbelastung bei. Ein Grossteil der über den Betrachtungszeitraum beobachteten Zunahme der Gesamtumweltbelastung entfällt auf die Bereiche Humantoxizität, Krebseffekte und mineralische

und fossile Ressourcen. Demgegenüber hat die Belastung im Umweltbereich Ozonschichtabbau zwischen 1996 und 2015 stark abgenommen. Der zeitliche Verlauf der Gesamtumweltbelastung nach ILCD ähnelt dem in Abbildung 14 gezeigten Verlauf gemäss der UBP-Methode.

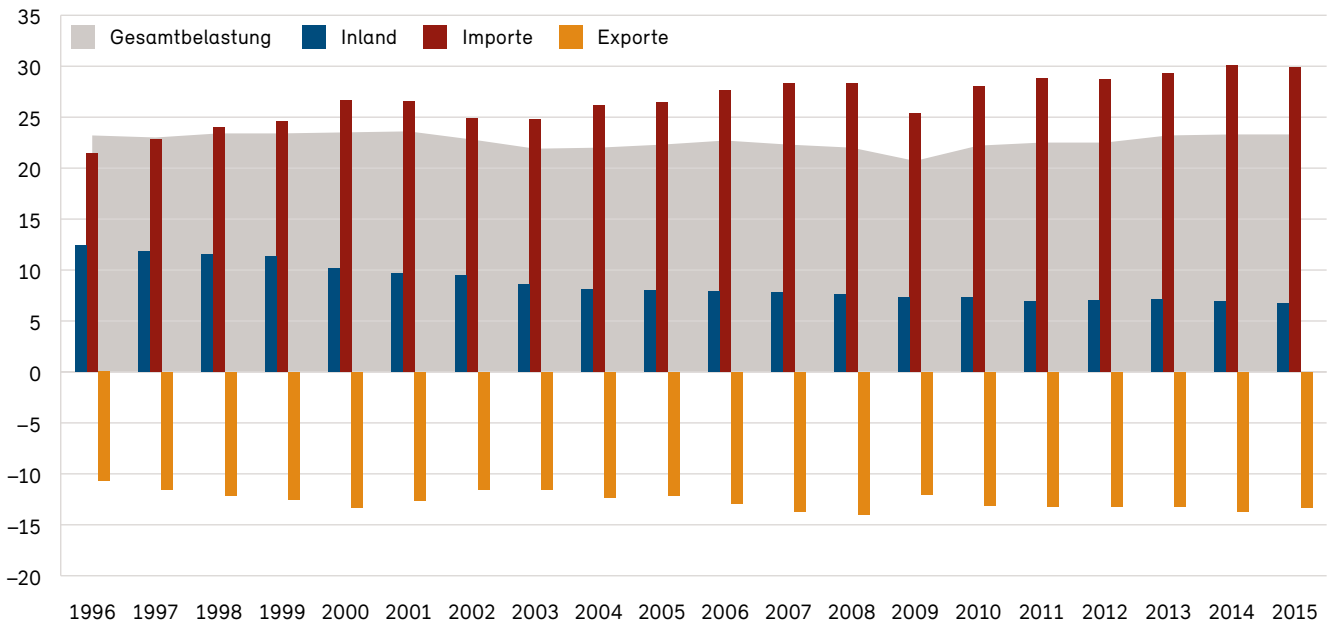
**Inländische und ausländische Anteile an der Gesamtumweltbelastung pro Person***Die konsumbedingte Gesamtumweltbelastung pro Person nach ILCD nimmt leicht ab*

Abbildung 24 zeigt die konsumbedingte Gesamtumweltbelastung pro Person nach ILCD sowie die Aufteilung auf die im Inland und im Ausland verursachte Belastung. Zwischen 1996 und 2015 nahm die Gesamtumweltbelastung nach ILCD bezogen auf die ständige Wohnbevölkerung in der Schweiz um 14 % ab. Der inländische Anteil an der konsumbedingten Belastung sank im Betrachtungszeitraum von 40 % auf 20 %.

**Abbildung 28**

**Konsumperspektive – Gesamtumweltbelastung nach ILCD**

Entwicklung der konsumbedingten Gesamtumweltbelastung nach ILCD in Millionen Punkten (European Commission 2013; Benini et al. 2014). Neben der Gesamtbelastung (Inland + Import – Export) werden die inländische Belastung, die Belastung durch Importe von Waren und Dienstleistungen und die Belastung durch Exporte von Waren und Dienstleistungen separat gezeigt.

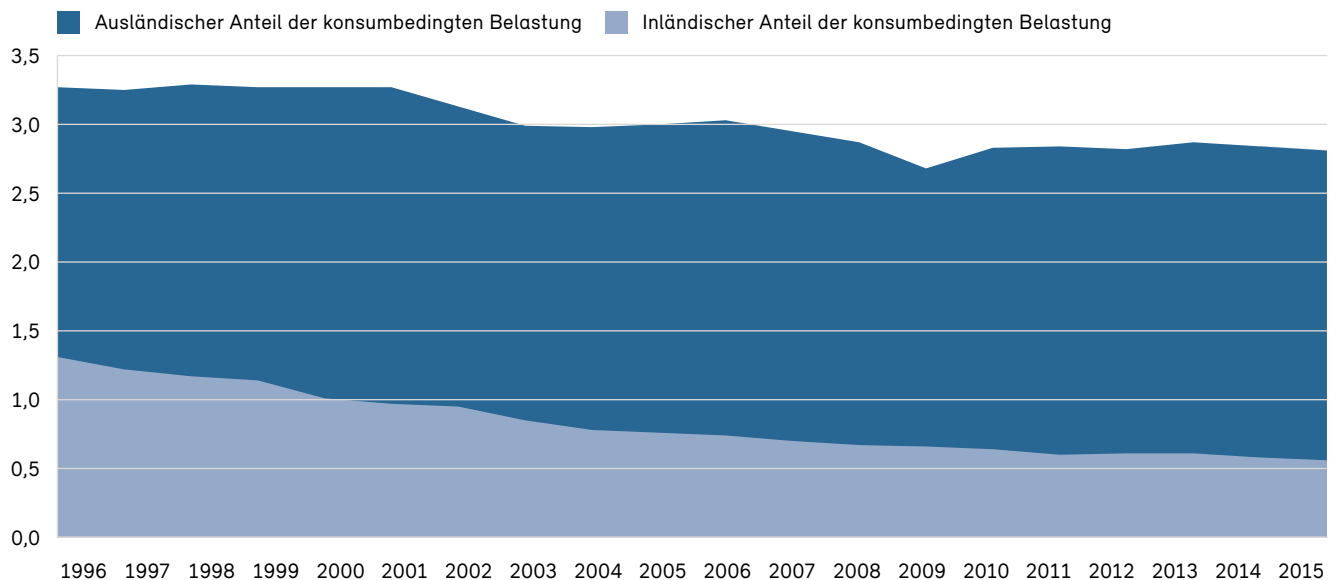


Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

**Abbildung 29**

**Konsumperspektive – inländische und ausländische Anteile an der konsumbedingten Gesamtumweltbelastung pro Person nach ILCD**

Entwicklung der Gesamtumweltbelastung in Punkten pro Person (ständige Wohnbevölkerung in der Schweiz) gemäss der ILCD-Methode (European Commission 2013; Benini et al. 2014), aufgeteilt in die im Inland und im Ausland verursachte konsumbedingte Belastung.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

## Vergleich der gesamtaggregierenden Methoden (Konsumperspektive)

### Gesamtentwicklung (Konsumperspektive)

Die Entwicklung der konsumbedingten Gesamtumweltbelastung pro Kopf bewertet mit der UBP-Methode (Methode der ökologischen Knappheit), der ILCD-Methode, der ReCiPe-Methode und dem «Ökologischen Fussabdruck» ist in Abbildung 30 dargestellt. Die berechneten Umweltbelastungen wurden auf das Jahr 1996 indexiert.

Die Gesamtumweltbelastung pro Person gemäss der UBP-Methode zeigt zwischen 1996 und 2015 mit über 19% die grösste Abnahme. Die Gesamtumweltbelastung gemäss ILCD sinkt um rund 14%, die Gesamtumweltbelastung pro Person gemäss ReCiPe um 4,5% und der «Ökologische Fussabdruck» um knapp 5%. Je grösser die Bedeutung der Umweltbereiche Luftqualität und Ozonschicht abbauende Substanzen in den betrachteten Methoden ist, desto eher vermögen die Reduktion der inländischen Belastung in diesen Bereichen der Zunahme

der netto importierten Umweltbelastung entgegen zu wirken. Die UBP-Methode 2013 und ILCD zeigen wie schon in der Vorgängerstudie einen ähnlichen Verlauf, wobei in den letzten Jahren eine abweichende Tendenz beobachtet werden kann.

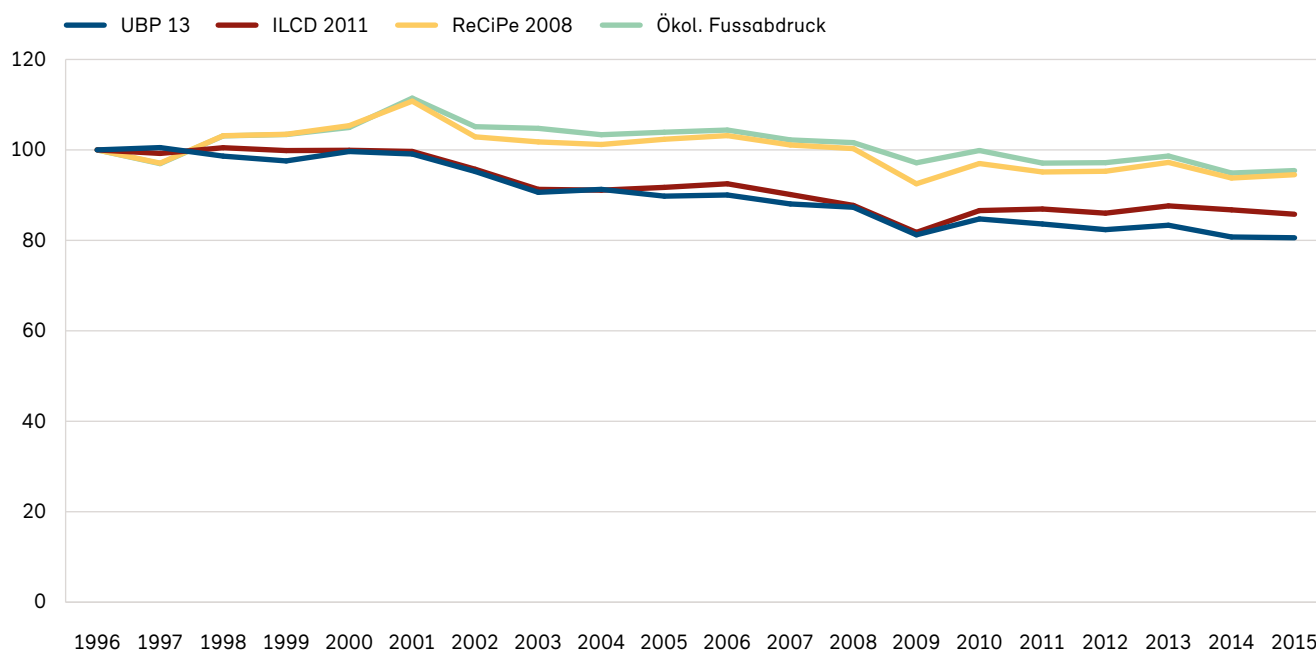
Die Gesamtumweltbelastung gemäss dem «Ökologischen Fussabdruck» hat im Betrachtungszeitraum trotz eines vergleichsweise hohen Inlandanteils nur leicht abgenommen, weil mit dieser Methode nur die Umweltbereiche Landnutzung und CO<sub>2</sub>-Emissionen bewertet werden.

Die analysierten gesamtaggregierenden Indikatoren zeigen einen ähnlichen Verlauf. Die relativen Minima und Maxima in den Jahren 2001, 2009, 2013 und 2014 werden von den Methoden ziemlich konsistent wiedergegeben, wenn auch auf unterschiedlichem Niveau und mit verschieden starker Ausprägung. Der «Ökologische Fussabdruck» zeigt im Allgemeinen deutlich geringere jährliche Schwankungen als die Gesamtumweltbelastung gemäss den übrigen Methoden, da nur ausgewählte

Abbildung 30

### Konsumperspektive – Entwicklung gemäss gesamtaggregierenden Methoden (pro Person, indexiert)

Konsumbedingte Gesamtumweltbelastung pro Person bewertet mit der UBP-Methode 2013, ILCD, ReCiPe und «Ökologischem Fussabdruck», indexiert (1996 = 100%).



Umweltbereiche (fossiles CO<sub>2</sub> und Landnutzung) berücksichtigt werden.

#### Inländische und ausländische Anteile an der Gesamtumweltbelastung

Tabelle 4 zeigt den Anteil der konsumbedingten Umweltbelastung im Inland und Ausland für die Jahre 1996 und 2015 für die gesamtaggregierenden Indikatoren.

Der Anteil der konsumbedingten Umweltbelastung im Ausland hat für alle Indikatoren über den untersuchten Zeitraum zugenommen. Der im Ausland verursachte Anteil der Gesamtumweltbelastung gemäss der UBP-Methode nahm zwischen 1996 und 2015 von 58 % auf 73 % zu. Dieser Wert liegt im Mittelfeld zwischen den anderen untersuchten Methoden. Bei der Gesamtumweltbelastung gemäss ILCD wurde die stärkste Zunahme des Auslandanteils beobachtet mit 80 % im Jahr 2015. Der ausländische Anteil der konsumbedingten Umweltbelastung gemäss ReCiPe lag mit 72 % schon im Jahr 1996 relativ hoch und stieg auf 82 %. Der «Ökologische Fussabdruck» hatte im Jahr 1996 mit 51 % den höchsten Inlandanteil und weist im Vergleich zu den übrigen gesamtaggregierenden Indikatoren die geringste Veränderung auf (63 % im Jahr 2015).

Tabelle 4

Inländische und ausländische Anteile der konsumbedingten Gesamtumweltbelastung bewertet mit der UBP-Methode 2013, ILCD, ReCiPe und «Ökologischem Fussabdruck» in den Jahren 1996 und 2015

	UBP-Methode		ILCD		ReCiPe		«Ökol. Fussabdruck»	
	Inland	Ausland	Inland	Ausland	Inland	Ausland	Inland	Ausland
1996	42 %	58 %	40 %	60 %	28 %	72 %	49 %	51 %
2015	27 %	73 %	20 %	80 %	18 %	82 %	37 %	63 %

### 4.2.3 Treibhausgas-Fussabdruck

#### Produktionsperspektive

*Treibhausgas-Emissionen der Schweiz nehmen in Produktionsperspektive ab*

Abbildung 31 zeigt die Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen aus der Produktionsperspektive, aufgeteilt in Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), andere Kyoto-Substanzen<sup>19</sup> und klimawirksame, Ozonschicht abbauende Substanzen (ODS). Die inländischen Emissionen der Treibhausgase nahmen über den untersuchten Zeitraum um 3 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-eq ab und beliefen sich im Jahr 2015 auf rund 59 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-eq. Die Emissionen klimawirksamer, Ozonschicht abbauender Substanzen nahmen von 9,7 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-eq im Jahr 1996 auf 1,2 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-eq im Jahr 2015 ab. Da die Emissionen der Ozonschicht abbauenden Substanzen in Zukunft nicht mehr wesentlich abnehmen werden, ist eine weitere Reduktion der gesamten inländischen Treibhausgas-Emissionen nur noch über die Reduktion der Emissionen der Kyoto-Substanzen zu erreichen. Diese zeigen deutliche Schwankungen über die einzelnen Jahre. Die in Abbildung 31 gezeigten Treibhausgas-Emissionen aus der Produktionsperspektive sind höher als die im schweizerischen Treibhausgasinventar ausgewiesenen Emissionen (BAFU 2016c), weil die Emissionen des internationalen Flugverkehrs berücksichtigt und die Emissionen auf das Inlandsprinzip umgerechnet wurden (siehe Technischer Bericht, Abschnitt 2.4.5 und Unterkapitel 2.5).

<sup>19</sup> Im hier dargestellten Treibhausgas-Fussabdruck werden generell alle Treibhausgase berücksichtigt, die auch international unter der Klimarahmenkonvention (UNFCCC) und dem Kyoto-Protokoll rapportiert werden. Diese Treibhausgase werden im Bericht auch als Kyoto-Substanzen bezeichnet und umfassen CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub> und NF<sub>3</sub>. Falls zusätzlich die klimawirksamen, Ozonschicht abbauenden Substanzen berücksichtigt sind, werden diese separat ausgewiesen und im Text erwähnt.

### Konsumperspektive

#### Treibhausgas-Emissionen der Schweiz aus Konsumperspektive nehmen zu

In der Konsumperspektive werden neben den inländischen Treibhausgas-Emissionen auch die im Ausland durch den Import von Waren und Dienstleistungen verursachten Emissionen berücksichtigt. Die durch exportierte Waren und Dienstleistungen verursachten Treibhausgas-Emissionen werden hingegen von den inländischen Emissionen abgezogen. Die Entwicklung der konsumbedingten Treibhausgas-Emissionen ist in Abbildung 32 dargestellt. Die Gesamtemissionen sind aufgeteilt in die inländischen Emissionen, die Emissionen durch Importe von Waren und Dienstleistungen und die Emissionen durch Exporte von Waren und Dienstleistungen.

Die Abnahme der inländischen Treibhausgas-Emissionen wird durch die Zunahme der im Ausland verursachten Emissionen der importierten Waren und Dienstleistungen überkompensiert. Insgesamt resultiert im Jahr 2015 eine Zunahme der absoluten konsumbedingten Treibhausgas-Emissionen von rund 12 % gegenüber den Emissionen im Jahr 1996. Ein Grossteil dieser Zunahme war in den ersten zehn Jahren zu beobachten. Mit **116 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-eq im Jahr 2015 sind die konsumbedingten Treibhausgas-Emissionen knapp doppelt so hoch wie die inländischen Emissionen gemäss der Produktionsperspektive.**

Im Vergleich zur Vorgängerstudie von Frischknecht et al. (2014) sind die in Abbildung 32 gezeigten konsumbedingten Treibhausgas-Emissionen leicht höher. Die wichtigs-

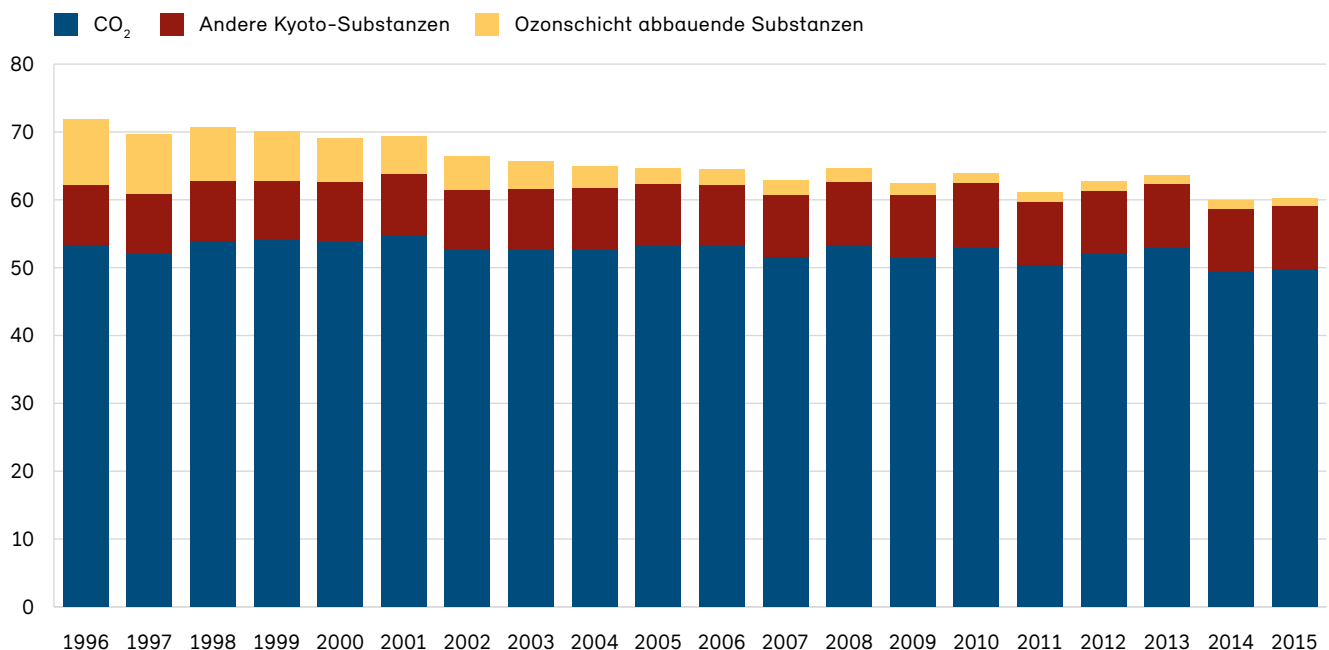
#### Produktionsperspektive: Abnahme der Treibhausgas-Emissionen

Abbildung 31

#### Produktionsperspektive (Kyoto-Substanzen und ODS)

Entwicklung der inländischen Treibhausgas-Emissionen in Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-eq gemäss Treibhauspotenzialen von IPCC (2007), aufgeteilt in CO<sub>2</sub>, andere Kyoto-Substanzen (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub> und NF<sub>3</sub>) und klimawirksame Ozonschicht abbauende Substanzen (ODS).

Die Treibhausgas-Emissionen wurden auf das Inlandsprinzip umgerechnet und berücksichtigen die Emissionen (inkl. Erwärmungseffekte) des Flugverkehrs. Sie entsprechen darum nicht den Emissionen des Treibhausgasinventars (BAFU 2016c).

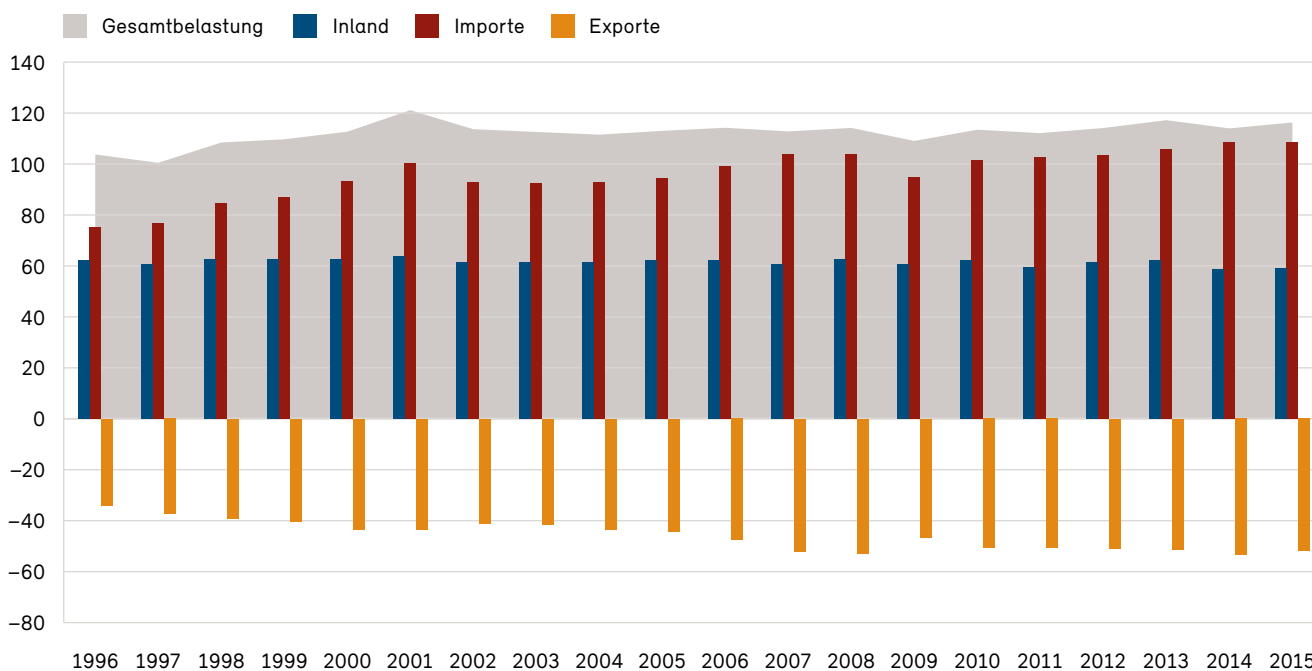


Quelle: Berechnungen treeze.

Abbildung 32

**Konsumperspektive – Treibhausgas-Fussabdruck absolut (Kyoto-Substanzen)**

Entwicklung der konsumbedingten Treibhausgas-Emissionen in Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-eq gemäss Treibhauspotenzialen von IPCC (2007). Neben der Gesamtbelastung (Inland + Import – Export) werden die inländischen Treibhausgas-Emissionen, die Emissionen durch Importe und die Emissionen durch Exporte separat gezeigt. Die inländischen Treibhausgas-Emissionen wurden auf das Inlandsprinzip umgerechnet und berücksichtigen die Emissionen des Flugverkehrs. Sie entsprechen darum nicht den Emissionen des Treibhausgasinventars (BAFU 2016c).



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

ten Gründe für diese Veränderung sind in Abschnitt 4.6.1 beschrieben.

Abbildung 33 zeigt die Entwicklung der konsumbedingten Treibhausgas-Emissionen, die eine in der Schweiz wohnhafte Person pro Jahr verursacht hat. Mit Ausnahme des Jahres 2001 lagen die Treibhausgas-Emissionen pro Person zwischen 1996 und 2008 bei 15 bis 15,5 t CO<sub>2</sub>-eq pro Person. Seither liegen die Treibhausgas-Emissionen, mit leichten jährlichen witterungsbedingten Schwankungen, bei 14,0 bis 14,5 t CO<sub>2</sub>-eq pro Person.

*Exkurs:* Die Zeitreihe des Treibhausgas-Fussabdrucks unter **Berücksichtigung aller klimawirksamen Substanzen**, also der Treibhausgase gemäss Kyoto-Protokoll und der durch das Montreal-Protokoll regulierten Ozonschicht abbauenden Substanzen (ODS), ist in Abbildung 34 dargestellt. Die ODS werden vor allem im Inland emittiert und

nehmen über den Betrachtungszeitraum deutlich ab. Im Jahr 2015 ist der Anteil der ODS an den gesamten konsumbedingten Treibhausgas-Emissionen geringer als 1%.

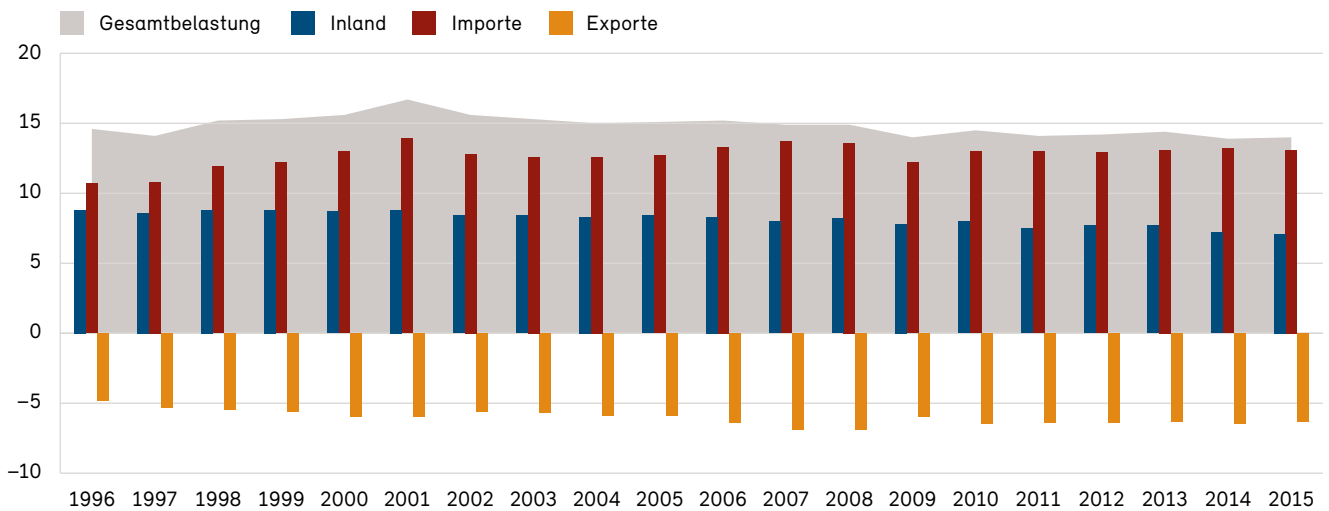
**Inländische und ausländische Anteile am Treibhausgas-Fussabdruck**

*Der Anteil der inländischen Treibhausgas-Emissionen an der konsumbedingten Belastung nimmt ab*  
Abbildung 35 und Abbildung 36 zeigen die Entwicklung der durch den Konsum im Inland beziehungsweise im Ausland verursachten Treibhausgas-Emissionen (absolut und pro Person).<sup>20</sup> Die dem Schweizer Konsum anrechenbaren Treibhausgas-Emissionen im Inland sind im betrachteten Zeitraum rückläufig, während diejenigen im

<sup>20</sup> Der inländische Anteil der konsumbedingten Treibhausgas-Emissionen entspricht nicht den Treibhausgas-Emissionen gemäss der Produktionsperspektive, da ein Teil der in der Schweiz emittierten Treibhausgase den exportierten Gütern und nicht dem Schweizer Konsum angerechnet wird.

**Abbildung 33**  
**Konsumperspektive – Treibhausgas-Fussabdruck pro Person (Kyoto-Substanzen)**

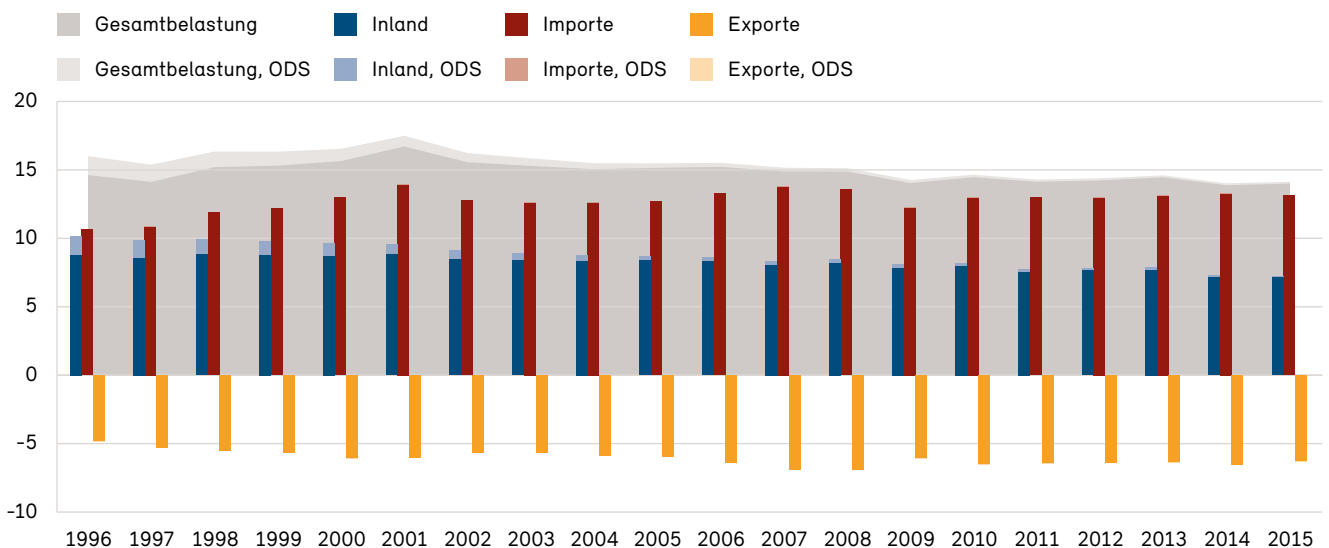
Entwicklung des Treibhausgas-Fussabdrucks in Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Person (ständige Wohnbevölkerung in der Schweiz) gemäss Treibhauspotenzialen von IPCC (2007). Neben der Gesamtbelastung (Inland + Import – Export) werden die inländischen Treibhausgas-Emissionen, die Emissionen durch Importe und die Emissionen durch Exporte separat gezeigt. Die inländischen Treibhausgas-Emissionen wurden auf das Inlandsprinzip umgerechnet und berücksichtigen die Emissionen des Flugverkehrs. Sie entsprechen darum nicht den Emissionen des Treibhausgasinventars (BAFU 2016c).



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

**Abbildung 34**  
**Konsumperspektive – Treibhausgas-Fussabdruck pro Person (Kyoto-Substanzen und ODS)**

Entwicklung des konsumbedingten Treibhausgas-Fussabdrucks in Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Person (ständige Wohnbevölkerung in der Schweiz) gemäss Treibhauspotenzialen von IPCC (2007) mit Einbezug der klimawirksamen, Ozonschicht abbauenden Substanzen (ODS). Neben der Gesamtbelastung (Inland + Import – Export) werden die inländischen Treibhausgas-Emissionen, die Emissionen durch Importe und die Emissionen durch Exporte separat gezeigt, jeweils unterschieden in ODS und nicht-ODS. Die inländischen Treibhausgas-Emissionen wurden auf das Inlandsprinzip umgerechnet und berücksichtigen die Emissionen des Flugverkehrs. Sie entsprechen darum nicht den Emissionen des Treibhausgasinventars (BAFU 2016c).



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.



Ausland zunehmen. Die Gründe sind, wie beim Verlauf der Gesamtumweltbelastung (UBP 2013, siehe Abschnitt 4.2.1), nicht eindeutig eruiert. Da die Treibhausgas-Emissionen nicht branchenspezifisch modelliert wurden, bleibt unklar, inwieweit der Strukturwandel in der Schweiz (Zunahme des Dienstleistungssektors zulasten des Industriesektors) einen Grund für die beschriebene Entwicklung darstellt.

gesamten Inland-Emissionen unterteilt in Emissionen der Wirtschaft und der Haushalte und die Emissionen der Haushalte vollständig als inländische Umweltbelastung verbucht. Damit wird der Anteil der übrigen Treibhausgas-Emissionen, die auf das Inland und das Ausland aufgeteilt werden, geringer. Dieser Ansatz ist im Unterkapitel 2.7 detailliert beschrieben.

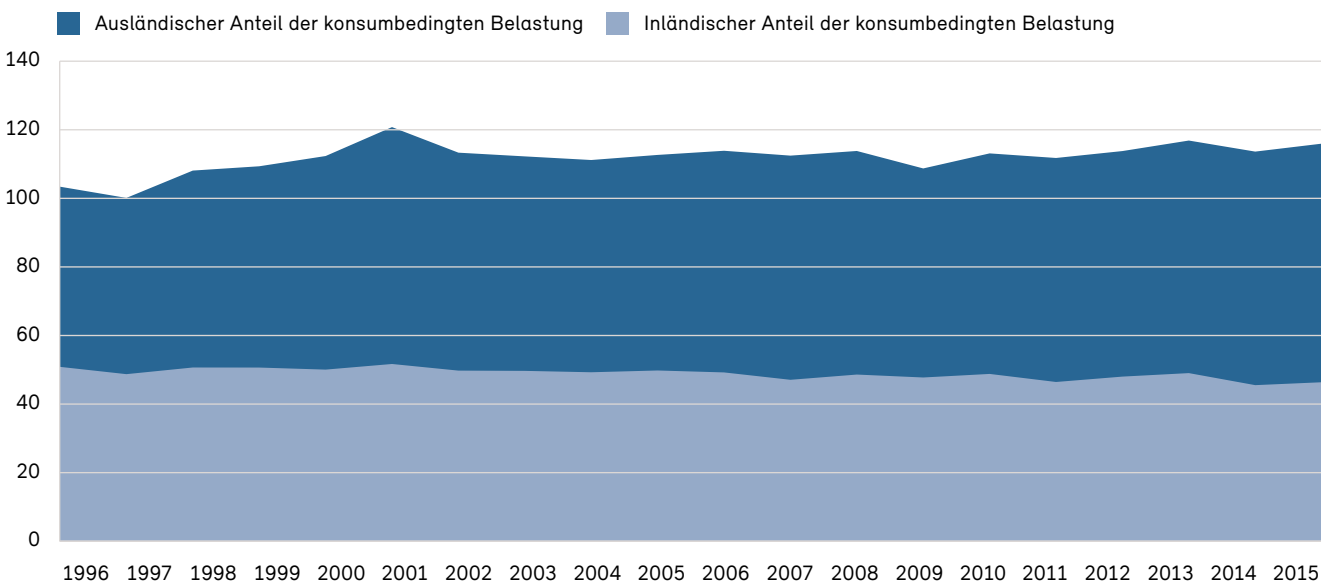
Der inländische Anteil an den konsumbedingten Treibhausgas-Emissionen belief sich in den Jahren 2011 und 2015 auf 42 % beziehungsweise 40 %. Diese Anteile sind spürbar höher als der Anteil der im Inland verursachten konsumbedingten Emissionen im Jahr 2011 aus der Vorgängerstudie (34 %). Der Unterschied ist hauptsächlich auf eine Anpassung der Methode zur Abschätzung des Inlandanteils an den konsumbedingten inländischen Umweltbelastungen zurück zu führen. Neu wurden die

*Konsumperspektive: Zunahme des ausländischen Anteils am Treibhausgas-Fussabdruck*

**Abbildung 35**

**Konsumperspektive – inländische und ausländische Anteile am konsumbedingten Treibhausgas-Fussabdruck (Kyoto-Substanzen)**

*Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen in Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-eq gemäss Treibhauspotenzialen von IPCC (2007), aufgeteilt in die im Inland und im Ausland verursachten konsumbedingten Emissionen. Die Differenz zwischen den Emissionen gemäss Produktionsperspektive und dem hier gezeigten Inlandanteil entspricht den Emissionen, die der Exportwirtschaft angerechnet werden.*

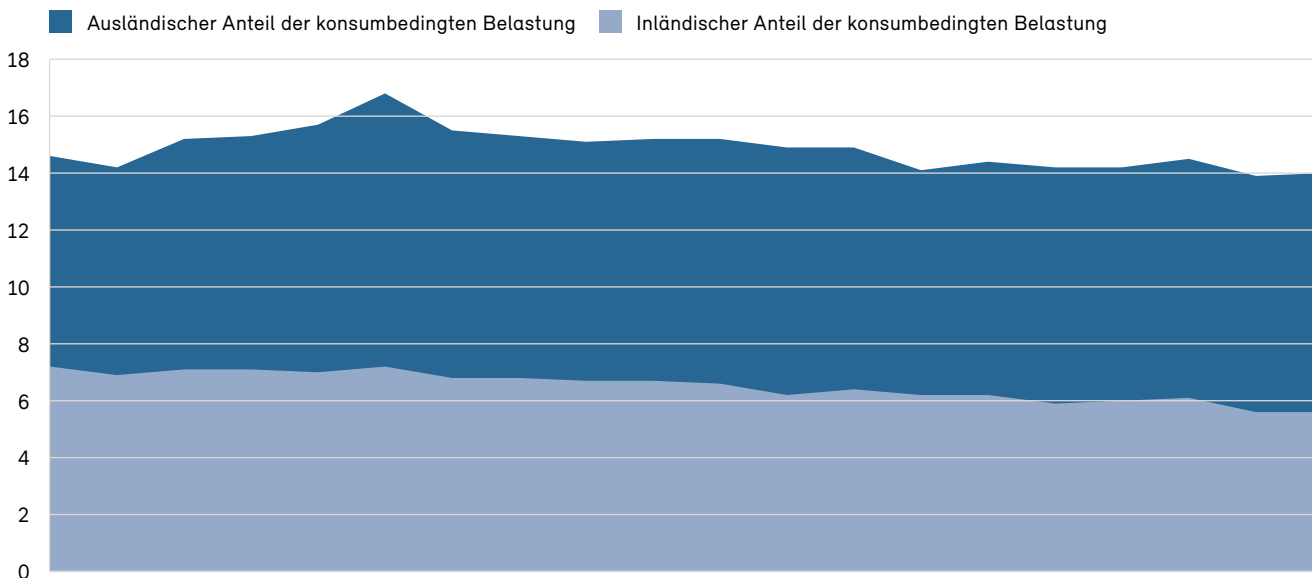


Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

Abbildung 36

**Konsumperspektive – inländische und ausländische Anteile am konsumbedingten Treibhausgas-Fussabdruck pro Person (Kyoto-Substanzen)**

Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen in Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Person (ständige Wohnbevölkerung in der Schweiz) gemäss Treibhauspotenzialen von IPCC (2007), aufgeteilt in die im Inland und im Ausland verursachten konsumbedingten Emissionen.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

**Auswertung der Importe und Exporte nach umweltrelevanten Warengruppen**

Zu den wichtigsten Produktgruppen für die Treibhausgas-Emissionen der Warenimporte gehören Erdöl und Erdölzeugnisse, Strom sowie Metalle, Maschinen und Strassenfahrzeuge (Abbildung 37). Zusätzlich wird ein substantieller Anteil der Treibhausgas-Emissionen von weiteren Produktgruppen wie Nahrungs- und Futtermittel verursacht. Aus Abbildung 37 wird deutlich sichtbar, dass die Stromimporte einen grossen Einfluss auf den Verlauf der Treibhausgas-Emissionen der Importe haben und hauptverantwortlich sind für die starke Zunahme der Emissionen im Jahr 2001. Die Abnahme der Treibhausgas-Emissionen der Warenimporte in den Jahren 2002/2003 und 2009 ist im wirtschaftlichen Abschwung nach dem Platzen der dot.com-Blase, den Terroranschlägen von 9/11 und dem Swissair-Grounding bzw. nach der Bankenkrise begründet.

Die wichtigsten Produktgruppen für die Treibhausgas-Emissionen der Warenexporte sind in Abbildung 38 dargestellt. Zusätzlich zu den bereits bei den Warenimporten als relevant identifizierten Metallen und Maschi-

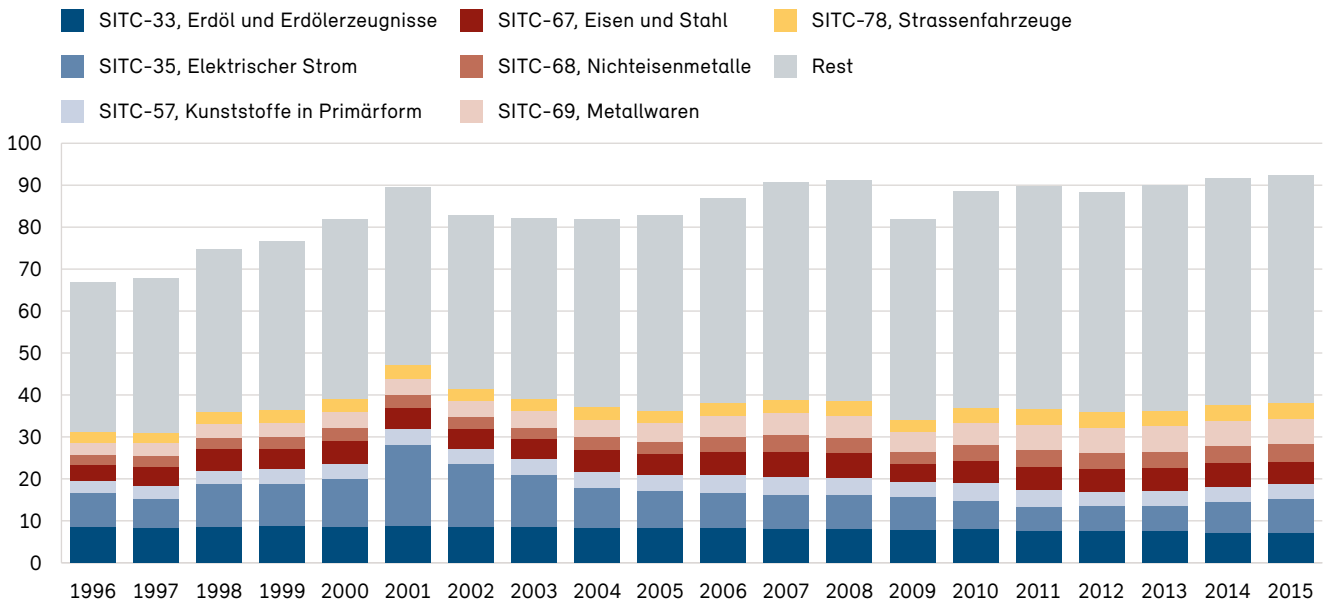
nen sind bei den Exporten auch die Produktgruppen «Papier und Karton», «Kaffee, Tee, Kakao und Gewürze»<sup>21</sup> sowie «Textilgarne und Gewebe» von Bedeutung. Die Treibhausgas-Emissionen der Exporte von elektrischen Maschinen und Kaffee, Tee, Kakao und Gewürzen nehmen im Zeitverlauf zu, während bei den Exporten von Textilgarnen und Geweben eine Abnahme verzeichnet wird.

<sup>21</sup> Diese Warengruppe ist bei den Importen nicht separat dargestellt, da die importierten Treibhausgas-Emissionen insgesamt deutlich höher sind und andere Warengruppen wichtiger sind. Kaffee hat sich im Betrachtungszeitraum zu einem wichtigen Exportprodukt entwickelt.

**Abbildung 37**

**Treibhausgas-Emissionen des Brutto-Imports von Waren**

Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen (Kyoto-Substanzen) des Imports von Waren in Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-eq gemäss Treibhauspotenzialen von IPCC (2007). Die wichtigsten Produktgruppen werden separat gezeigt.

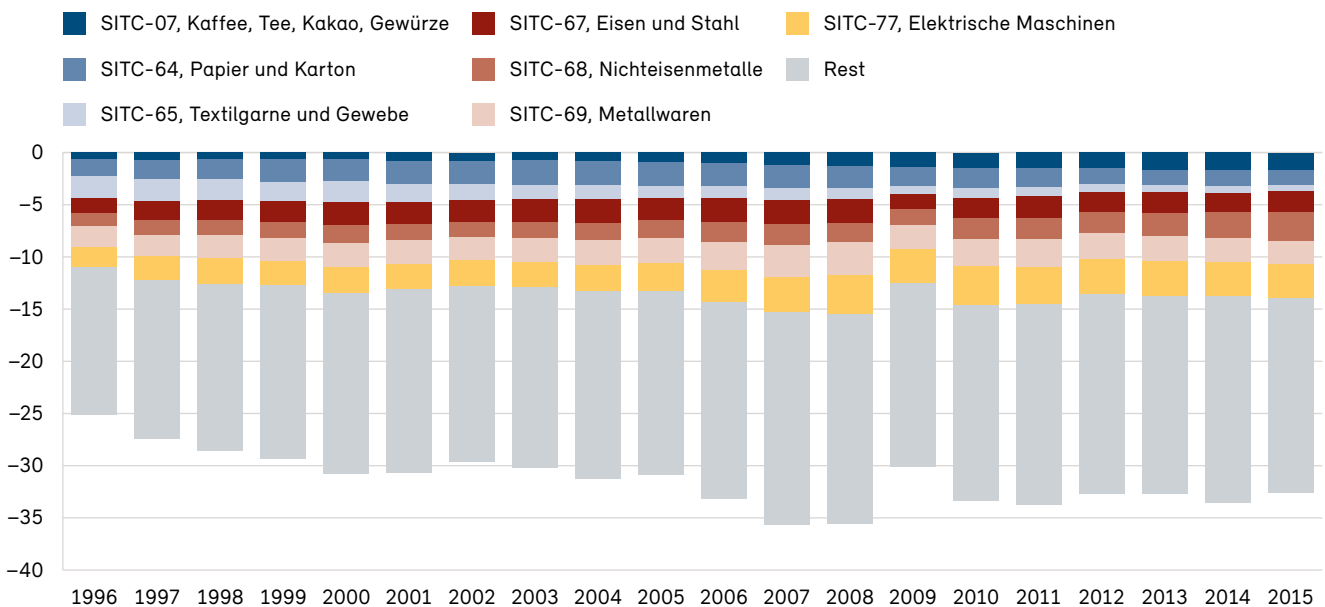


Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

**Abbildung 38**

**Treibhausgas-Emissionen des Exports von Waren**

Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen (Kyoto-Substanzen) des Exports von Waren in Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-eq gemäss Treibhauspotenzialen von IPCC (2007). Die wichtigsten Produktgruppen werden separat gezeigt.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

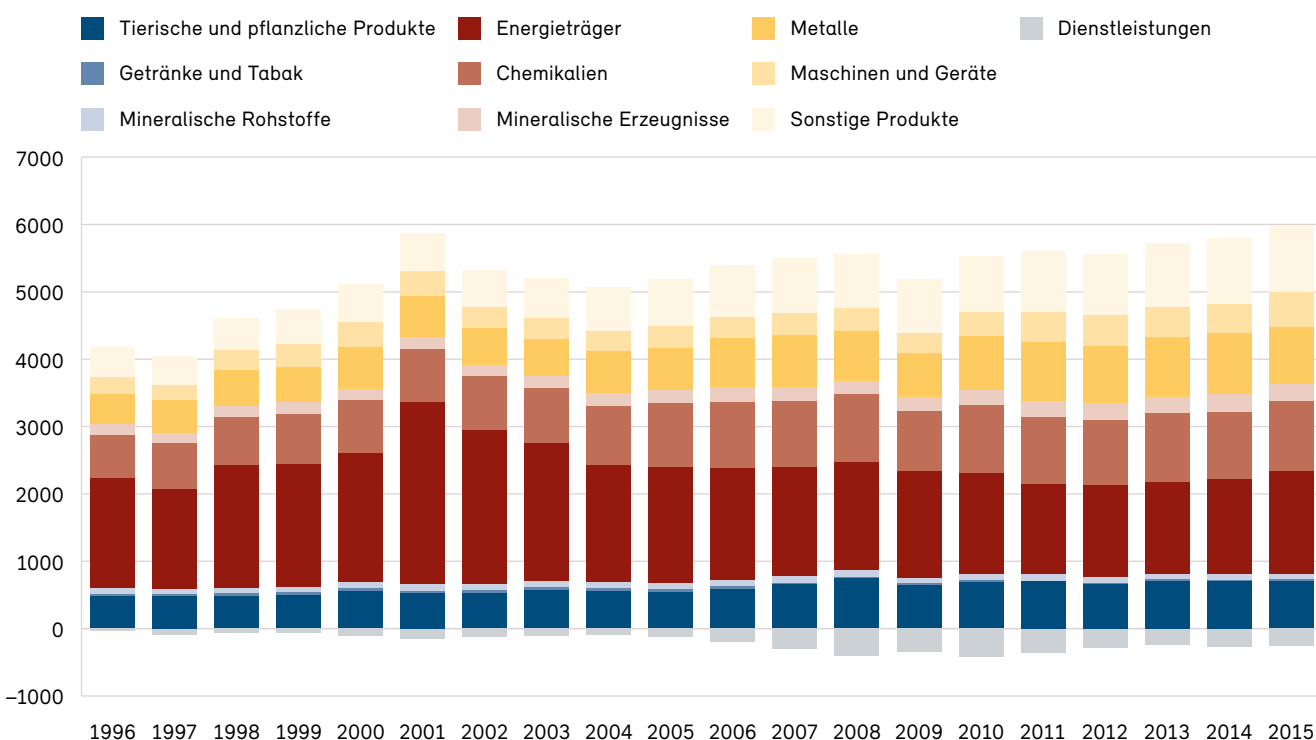
In Abbildung 39 wurden Produktgruppen zusammengefasst und die Treibhausgas-Emissionen der Importe und Exporte von Waren und Dienstleistungen saldiert. In allen Gütergruppen werden Treibhausgas-Emissionen über den ganzen Betrachtungszeitraum netto importiert. Hingegen übersteigen die Treibhausgas-Emissionen der Dienstleistungsexporte die Emissionen der Importe, was zu einem Nettoexport von Treibhausgas-Emissionen durch Dienstleistungen führt.

Die wichtigsten Gütergruppen sind, geordnet nach absteigenden Anteilen, Energieträger, Chemikalien, sonstige Produkte, Metalle, tierische und pflanzliche Produkte sowie Maschinen und Geräte. Bei den Energieträgern verursachen die Importe von Strom sowie von Erdöl- und Erdölenergieerzeugnissen mit Anteilen von 48 % bzw. 44 % im Jahr 2015 den Grossteil der netto importierten Treibhausgas-Emissionen. Für die Emissionen

in der Gütergruppe der Chemikalien sind insbesondere die Kategorien «organische chemische Erzeugnisse», «Kunststoffe in Primärform» sowie «übrige chemische Erzeugnisse» bedeutend. Die Gruppe der sonstigen Produkte umfasst unter anderem die Kategorien «Bekleidung und Bekleidungszubehör», «Möbel» und «Textilgarne und Gewebe», die relevante Anteile an den netto importierten Treibhausgas-Emissionen in dieser Gütergruppe aufweisen. Die Treibhausgas-Emissionen der Metalle werden hauptsächlich durch die Stahlherstellung (Kategorien «Eisen und Stahl» und «übrige Metallwaren») verursacht. Die Kategorie «Fleisch» trägt im Jahr 2015 rund ein Drittel zu den netto importierten Treibhausgas-Emissionen in der Gütergruppe der tierischen und pflanzlichen Produkte bei. Weiter sind die Kategorien «Kaffee, Tee, Kakao, Gewürze» und «Tierfutter» mit Anteilen von je 15 % wichtige Verursacher der Treibhausgas-Emissionen in dieser Gütergruppe.

**Abbildung 39**  
**Treibhausgas-Emissionen des Saldos von Waren und Dienstleistungen**

Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen (Kyoto-Substanzen) des Saldos von Waren und Dienstleistungen in Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-eq gemäss Treibhauspotenzialen von IPCC (2007). Die Emissionen im Inland aufgrund des inländischen Konsums sind nicht enthalten.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

*Exkurs: Treibhausgas-Fussabdruck von nicht monetärem Gold und Silber sowie Platingruppenmetallen*

Die Treibhausgas-Emissionen des Handels mit nicht monetärem Gold und Silber sowie von Platingruppenmetallen werden in Abbildung 40 gezeigt. Die Positionen der Aussenhandelsstatistik, die nicht monetäres Gold und Silber sowie Platingruppenmetalle enthalten, sind im Technischen Bericht detailliert aufgeführt (Frischknecht et al. 2018). Diese Emissionen sind im vorgehend diskutierten Treibhausgas-Fussabdruck nicht enthalten, da Edelmetalle meist nicht industriell verarbeitet oder konsumiert, sondern vor allem zur **Wertaufbewahrung** gehalten werden. Das nicht monetäre Gold ist in Bezug auf die Treibhausgas-Emissionen viel bedeutender als der Handel mit nicht monetärem Silber und Platingruppenmetallen. Wie bereits für die Gesamtumweltbelastung in Abschnitt 4.2.1 beschrieben, resultiert im Betrachtungs-

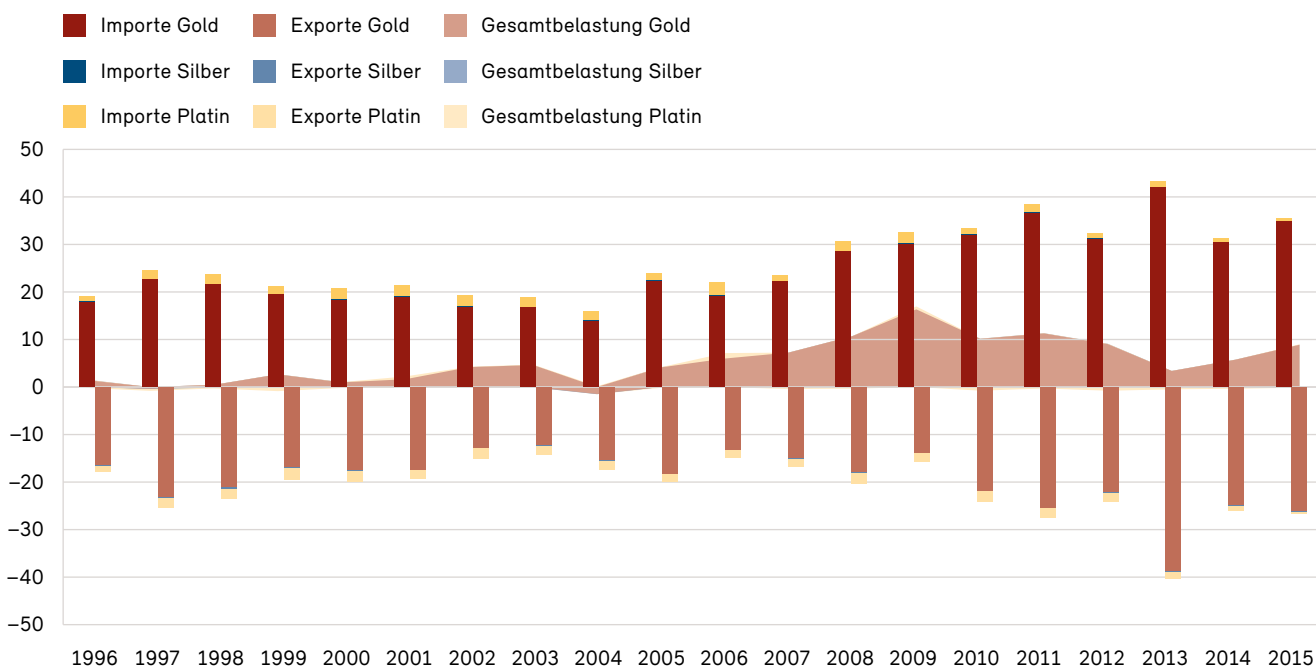
zeitraum in fast allen Jahren ein Nettoimport von nicht monetärem Gold, wobei deutliche Schwankungen sichtbar sind. In den Jahren 2008 bis 2011 wurden überdurchschnittlich hohe Nettoimporte von nicht monetärem Gold verzeichnet, die insgesamt Treibhausgas-Emissionen von 10–16 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Jahr oder rund 10–15 % der konsumbedingten Treibhausgas-Emissionen entsprechen. Platingruppenmetalle und nicht monetäres Silber werden im Betrachtungszeitraum mehrheitlich exportiert und verringern damit die netto importierten Treibhausgas-Emissionen der Importe von nicht monetärem Gold in einigen Jahren geringfügig.

*Hoher Treibhausgas-Fussabdruck von nicht monetärem Gold und Silber*

**Abbildung 40**

**Konsumperspektive – Treibhausgas-Fussabdruck des Handels mit nicht monetärem Gold und Silber und mit Platingruppenmetallen**

*Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen (Kyoto-Substanzen) von nicht monetärem Gold und Silber und von Platingruppenmetallen in Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-eq gemäss Treibhauspotenzialen von IPCC (2007). Neben der Gesamtbelastung (Import – Export) werden die Emissionen durch Importe und die Emissionen durch Exporte dargestellt. Die Beiträge von Gold, Silber und Platin zu den Treibhausgas-Emissionen werden separat gezeigt.*



#### 4.2.4 Biodiversitäts-Fussabdruck

##### Einleitung

Der hier verwendete Indikator «Artenverlustpotenzial» nach Chaudhary et al. (2016) beschreibt die Wahrscheinlichkeit eines unwiderruflichen Aussterbens von Arten im Vergleich zum natürlichen Zustand. Er quantifiziert den potenziellen, langfristigen, globalen Biodiversitätsverlust durch Landnutzung (z. B. durch Ackerbau oder Siedlungen) gegenüber einem natürlichen, ungestörten Habitat. Dieser Indikator berücksichtigt die Verletzlichkeit der Arten und rechnet den regionalen Rückgang von verbreitet vorkommenden Arten und das globale Aussterben endemischer Arten in «komplett global ausgestorbene Arten» um. Er fasst also – ähnlich wie bei den Treibhausgasen das Treibhauspotenzial mit der Einheit «kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente» – eine unterschiedliche Wirkungsinintensität in einem Indikator zusammen. Somit misst der Biodiversitäts-Fussabdruck nicht die effektiv in einer Region verschwundenen Arten, sondern ein Äquivalent eines potenziellen, globalen Artenverlusts, der durch die Landnutzung verursacht wird. Die Äquivalente potenziell global verschwendener Arten werden über die Jahre (a) integriert und pro Million Arten (Mikro-PDF·a) bzw. pro Billion Arten (Piko-PDF·a) quantifiziert.<sup>22</sup> Der Wert von 1 Mikro-PDF·a entspricht dem potenziellen Verlust von einem Millionstel der globalen Artenvielfalt.<sup>23</sup> Andere Treiber des Biodiversitätsverlusts wie z. B. Eutrophierung, Klimawandel, Pestizideintrag, oder Habitats-Zerschneidung sind im hier verwendeten Biodiversitäts-Fussabdruck nicht berücksichtigt. Diese nicht berücksichtigten Treiber können rund einen Fünftel der beobachtbaren Artenverluste in der Schweiz erklären. Der Druck auf die Biodiversität durch die inländische Landnutzung für Schweizer Konsum und Produktion (Produktionsperspektive) ist im Übrigen nicht zu verwechseln mit der Entwicklung der Biodiversität in der Schweiz, die durch das Biodiversitäts-Monitoring und das Rote-Listen-Programm gemessen wird (siehe auch Abschnitt 2.5.2)<sup>24</sup>.

##### Produktionsperspektive

*Der Druck der Landnutzung auf die inländische Biodiversität ist unverändert hoch*

Der Druck auf die Biodiversität durch inländische Landnutzung für Schweizer Konsum und Produktion, abgeschätzt mit dem Indikator «Artenverlustpotenzial» ist in Abbildung 41 dargestellt. Zwischen 1996 und 2015 blieb der Druck auf die Biodiversität beinahe unverändert und betrug knapp 28 Mikro-PDF·a.

Die inländische Landnutzung für Schweizer Konsum und Produktion im Jahr 2015 würde langfristig, das heisst wenn ein Gleichgewichtszustand erreicht ist,<sup>25</sup> zu einem potenziellen globalen Verlust von knapp 28 Arten pro Million Arten gegenüber einer ursprünglichen und unberührten Natur führen.<sup>26</sup> Die landwirtschaftliche Landnutzung (Ackerland, Wiesen und Weiden, Dauerkulturen) verursacht gut 60 % des Drucks, während der Anteil der Siedlungsflächen und der genutzten Wälder am Biodiversitätsverlust bei rund 20 % bzw. 16 % liegt. Im zeitlichen Verlauf sind die Abnahme der Acker- und die Zunahme der Siedlungsflächen erkennbar.

22 1 Piko-PDF·a = 10<sup>-12</sup> PDF·a (also ein Billionstel PDF·a); PDF = potentially disappeared fraction of species; der im Folgenden verwendete Begriff «Arten-Jahre» steht für diese Integrierung über die Zeit.

23 Potenziell, da dieser Indikator den regionalen Rückgang von verbreitet vorkommenden Arten und das globale Aussterben endemischer Arten in «komplett ausgestorbene Arten» umrechnet und das Ergebnis somit als «potenziell ausgestorbene Arten» benannt werden kann.

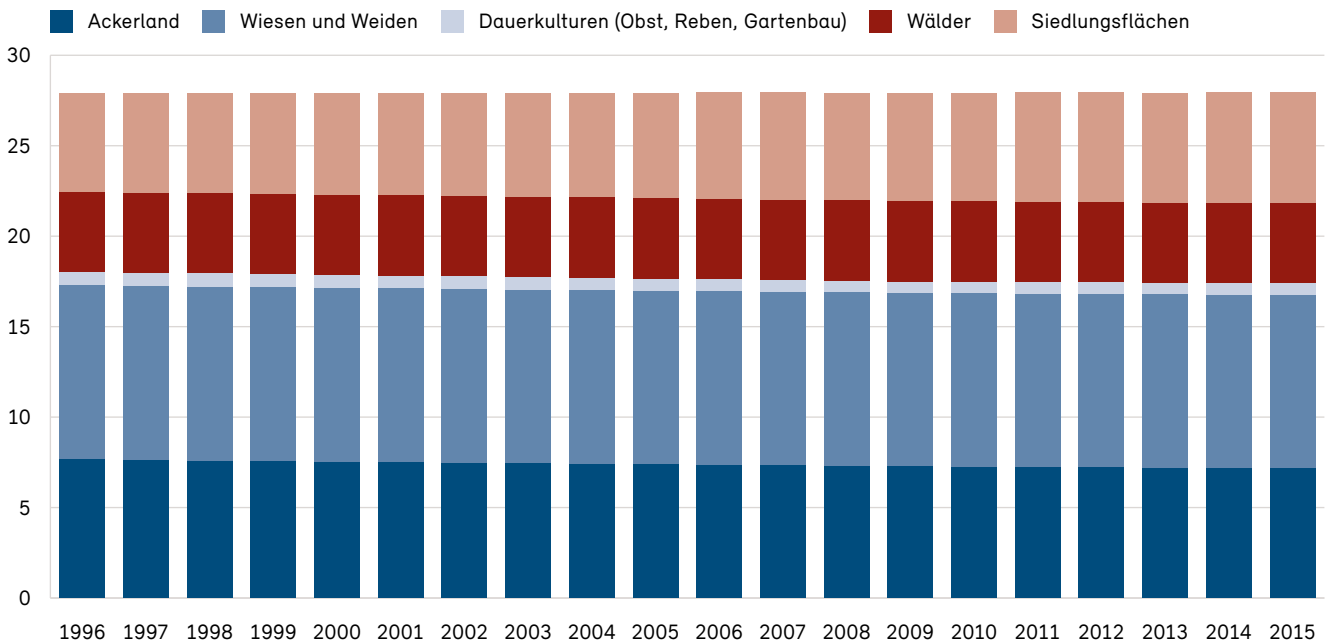
24 Gleiches gilt für den durch die inländische Landnutzung für den Schweizer Konsum verursachten Druck (Inlandanteil der Konsumperspektive).

25 Der Artenverlust durch den Bau einer neuen Strasse und damit durch eine neue Landnutzung ist nicht unmittelbar nach deren Fertigstellung zu beobachten. Erst nach einer gewissen Zeit, wenn sich ein neuer Gleichgewichtszustand eingestellt hat, können die langfristigen Auswirkungen der Nutzungsänderung auf die Biodiversität beobachtet werden.

26 Der potenzielle Artenverlust bezieht sich auf ein globales Aussterben. Das regionale Verschwinden der Arten (in der Schweiz) wird mit Äquivalenzfaktoren in ein potenzielles globales Aussterben umgerechnet.

**Abbildung 41**  
**Produktionsperspektive**

Entwicklung des Drucks auf die Biodiversität durch die jährliche inländische Landnutzung für Schweizer Konsum und Produktion in Mikro-PDF·a gemäss dem Artenverlustpotenzial nach Chaudhary et al. (2016).



Quelle: Berechnungen treeze.

**Konsumperspektive**

Von 1996–2015 wurde durch den Konsum der Schweiz pro Jahr weltweit ein zusätzlicher Verlust von knapp 0,8 Arten pro Million Arten verursacht

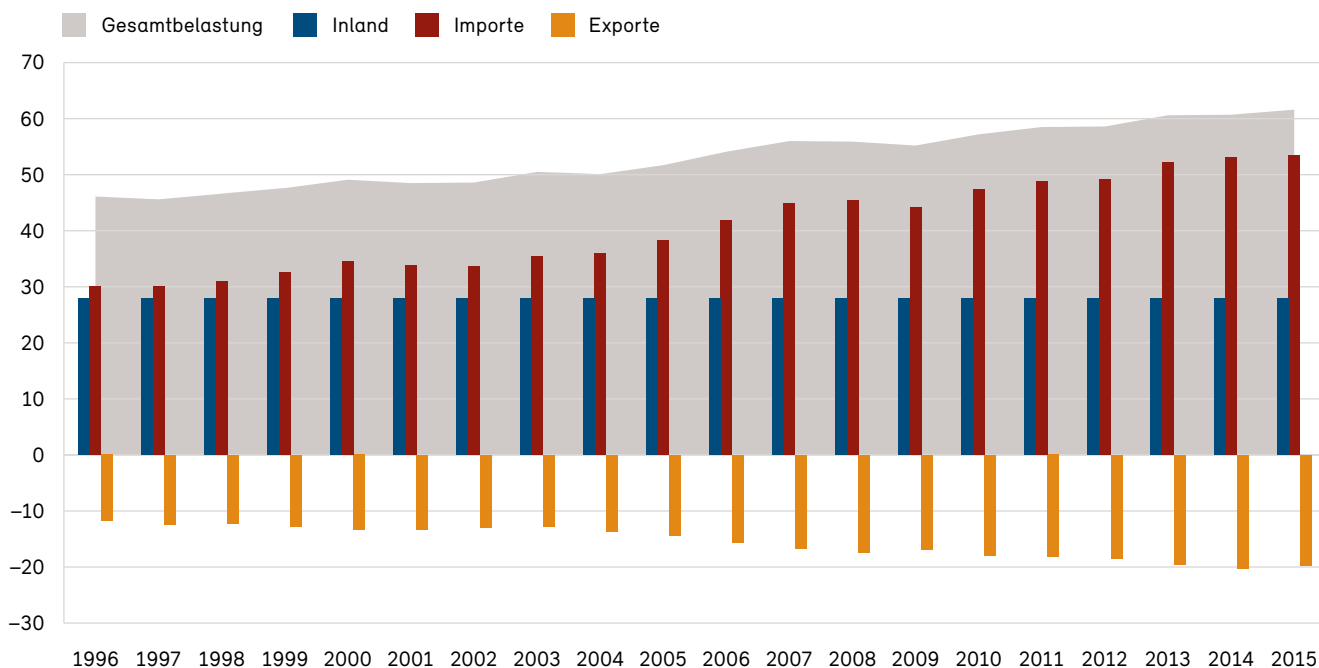
In der Konsumperspektive werden neben dem Druck auf die Biodiversität durch die inländische Landnutzung für den Schweizer Konsum auch die im Ausland durch den Import von Waren und Dienstleistungen verursachten potenziellen Artenverluste berücksichtigt. Der durch inländische Landnutzung für exportierte Waren und Dienstleistungen verursachte potenzielle Biodiversitätsverlust wird in dieser Betrachtung abgezogen. Die Entwicklung des konsumbedingten Drucks auf die Biodiversität durch Landnutzung in Abbildung 42 zeigt, dass der Biodiversitäts-Fussabdruck unter Berücksichtigung des Aussenhandels deutlich höher ist als in der auf das Inland ausgerichteten Produktionsperspektive. Im Jahr 1996 betrug der konsumbedingte potenzielle Biodiversitätsverlust 46,1 Mikro-PDF·a. Danach stieg der Biodiversitäts-Fussabdruck bis 2015 kontinuierlich auf

61,6 Mikro-PDF·a. Durch die netto importierten Waren und Dienstleistungen wurde zwischen 1996 und 2015 also langfristig ein zusätzlicher potenzieller Verlust von rund 15,5 Arten pro Million Arten verursacht, was einer jährlichen zusätzlichen Aussterberate von knapp 0,8 Arten pro Million Arten entspricht. Damit erreicht der allein durch den Schweizer Konsum verursachte potenzielle Artenverlust einen ähnlichen Wert wie der beobachtete globale, natürlicherweise auftretende Artenverlust von 1 Art pro Million Arten und Jahr (Steffen et al. 2015). Insgesamt würde die Landnutzung für den Schweizer Konsum im Jahr 2015 langfristig, das heisst wenn ein Gleichgewichtszustand erreicht ist, zu einem potenziellen globalen Verlust von 61,6 Arten pro Million Arten gegenüber einer ursprünglichen und unberührten Natur führen.

Abbildung 42

**Konsumperspektive – Biodiversitäts-Fussabdruck**

Entwicklung des konsumbedingten Drucks auf die globale Biodiversität durch die jährliche Landnutzung in Mikro-PDF·a gemäss dem Artenverlustpotenzial nach Chaudhary et al. (2016). Neben der Gesamtbelastung (Inland + Import – Export) werden der inländische Biodiversitätsverlust, die Belastungen durch Importe und die Belastungen durch Exporte separat gezeigt. Andere Einflussfaktoren auf die Biodiversität als die Landnutzung wie z.B. Schadstoffeintrag oder Zerschneidungseffekte sind nicht Gegenstand des Indikators.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

**Inländische und ausländische Anteile am Biodiversitäts-Fussabdruck**

*Der ausländische Anteil am Biodiversitäts-Fussabdruck nimmt zu*

Die folgende Abbildung 43 zeigt deutlich, dass der Aussenhandel für die Zunahme des konsumbedingten Drucks auf die Biodiversität verantwortlich ist. Während die konsumbedingten inländischen Belastungen zwischen 1996 und 2015 leicht abnehmen (1 %), hat der im Ausland verursachte Biodiversitätsverlust im betrachteten Zeitraum um 84 % zugenommen. Der inländische Anteil am konsumbedingten globalen Biodiversitätsverlust ist dementsprechend von 59 % im Jahr 1996 auf 43 % im Jahr 2015 gesunken.

In Abbildung 44 ist der Biodiversitäts-Fussabdruck pro Person dargestellt. Er beträgt im Jahr 2015 7,44 Piko-PDF·a<sup>27</sup>. Die Zunahme des Biodiversitätsverlusts durch Landnutzung zwischen 1996 und 2015 zeigt, dass auch unter Berücksichtigung des Wachstums der ständigen Wohnbevölkerung der Schweiz ein zusätzlicher potenzieller Artenverlust stattgefunden hat.

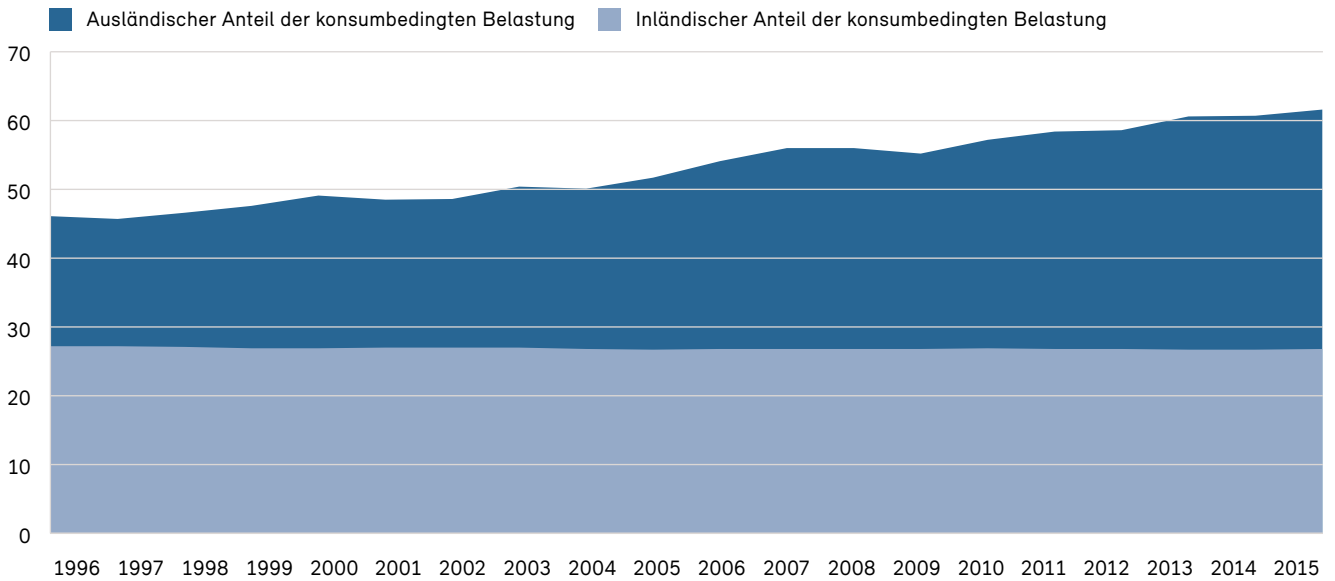
27 1 Piko-PDF·a = 10<sup>-12</sup> PDF·a (ein Billionstel PDF·a)



**Abbildung 43**

**Konsumperspektive – inländische und ausländische Anteile am absoluten konsumbedingten Biodiversitäts-Fussabdruck**

Entwicklung des Drucks auf die globale Biodiversität durch die jährliche Landnutzung in Mikro-PDF-a gemäss dem Artenverlustpotenzial nach Chaudhary et al. (2016) aufgeteilt in die im Inland und im Ausland verursachte konsumbedingte Belastung.

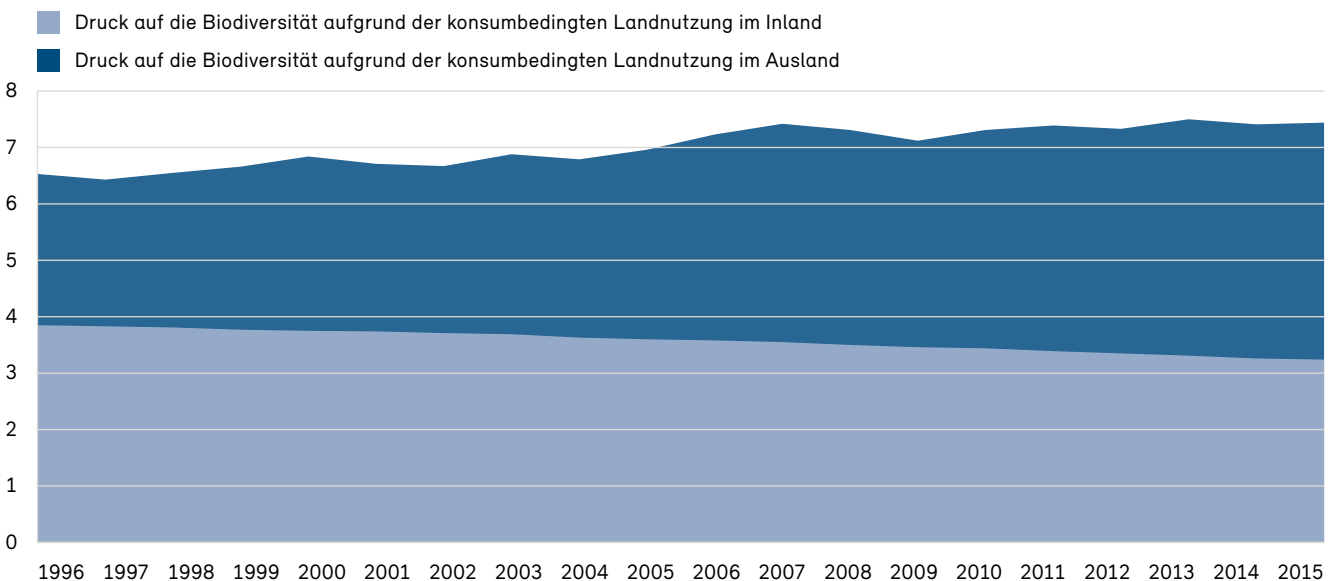


Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

**Abbildung 44**

**Konsumperspektive – inländische und ausländische Anteile am konsumbedingten Biodiversitäts-Fussabdruck pro Person**

Entwicklung des globalen Biodiversitätsverlusts durch die jährliche Landnutzung in Piko-PDF-a pro Person (ständige Wohnbevölkerung in der Schweiz) gemäss dem Artenverlustpotenzial nach Chaudhary et al. (2016), aufgeteilt in die im Inland und im Ausland verursachte konsumbedingte Belastung. 1 Piko-PDF-a = 10<sup>-12</sup> PDF-a.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

### Auswertung der Importe und Exporte nach biodiversitätsrelevanten Warengruppen

Die in Abbildung 45 dargestellten relevantesten Produktgruppen für den potenziellen Biodiversitätsverlust durch Landnutzung für **importierte** Waren zeigen, dass der Druck auf die Biodiversität hauptsächlich durch die Produktion **landwirtschaftlicher** Erzeugnisse verursacht wird. Mit einem Anteil von über 40% an der gesamten Belastung der (Brutto-)Warenimporte im Jahr 2015 ist der Import der Warengruppe «Kaffee, Tee, Kakao und Gewürze» mit Abstand am bedeutendsten. Hier fallen vor allem Kaffee und Kakao ins Gewicht, wobei ein Teil davon in Form von geröstetem Kaffee (insbesondere in Kaffeekapseln) und Schokolade wieder exportiert, also nicht dem inländischen Konsum zugerechnet wird. Diese Produktgruppe ist zudem hauptverantwortlich für den zusätzlich verursachten potenziellen Artenverlust über den Betrachtungszeitraum und für den starken Anstieg des Biodiversitätsverlusts zwischen 2004 und 2007 (v.a. Kakao). Die Exporte von Schokolade, die auch in

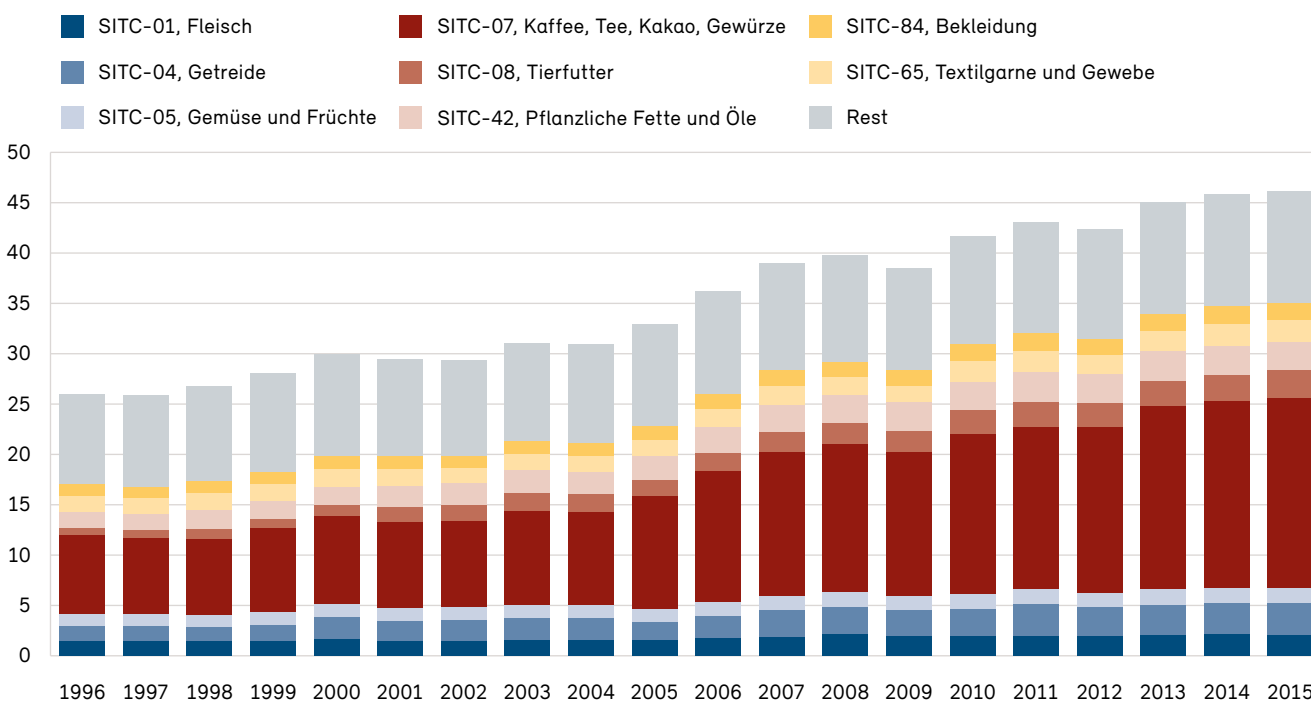
der Warengruppe SITC-07 enthalten ist, haben im selben Zeitraum weniger stark zugenommen als die Importe (siehe Abbildung 46). Weitere relevante Produktgruppen sind Getreide, Tierfutter und pflanzliche Fette und Öle, die ebenfalls einen deutlichen Anstieg beim importierten Biodiversitätsverlust aufweisen.

Der potenzielle Biodiversitätsverlust durch Landnutzung für **exportierte** Waren erreicht nur rund einen Drittel des mit dem Import von Waren verursachten potenziellen Biodiversitätsverlusts (Abbildung 46). Bei den Warenexporten ist der Anteil von Kaffee, Tee, Kakao und Gewürzen am gesamten Druck auf die Biodiversität zwar sehr hoch. In absoluten Werten werden aber mit dem Kaffeehandel deutlich mehr potenzielle Biodiversitätsverluste importiert als exportiert. Weiter hat die Produktgruppe «verschiedene geniessbare Waren» (z. B. Fertiggerichte, Margarine) einen nennenswerten und über den Betrachtungszeitraum zunehmenden Druck auf die Biodiversität. Die von exportierten Textilgarnen und Geweben verur-

Abbildung 45

#### Druck auf die Biodiversität durch Landnutzung für importierte Waren

Entwicklung des Drucks auf die globale Biodiversität durch die jährliche Landnutzung des Imports von Waren in Mikro-PDF-a gemäss dem Artenverlustpotenzial nach Chaudhary et al. (2016). Die wichtigsten Produktgruppen werden separat gezeigt.

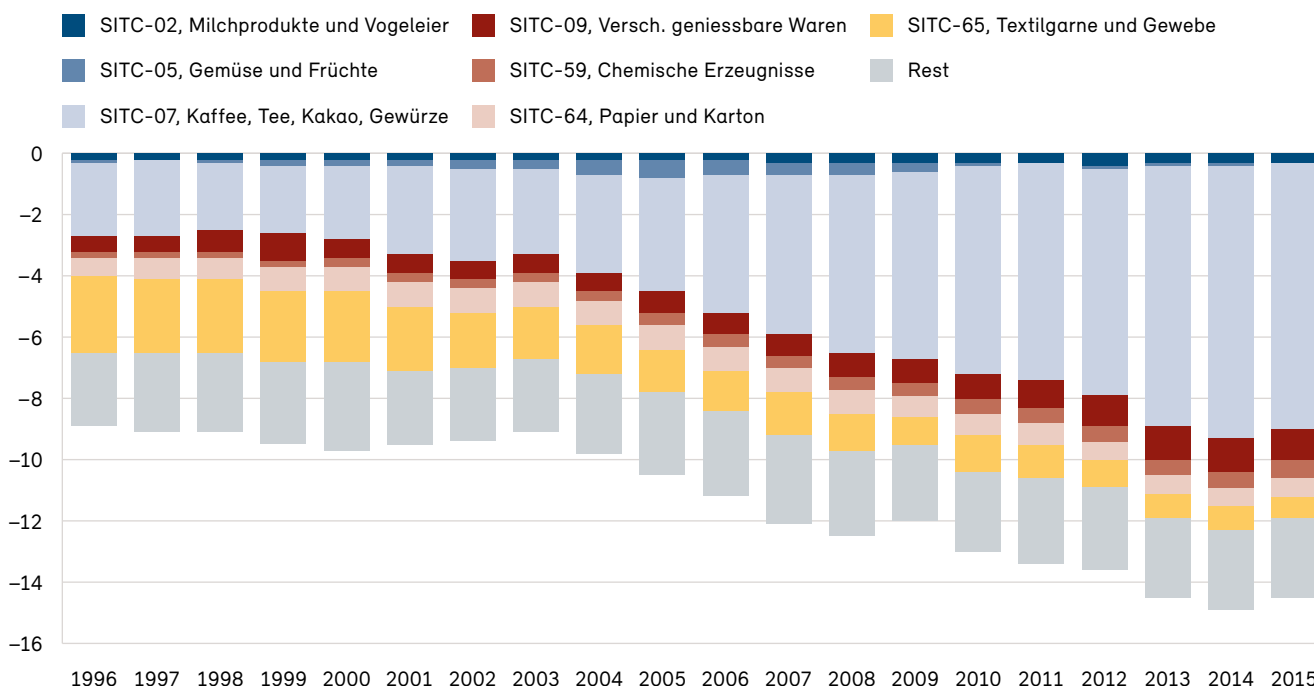


Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

Abbildung 46

## Druck auf die Biodiversität durch Landnutzung des Exports von Waren

Entwicklung des Drucks auf die globale Biodiversität durch die jährliche Landnutzung des Exports von Waren in Mikro-PDF-a gemäss dem Artenverlustpotenzial nach Chaudhary et al. (2016). Die wichtigsten Produktgruppen werden separat gezeigt.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

sachten Belastungen haben demgegenüber zwischen 1996 und 2015 stark abgenommen. Der zu- und wieder abnehmende Beitrag der Früchte und Gemüse von 2001 bis 2010 ist vorwiegend auf den Export von Orangensaft zurückzuführen.

In Abbildung 47 wurden Produktgruppen zusammengefasst und der Druck auf die Biodiversität der Importe und Exporte von Waren und Dienstleistungen **saldiert**. In allen Warengruppen sowie bei den gehandelten Dienstleistungen wird ein potenzieller Biodiversitätsverlust über den ganzen Betrachtungszeitraum netto importiert.

Die bei Weitem bedeutendste Gütergruppe umfasst die tierischen und pflanzlichen Produkte. Sie verursacht im Jahr 2015 rund 70% des gesamten potenziellen Biodiversitätsverlusts der netto gehandelten Waren und Dienstleistungen. Diese Gütergruppe ist zudem für einen Grossteil der Zunahme verantwortlich. Davon verursacht die Kategorie «Kaffee, Tee, Kakao und Gewürze» knapp

44% des im Jahr 2015 netto importierten Drucks auf die Biodiversität durch tierische und pflanzliche Produkte (also 30% bezogen auf den gesamten Nettogüterimport), wobei wiederum je rund die Hälfte der Belastungen auf die Netto-Importe von Kaffee beziehungsweise Kakao entfällt.

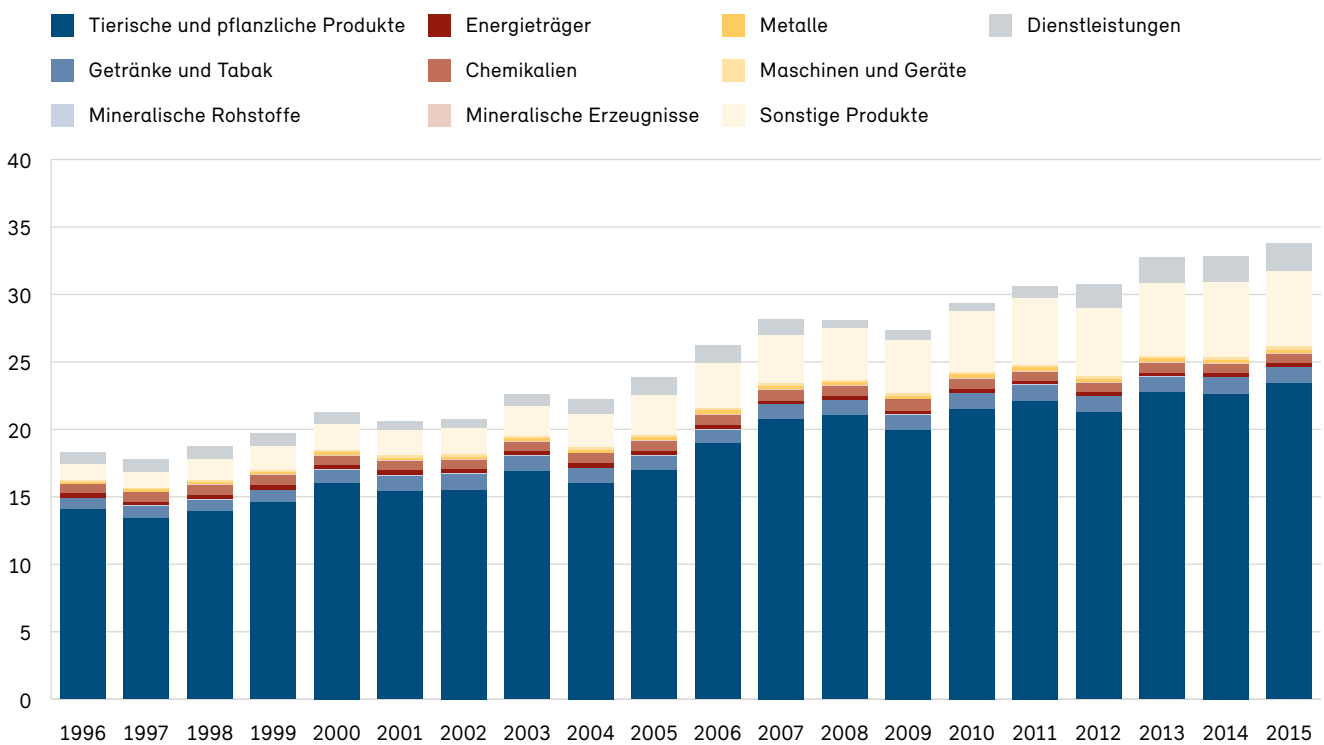
Weitere relevante Güterkategorien für den von tierischen und pflanzlichen Produkten verursachten Druck auf die Biodiversität im Jahr 2015 sind «Getreide» (12%), «pflanzliche Öle und Fette» (12%), «Tierfutter» (11%), «Fleisch» (8%) sowie «Gemüse und Früchte» (6%).

Neben tierischen und pflanzlichen Produkten tragen auch die «sonstigen Produkte» zu einem zusätzlichen Druck auf die Biodiversität bei. In dieser Gütergruppe sind insbesondere die Importkategorien «Bekleidung und Bekleidungszubehör», «Textilgarne und Gewebe», «Möbel» sowie «Kork- und Holzwaren» von Bedeutung.

**Abbildung 47**

**Druck auf die Biodiversität durch die jährliche Landnutzung des Saldos von Waren und Dienstleistungen**

Entwicklung des Drucks auf die Biodiversität durch Landnutzung des Saldos von Waren und Dienstleistungen in Mikro-PDF-a gemäss dem Artenverlustpotenzial nach Chaudhary et al. (2016). Der Druck auf die Biodiversität aufgrund der inländischen Landnutzung für den inländischen Konsum ist nicht enthalten.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

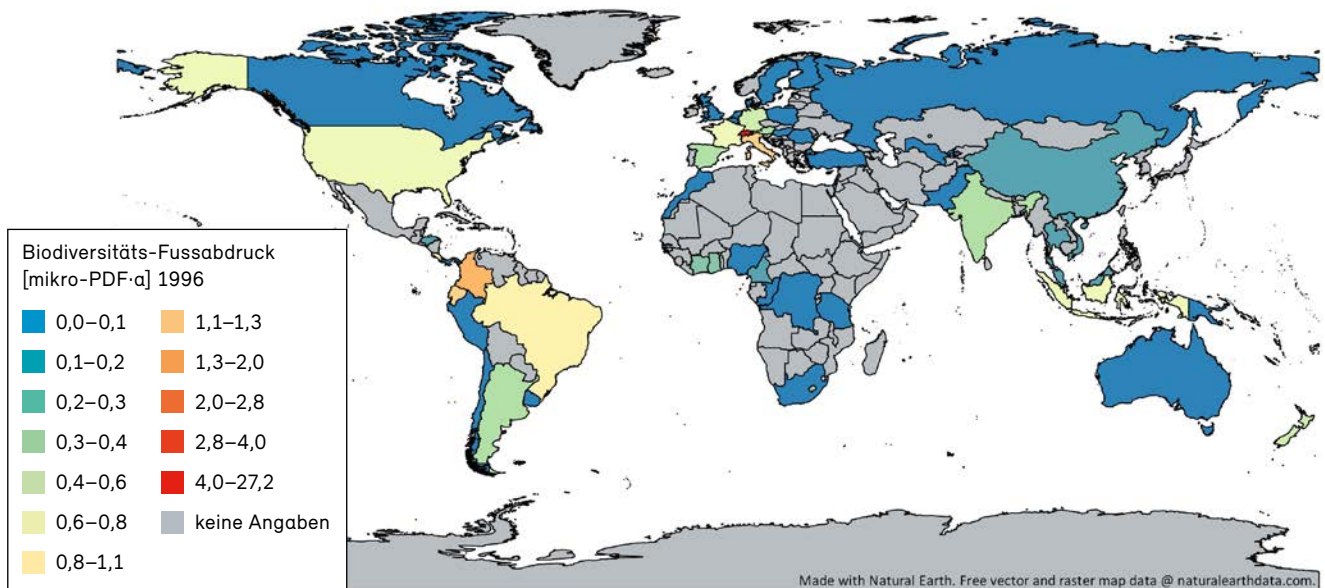
**Konsumperspektive – regionalisierte Auswertung des im Ausland verursachten potenziellen globalen Biodiversitätsverlusts**

Abbildung 48 und Abbildung 49 zeigen eine Übersicht über den durch den Schweizer Konsum in anderen Ländern verursachten Druck auf die Biodiversität in den Jahren 1996 und 2015. Der im Ausland verursachte potenzielle Biodiversitätsverlust verteilte sich über die ganze Welt. Insbesondere in Europa (Schweiz, Italien, Frankreich, Deutschland), Südamerika (Ecuador, Brasilien, Kolumbien), und Asien (Indien und Indonesien) trug die Landnutzung für den Schweizer Konsum zum potenziellen globalen Artenverlust bei.

**Abbildung 48**

**Konsumperspektive – im Ausland verursachter Druck auf die Biodiversität 1996**

Im Ausland verursachter Druck auf die globale Biodiversität durch die jährliche Landnutzung in Mikro-PDF-a gemäss dem Artenverlustpotenzial nach Chaudhary et al. (2016), aufgeteilt in die in den einzelnen Ländern verursachte konsumbedingte Belastung. Abgebildet sind 88 % des auftretenden potenziellen globalen Biodiversitätsverlusts, die restlichen 12 % werden durch Landnutzung verursacht, die geografisch nicht verortet werden konnte.

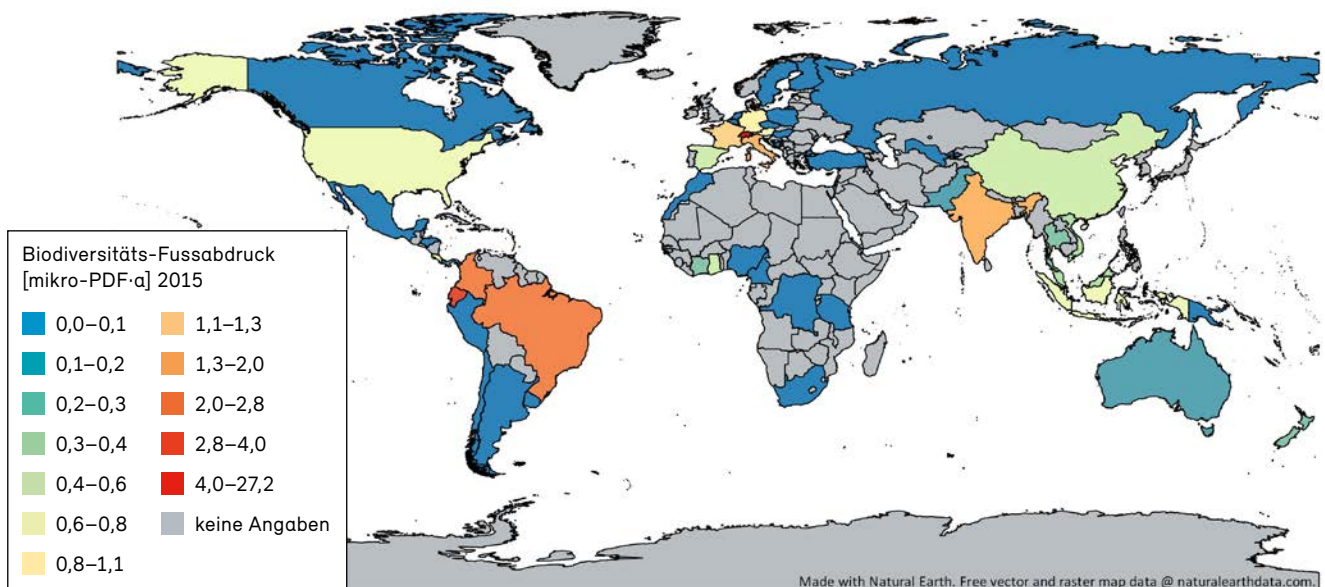


Quelle: Berechnungen treeze.

**Abbildung 49**

**Konsumperspektive – im Ausland verursachter Druck auf die Biodiversität 2015**

Im Ausland verursachter Druck auf die globale Biodiversität durch die jährliche Landnutzung in Mikro-PDF-a gemäss dem Artenverlustpotenzial nach Chaudhary et al. (2016) aufgeteilt in die in den einzelnen Ländern verursachte konsumbedingte Belastung. Abgebildet sind 83 % des auftretenden potenziellen Biodiversitätsverlusts, die restlichen 17 % werden durch Landnutzung verursacht, die geografisch nicht verortet werden konnte.



Quelle: Berechnungen treeze.

Im Jahr 1996 war der durch den Schweizer Konsum im Ausland bedingte Druck auf die Biodiversität am höchsten in Kolumbien, Ecuador, Italien, Brasilien, Costa Rica, Indonesien, den Vereinigten Staaten und Frankreich. Insgesamt traten 19 % der gesamten durch den Schweizer Konsum verursachten potenziellen globalen Biodiversitätsverluste in diesen acht Ländern auf.

Auch im Jahr 2015 war der durch den Schweizer Konsum in Ausland verursachte Druck auf die Biodiversität in Ecuador, Kolumbien und Brasilien am höchsten, gefolgt von Indien, Italien, Frankreich, Costa Rica und Deutschland. Insgesamt wurden 27 % des gesamten durch den Schweizer Konsum verursachten potenziellen globalen Biodiversitätsverlusts in diesen acht Ländern verursacht. Wie weiter oben dargestellt, betrug der Anteil in der Schweiz selbst 43 %.

Der potenzielle Biodiversitätsverlust in Ecuador ist eine Folge des für den Schweizer Markt angebauten Kakaos, während in Kolumbien und Costa Rica vor allem der für den Schweizer Markt angebaute Kaffee für den gezeigten potenziellen Rückgang der Biodiversität verantwortlich ist. In Brasilien spielt der Anbau des in die Schweiz importierten Sojas die wichtigste Rolle. Daneben sind auch der Anbau des für die Schweiz produzierten Kaffees und im Jahr 2015 der in die Schweiz importierte brasilianische Reis relevant. In Indien ist vor allem die Baumwollproduktion wichtig, im Jahr 1996 spielt dort zudem auch der Kaffeeanbau eine gewisse Rolle.

In Italien entsteht der durch den Schweizer Konsum bedingte potenzielle Biodiversitätsverlust zu rund zwei Dritteln beim Anbau von Sonnenblumen für Sonnenblumenöl, von Reis und von Tomaten. Rund ein Viertel wird durch den in die Schweiz importierten italienischen Wein verursacht. Dem potenziellen Biodiversitätsverlust in den USA liegen vor allem der Anbau des in die Schweiz importierten Weizens und der Baumwolle und in geringerem Masse der Sojaanbau zu Grunde. In Frankreich stammt der grösste Teil des Drucks auf die Biodiversität aus dem Import verschiedener landwirtschaftlicher Produkte wie Weizen, Heu, Sonnenblumenöl, Körnermais, Linsen, Gerste und Zuckerrüben. Auch der Import von französischem Holz und Wein spielt eine Rolle.

Zwischen 1996 und 2015 nahm der durch den Schweizer Konsum verursachte potenzielle globale Biodiversitätsverlust vor allem in Ecuador (+193 %), Brasilien (+146 %), Indien (+473 %) und Kolumbien (+69 %) zu. Daneben wurde auch der durch den Schweizer Konsum in unseren Nachbarländern Frankreich (+77 %), Deutschland (+84 %), Österreich (+132 %) und Italien (+25 %) verursachte Druck auf die Biodiversität grösser. Stark zugenommen hat zudem der durch den Schweizer Konsum in China verursachte potenzielle globale Biodiversitätsverlust (+350 %).

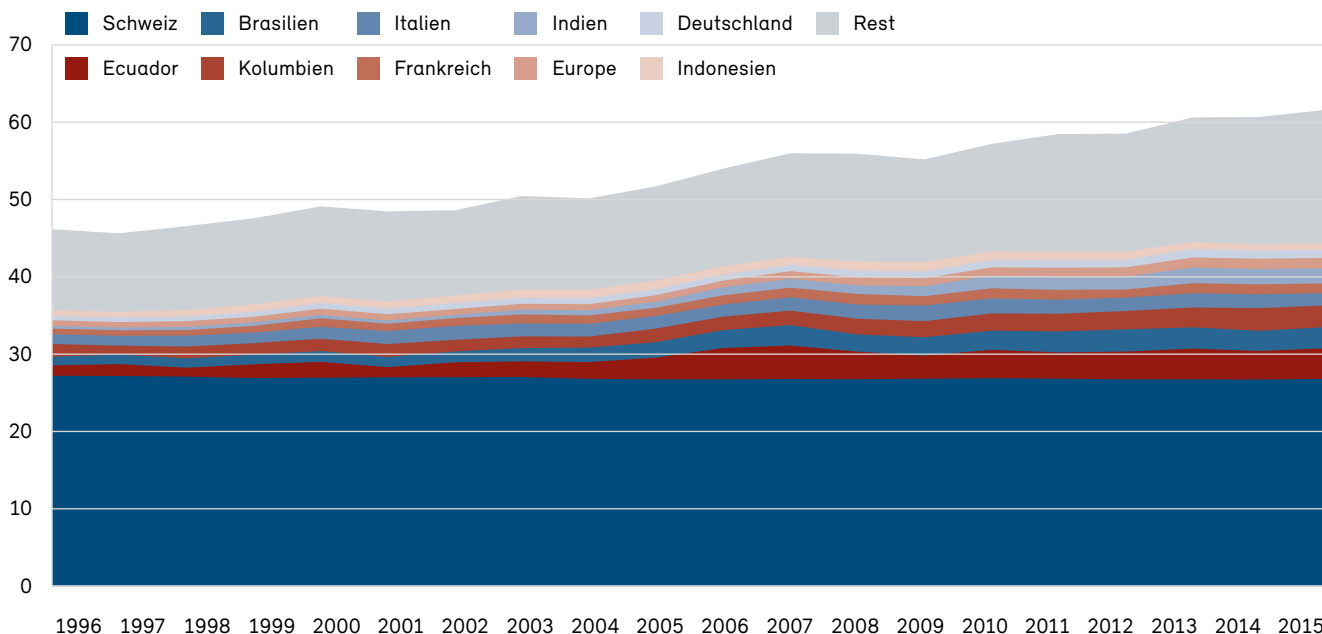
In einzelnen Ländern wie beispielsweise Argentinien, Neuseeland, Südafrika oder Kamerun kann ein Rückgang des Drucks auf die Biodiversität beobachtet werden. In den meisten Fällen wurden die 1996 von dort importierten Waren im 2015 aus anderen Ländern bezogen. Einzig der Import von rohem Tropenholz hat sich insgesamt verringert, was zum erwähnten Rückgang des Drucks auf die Biodiversität in Kamerun und im Kongo (in der Darstellung nicht ersichtlich) führte.

Die Zunahme des in Ecuador verursachten Anteils am potenziellen globalen Arten-Verlust ist vor allem auf den vermehrten Import von Kakaobohnen insgesamt sowie den erhöhten Anteil aus Ecuador (siehe Abbildung 12) zurückzuführen. Aus Brasilien hat der Import von Soja und Reis stark und von Kaffee in geringerem Ausmass zugenommen, während bei Indien und China vor allem die Zunahme der Baumwollimporte ins Gewicht fällt. Bei Kolumbien ist der vermehrte Kaffeeimport aus diesem Land verantwortlich für die Erhöhung des Drucks auf die Biodiversität.

Abbildung 50

**Konsumperspektive – Entwicklung des weltweit verursachten Drucks auf die Biodiversität**

Entwicklung des Drucks auf die globale Biodiversität durch die jährliche Landnutzung in Mikro-PDF-a gemäss dem Artenverlustpotenzial nach Chaudhary et al. (2016) zwischen 1996 und 2015, aufgeteilt in die in den einzelnen Ländern verursachte konsumbedingte Belastung.



Quelle: Berechnungen treeze.

**4.2.5 Eutrophierungs-Fussabdruck**

**Einleitung**

Der marine Eutrophierungs-Fussabdruck misst die direkte und indirekte Überdüngung der Meere durch Stickstoff. Der Indikator berücksichtigt Stickstoffemissionen in Wasser, Luft und Boden sowie den Anteil dieser Emissionen, der direkt in die Meere gelangt (vgl. Abschnitt 2.5.2).

**Konsumperspektive**

*Der konsumbedingte marine Eutrophierungs-Fussabdruck nimmt leicht zu*

Die Entwicklung des konsumbedingten Eutrophierungs-Fussabdrucks ist in Abbildung 51 dargestellt. Der marine Eutrophierungs-Fussabdruck der Schweiz hat zwischen 1996 und 2006 um 8 Kilotonnen Stickstoff-Äquivalent bzw. 7% auf 122 Kilotonnen zugenommen und verharrt seitdem auf diesem Niveau. Während die inländischen Emissionen gesenkt werden konnten, nahmen die netto «importierten» Emissionen ebenso stetig zu. Die Emissionen von Stickstoffverbindungen werden bei den Güterimporten haupt-

sächlich durch die Erzeugung von landwirtschaftlichen Produkten verursacht (u. a. Kaffee, Kakao und Getreide). Bei den Güterexporten hat zusätzlich die Chemieindustrie einen relevanten reduzierenden Einfluss auf die Höhe des konsumbedingten Eutrophierungs-Fussabdrucks.

**Inländische und ausländische Anteile am marinen Eutrophierungs-Fussabdruck pro Person**

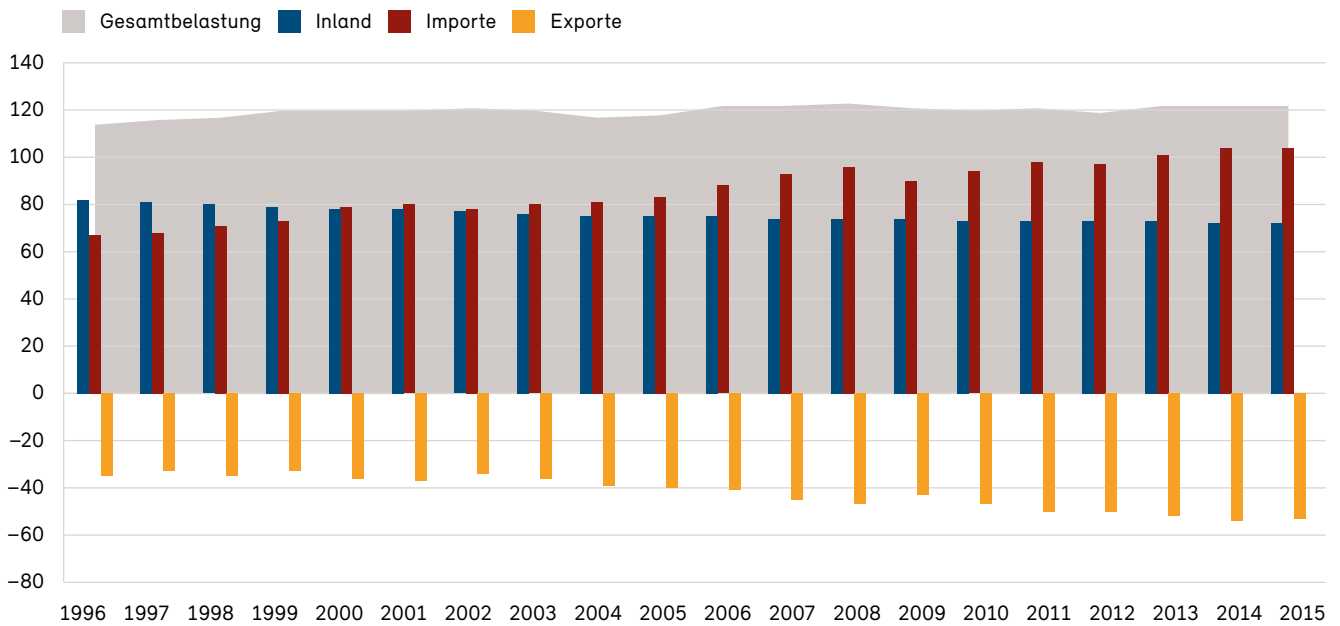
*Der konsumbedingte marine Eutrophierungs-Fussabdruck pro Person nimmt leicht ab*

Die Aufteilung des Eutrophierungs-Fussabdrucks pro Person in die inländische und die ausländische Belastung ist in Abbildung 52 gezeigt. Der absolute Eutrophierungs-Fussabdruck hat weniger stark zugenommen als die ständige Wohnbevölkerung der Schweiz, sodass der Eutrophierungs-Fussabdruck pro Person zwischen 1996 und 2015 um knapp 9% abnahm. Eine Abnahme wird auch beim inländischen Anteil des Eutrophierungs-Fussabdrucks verzeichnet: Während im Jahr 1996 noch 56% der Belastungen in der Schweiz verursacht wurden, sank

**Abbildung 51**

**Konsumperspektive – absoluter mariner Eutrophierungs-Fussabdruck**

Entwicklung des konsumbedingten marinen Eutrophierungs-Fussabdrucks in Kilotonnen Stickstoff-Äquivalent gemäss Goedkoop et al. (2009). Neben der Gesamtbelastung (Inland + Importe – Exporte) werden die inländischen Stickstoff-Emissionen, die Emissionen durch Importe und die Emissionen durch Exporte separat gezeigt.

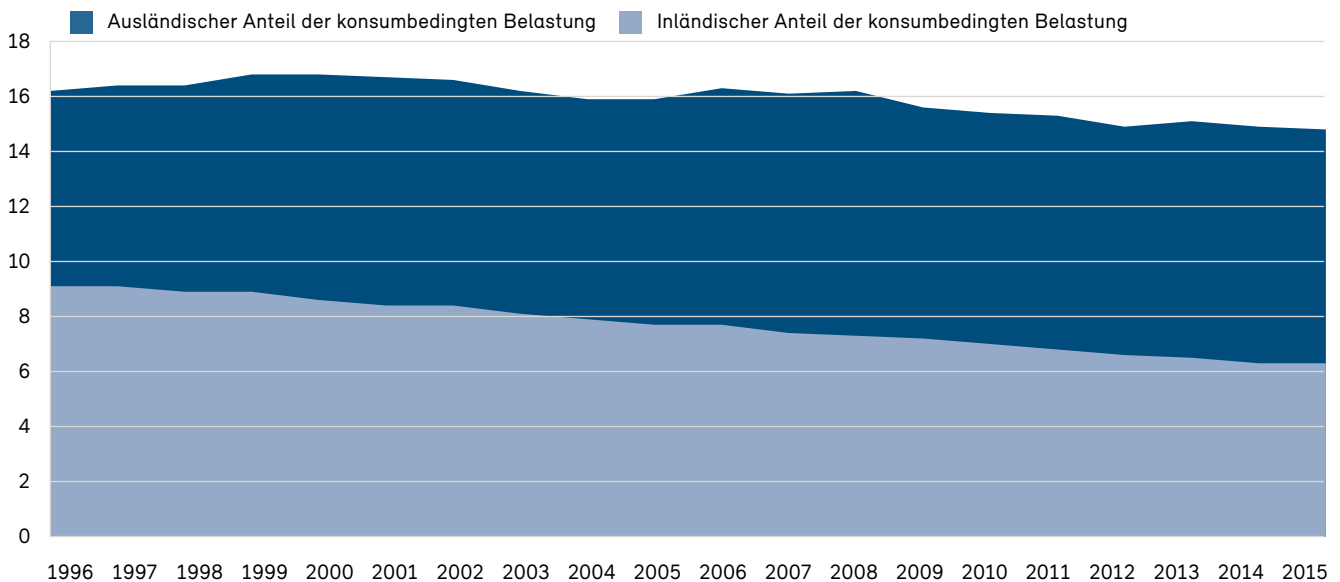


Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

**Abbildung 52**

**Konsumperspektive – inländische und ausländische Anteile am konsumbedingten marinen Eutrophierungs-Fussabdruck pro Person**

Entwicklung des Eutrophierungs-Fussabdrucks in Kilogramm Stickstoff-Äquivalent pro Person (ständige Wohnbevölkerung in der Schweiz) gemäss Goedkoop et al. (2009), aufgeteilt in die im Inland und im Ausland verursachte konsumbedingte Belastung.



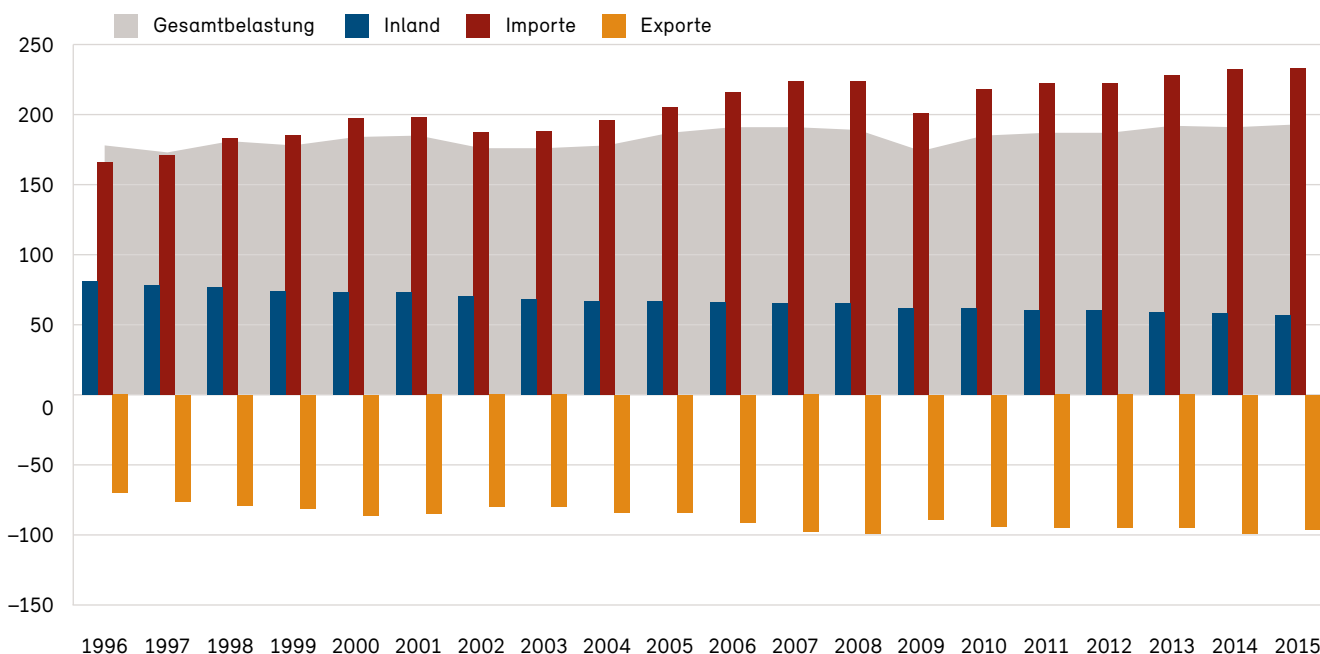
Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.



Abbildung 53

**Konsumperspektive – absoluter Luftverschmutzungs-Fussabdruck**

Entwicklung des konsumbedingten Luftverschmutzungs-Fussabdrucks in Kilotonnen PM10-eq gemäss Goedkoop et al. (2009). Neben der Gesamtbelastung (Inland + Import – Export) werden die inländischen Partikel-Emissionen, die Emissionen durch Importe und die Emissionen durch Exporte separat gezeigt.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

dieser Anteil in den Folgejahren stetig und erreichte im Jahr 2015 noch einen Wert von 42 %.

**4.2.6 Luftverschmutzungs-Fussabdruck**

**Konsumperspektive**

*Der konsumbedingte Luftverschmutzungs-Fussabdruck nimmt leicht zu*

Abbildung 53 zeigt die Entwicklung des konsumbedingten Luftverschmutzungs-Fussabdrucks von 1996 bis 2015. Der Luftverschmutzungs-Fussabdruck zeigt, ähnlich wie der Treibhausgas-Fussabdruck (siehe Abbildung 32), deutliche konjunkturbedingte Schwankungen. Über den Betrachtungszeitraum hat die Belastung mit primären und sekundären Partikeln von 178 um 9% auf 193 Kilotonnen PM10-eq zugenommen.<sup>28</sup> Die Emissionen in der

<sup>28</sup> PM10-eq: Feinstaubemissionen und der Anteil der Emissionen von SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und NH<sub>3</sub>, aus dem sekundäre Partikel entstehen, werden mit einem PM10-Bildungspotenzial gemäss Goedkoop et al. (2009) gewichtet und zusammengefasst in kg PM10-Äquivalenten ausgedrückt.

Schweiz sind in allen Jahren deutlich tiefer als die Belastungen, die durch den Aussenhandel verursacht werden, und zeigen eine deutliche Abnahme von 24 Kilotonnen PM10-eq (-30%) zwischen 1996 und 2015. Der Verlauf des Luftverschmutzungs-Fussabdrucks wird durch den unsteten Verlauf der netto importierten Emissionen geprägt. Die wichtigsten Gütergruppen für den Luftverschmutzungs-Fussabdruck der Importe sind Metalle, Erdöl und Erdölzeugnisse sowie Strom.

**Inländische und ausländische Anteile am Luftverschmutzungs-Fussabdruck pro Person**

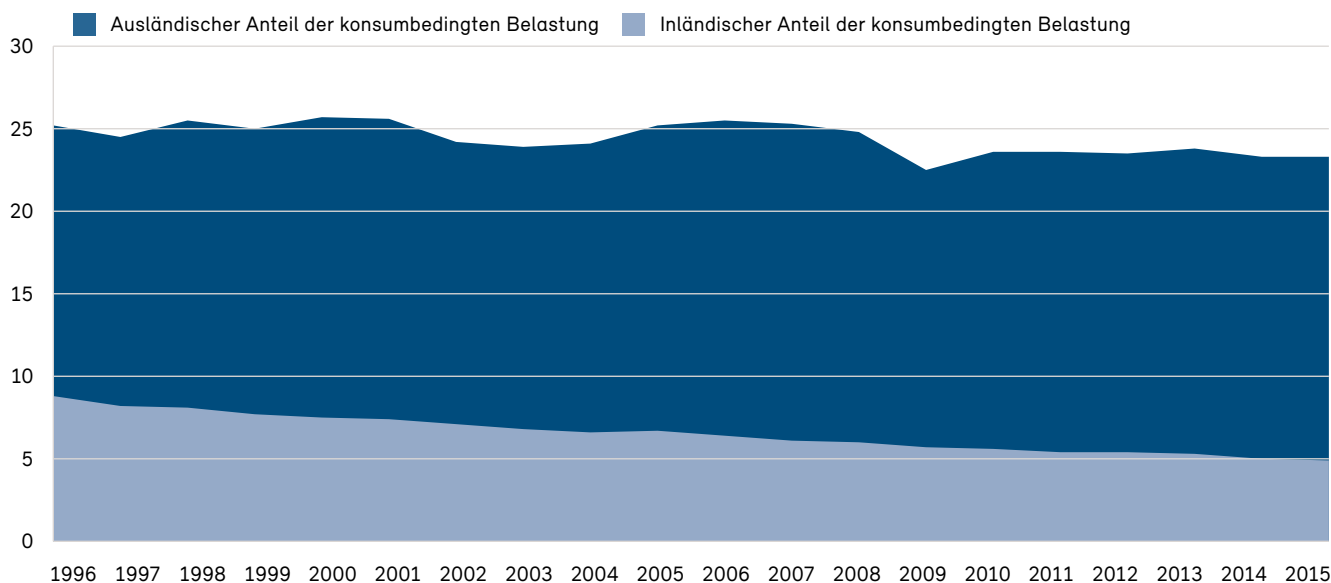
*Der konsumbedingte Luftverschmutzungs-Fussabdruck pro Person nimmt leicht ab*

In Abbildung 54 ist der Luftverschmutzungs-Fussabdruck pro Person dargestellt. Die konsumbedingten Belastungen bezogen auf die ständige Wohnbevölkerung in der Schweiz haben zwischen 1996 und 2015 von 25,2 auf 23,3 kg PM10-eq pro Person abgenommen. Abbildung 54

Abbildung 54

**Konsumperspektive – inländische und ausländische Anteile am konsumbedingten Luftverschmutzungs-Fussabdruck pro Person**

Entwicklung des Luftverschmutzungs-Fussabdrucks in Kilogramm PM10-eq pro Person (ständige Wohnbevölkerung in der Schweiz) gemäss Goedkoop et al. (2009), aufgeteilt in die im Inland und im Ausland verursachte konsumbedingte Belastung.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

zeigt auch, dass im Jahr 1996 nur rund ein Drittel der Belastung mit primären und sekundären Partikeln im Inland verursacht wurde. Über den Betrachtungszeitraum hat sich der inländische Anteil am konsumbedingten Luftverschmutzungs-Fussabdruck auf 21 % verringert.

#### 4.2.7 Wasser-Fussabdruck

##### Konsumperspektive

*Der konsumbedingte Wasser-Fussabdruck nimmt stark zu*

Der konsumbedingte Wasser-Fussabdruck der Schweiz gemäss AWARE (Boulay et al. 2017) berücksichtigt nationale Wasserknappheiten. Der Wasser-Fussabdruck der Schweiz hat über den Betrachtungszeitraum um 64 % von 24,3 auf 39,8 Milliarden Kubikmeter Wasser-Äquivalent zugenommen (Abbildung 55). Dieser starke Anstieg ist im Aussenhandel begründet, der den inländischen Wasserverbrauch um rund zwei Grössenordnungen übersteigt. Da die Wasserressourcen in einzelnen Ländern mit ihrer Knappheit gewichtet werden und die Schweiz nur einen

geringen Anteil des verfügbaren Wassers nutzt, ist der inländische Anteil am Wasser-Fussabdruck entsprechend gering (siehe Abbildung 56). Für den Wasser-Fussabdruck der importierten Güter sind vor allem Baumwolle, Früchte und Gemüse (Mandeln, Tomatenpüree, Orangen), Getreide und Wein sowie weitere landwirtschaftliche Erzeugnisse bedeutend.

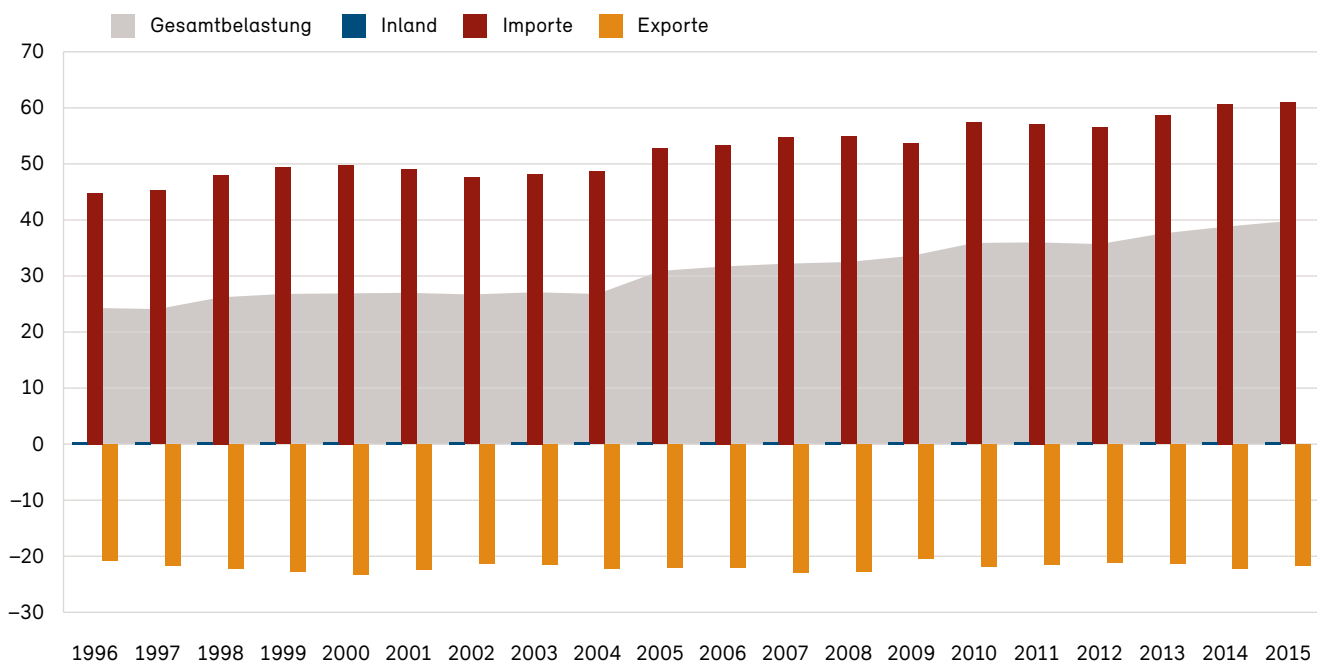
Zusätzlich haben die Stromimporte aus fossil- und nuklearthermischen Kraftwerken mit Turmkühlung einen relevanten Anteil am konsumbedingten Wasser-Fussabdruck. Die sprunghafte Zunahme des Wasser-Fussabdrucks zwischen 2004 und 2005 ist auf den Bruch in der Modellierung des Stromhandels zurück zu führen. Wie in Abschnitt 2.3.4 beschrieben, wurden für die Jahre 1996 bis 2004 die Anteile der Nachbarländer und der übrigen europäischen Länder an den Stromimporten gemäss Elektrizitätsstatistik (BFE 2016a) verwendet und mit den entsprechenden Produktionsmischen angenähert. Ab 2005 konnte die Zusammensetzung des importierten Stroms anhand der detaillierten Daten aus dem Cockpit Stromkennzeichnung Schweiz von Swissgrid (2016) ermittelt

Abbildung 55

**Konsumperspektive – absoluter Wasser-Fussabdruck**

Entwicklung des konsumbedingten Wasser-Fussabdrucks in Milliarden Kubikmeter Wasser-Äquivalent gemäss AWARE (Boulay et al. 2017).

Neben der Gesamtbelastung (Inland + Import – Export) wird der inländische Wasserverbrauch, der Verbrauch durch Importe und der Verbrauch durch Exporte separat gezeigt.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

werden. Die dort ausgewiesenen nicht überprüfaren Energieträger wurden mit dem europäischen Residualstrommix modelliert, der zum Grossteil aus thermischen Grosskraftwerken besteht und deshalb einen hohen spezifischen Wasserverbrauch hat.

**Inländische und ausländische Anteile am Wasser-Fussabdruck pro Person**

*Der konsumbedingte Wasser-Fussabdruck pro Person nimmt deutlich zu*

Aus Abbildung 56 wird ersichtlich, dass auch der konsumbedingte Wasser-Fussabdruck pro Person zwischen 1996 und 2015 deutlich gestiegen ist. Der inländische Anteil am Wasser-Fussabdruck nimmt über den Betrachtungszeitraum von 1,1 % auf 0,7 % ab. Der Wert ist so tief, weil Wasser in der Schweiz reichlich verfügbar ist.

**Konsumperspektive – regionalisierte Auswertung des im Ausland verursachten Wasser-Fussabdrucks**

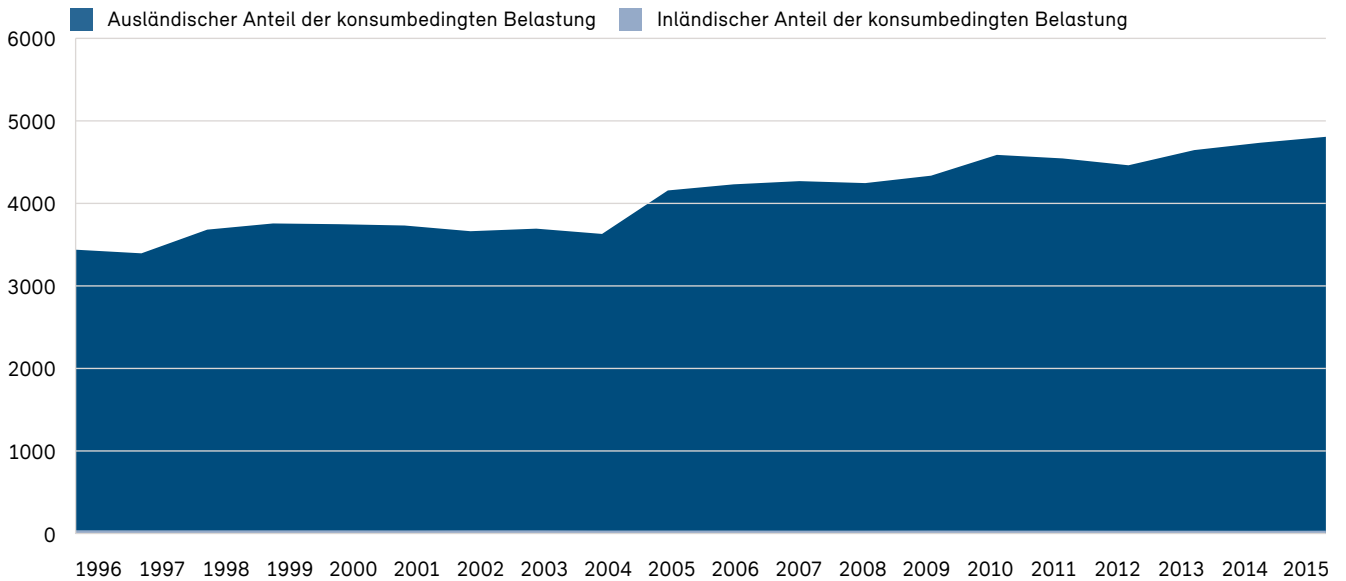
Abbildung 57 und Abbildung 58 zeigen eine Übersicht über den durch den Schweizer Konsum in anderen Ländern verursachten Wasser-Fussabdruck in den Jahren 1996 und 2015. Der im Ausland verursachte Wasser-Fussabdruck war generell in Ländern in der subtropischen und südlichen gemässigten Zone der Nordhalbkugel am grössten.

Im Jahr 1996 verursachte der Schweizer Konsum den höchsten Wasser-Fussabdruck in den Vereinigten Staaten von Amerika. Danach folgten Spanien, Italien, China und Frankreich. Insgesamt trug der Wasserkonsum in diesen fünf Ländern 52 % zum gesamten Wasser-Fussabdruck des Schweizer Konsums bei.

**Abbildung 56**

**Konsumperspektive – inländische und ausländische Anteile am konsumbedingten Wasser-Fussabdruck pro Person**

Entwicklung des Wasser-Fussabdrucks in Kubikmeter Wasser-Äquivalent pro Person (ständige Wohnbevölkerung in der Schweiz) gemäss AWARE (Boulay et al. 2017), aufgeteilt in die im Inland und im Ausland verursachte konsumbedingte Belastung.

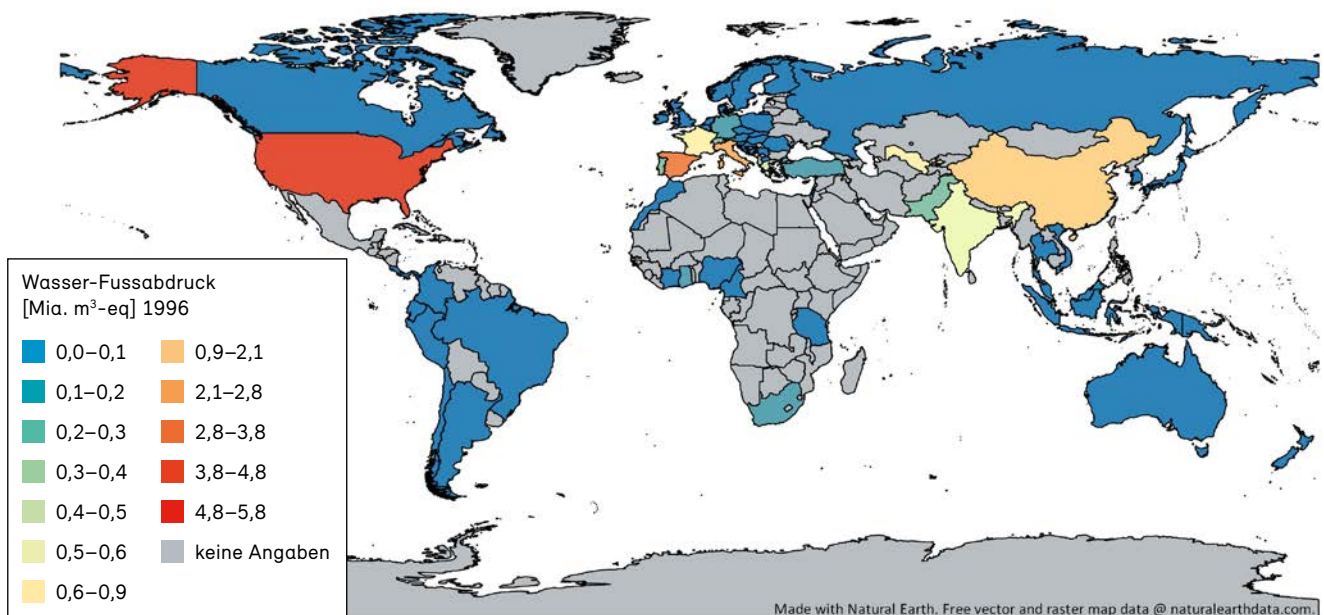


Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

**Abbildung 57**

**Konsumperspektive – im Ausland verursachter Wasser-Fussabdruck 1996**

Im Ausland verursachter Wasser-Fussabdruck in Mia. m³-eq. gemäss AWARE (Boulay et al. 2017) aufgeteilt in die in den einzelnen Ländern verursachte konsumbedingte Belastung. Abgebildet sind 69% des gesamten Wasserkonsums, die restlichen 31% werden durch nicht-regionalisierte Flüsse verursacht.



Quelle: Berechnungen treeze.

---

Auch 2015 war der durch den Schweizer Konsum verursachte Wasser-Fussabdruck in den USA am höchsten, gefolgt von Spanien. An dritter Stelle lag Indien, dann folgten China, Italien und Pakistan. Insgesamt trug der Wasserkonsum in diesen sechs Ländern 55% zum gesamten Wasser-Fussabdruck des Schweizer Konsums bei. Wie weiter oben beschrieben, fällt weniger als 1 Prozent des Wasser-Fussabdrucks in der Schweiz an.

Rund ein Drittel des Schweizer Wasser-Fussabdrucks in den USA wird durch den Anbau der in die Schweiz importierten Mandeln verursacht. Ein knappes weiteres Drittel entsteht beim Anbau des in die Schweiz importierten Weizens. Der Rest wird durch den Anbau von Baumwolle und weiterer landwirtschaftlicher Produkte wie Reis, Orangen und Mais verursacht. In Spanien trägt der Traubenanbau für den in die Schweiz importierten Wein am meisten zum Wasser-Fussabdruck bei. Daneben liefern die in Spanien produzierten und in die Schweiz importierten Zitrusfrüchte einen wichtigen Beitrag zum Wasser-Fussabdruck. Auch durch den Schweizer Stromimport entstehen Wasseremissionen in Spanien, und zwar bei der Stromproduktion in Kohlekraftwerken. In Italien trägt der Import von Tomatenpaste und Wein stark zum Wasser-Fussabdruck bei. Daneben spielt die Stromproduktion in Ölkraftwerken eine Rolle. Zudem trägt der in die Schweiz importierte Reis zum Wasser-Fussabdruck bei.

In China ist vor allem der Wasser-Fussabdruck der Kohlekraftwerke relevant. Der Strom wird vor allem für viele in die Schweiz importierten Produkte, vor allem Textilien, verwendet. Auch in Frankreich wird der Wasser-Fussabdruck vor allem bei der Stromproduktion, hier hauptsächlich in Kernkraftwerken, verursacht. Daneben trägt auch der in die Schweiz importierte französische Wein zum Wasser-Fussabdruck in Frankreich bei.

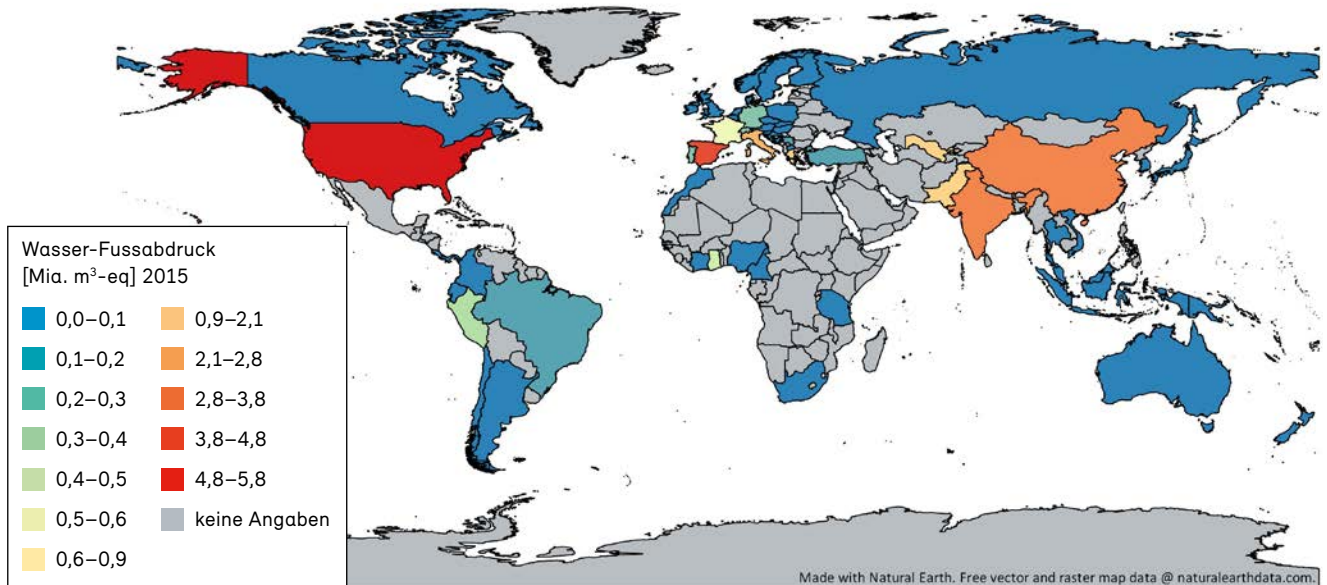
Dem Wasserverbrauch in Indien und Pakistan liegt vor allem die Baumwollproduktion zu Grunde. Abbildung 59 zeigt, dass sich der durch den Schweizer Konsum verursachte Wasser-Fussabdruck in diesen Ländern zwischen 1996 und 2015 stark erhöht hat, was am zunehmenden Import von Baumwolle aus diesen beiden Ländern liegt. Auch der Wasser-Fussabdruck in Spanien, China und den USA hat sich in der betrachteten Zeitperiode vergrössert. Während in Spanien alle für den Wasser-Fussabdruck

wichtigen Flüsse zugenommen haben, liegt dem erhöhten Fussabdruck in China vor allem vermehrte Emissionen während der Stromproduktion durch die erhöhten Importe von chinesischen Textilien, in den USA der vermehrte Import von Weizen und Baumwolle zu Grunde.

**Abbildung 58**

**Konsumperspektive – im Ausland verursachter Wasser-Fussabdruck 2015**

Im Ausland verursachter Wasser-Fussabdruck in Mia. m<sup>3</sup>-eq. gemäss AWARE (Boulay et al. 2017) aufgeteilt in die in den einzelnen Ländern verursachte konsumbedingte Belastung. Abgebildet sind 71 % des gesamten Wasserkonsums, die restlichen 29 % werden durch nicht-regionalisierte Flüsse (d. h. Wasserflüsse, die keinem Land zugeordnet sind) verursacht.

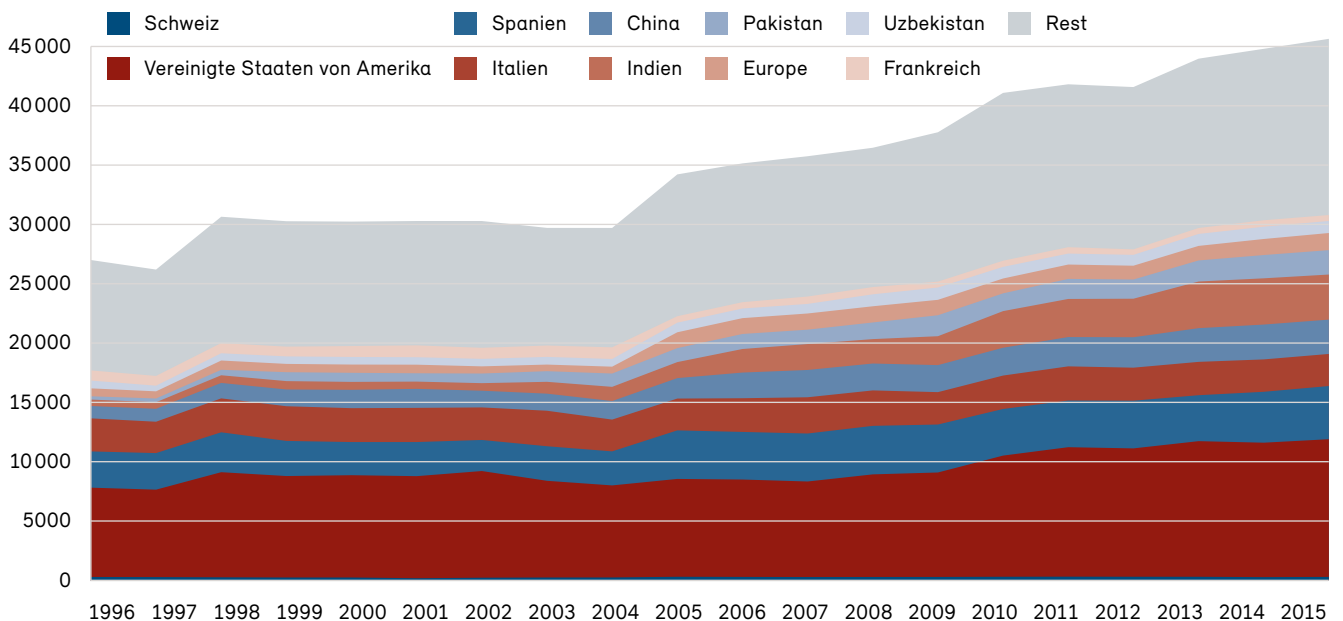


Quelle: Berechnungen treeze.

**Abbildung 59**

**Konsumperspektive – Entwicklung des im Ausland verursachten Wasser-Fussabdrucks**

Entwicklung des Wasser-Fussabdrucks in Mia. m<sup>3</sup>-eq. gemäss AWARE zwischen 1996 und 2015, aufgeteilt in die in den einzelnen Ländern verursachte konsumbedingte Belastung.



Quelle: Berechnungen treeze.

### 4.2.8 Energie-Fussabdruck

#### Konsumperspektive

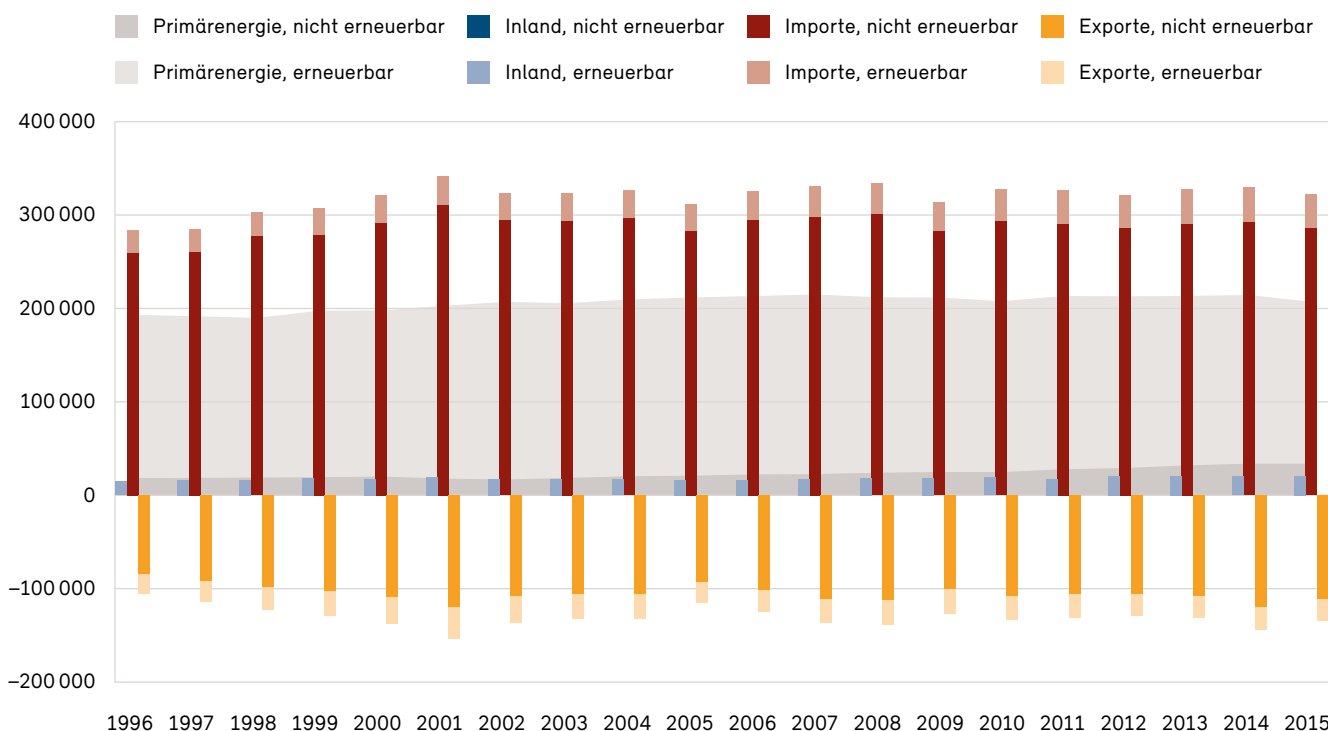
Der konsumbedingte Energie-Fussabdruck nimmt zu. Abbildung 60 zeigt, dass der absolute konsumbedingte Energie-Fussabdruck zwischen 1996 und 2015 um gut 8% bzw. 161 000 Terajoule Öl-eq gestiegen ist. Diese Zunahme entfällt dabei fast ausschliesslich auf erneuerbare Energieträger, deren Verbrauch sich über den Betrachtungszeitraum beinahe verdoppelt hat. Rund zwei Drittel des zusätzlichen erneuerbaren Energie-Fussabdrucks wurden durch importierte Güter verursacht, und ein Drittel ist auf die verstärkte Nutzung von erneuerbaren Energieträgern im Inland zurück zu führen. Trotz des starken Anstiegs bleibt der erneuerbare Anteil am konsumbedingten Energie-Fussabdruck mit 17% moderat. Der nicht erneuerbare Energie-Fussabdruck hat sein Maximum im

Jahr 1996 erreicht und liegt 2014 und 2015 auf derselben Höhe wie 1996. Da die Schweiz über keine nennenswerten nicht erneuerbaren Energieträger verfügt, wird der gesamte nicht erneuerbare Energie-Fussabdruck durch die Importe von in der Schweiz genutzten Energieträgern, sowie von Waren und Dienstleistungen verursacht. Dabei sind vor allem die Importe von Erdöl und Erdölerzeugnissen, Strom, Kernbrennstoffen und Erdgas von Bedeutung. Der Energie-Fussabdruck zeigt geringe jährliche Schwankungen, die unter anderem von der Witterung (Heizgradtage, Niederschlag) beeinflusst sind.

Abbildung 60

#### Konsumperspektive – absoluter Energie-Fussabdruck

Entwicklung des konsumbedingten Energie-Fussabdrucks in Terajoule Öl-eq gemäss Frischknecht et al. (2007b, 2015c). Neben dem Gesamtprimärenergieverbrauch (Inland + Import – Export) wird der inländische Primärenergieverbrauch, der Primärenergieverbrauch durch Importe und der Primärenergieverbrauch durch Exporte separat gezeigt.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Sococo.

### Inländische und ausländische Anteile am Energie-Fussabdruck pro Person

*Der konsumbedingte Energie-Fussabdruck pro Person nimmt leicht ab*

In Abbildung 61 werden der inländische und der ausländische Anteil am konsumbedingten Energie-Fussabdruck pro Person dargestellt, der über den Betrachtungszeitraum etwas über 7 % abgenommen hat. Dabei fällt auf, dass der Energie-Fussabdruck bis 2006 angestiegen ist und seither eine deutlich abnehmende Tendenz aufweist. Im Jahr 2015 entsprach der Energieverbrauch einer Dauerleistung von rund 8000 Watt pro Person. Der inländische Anteil hat von 5,8 % auf 7,3 % im Jahr 2015 zugenommen.

### 4.2.9 Material-Fussabdruck

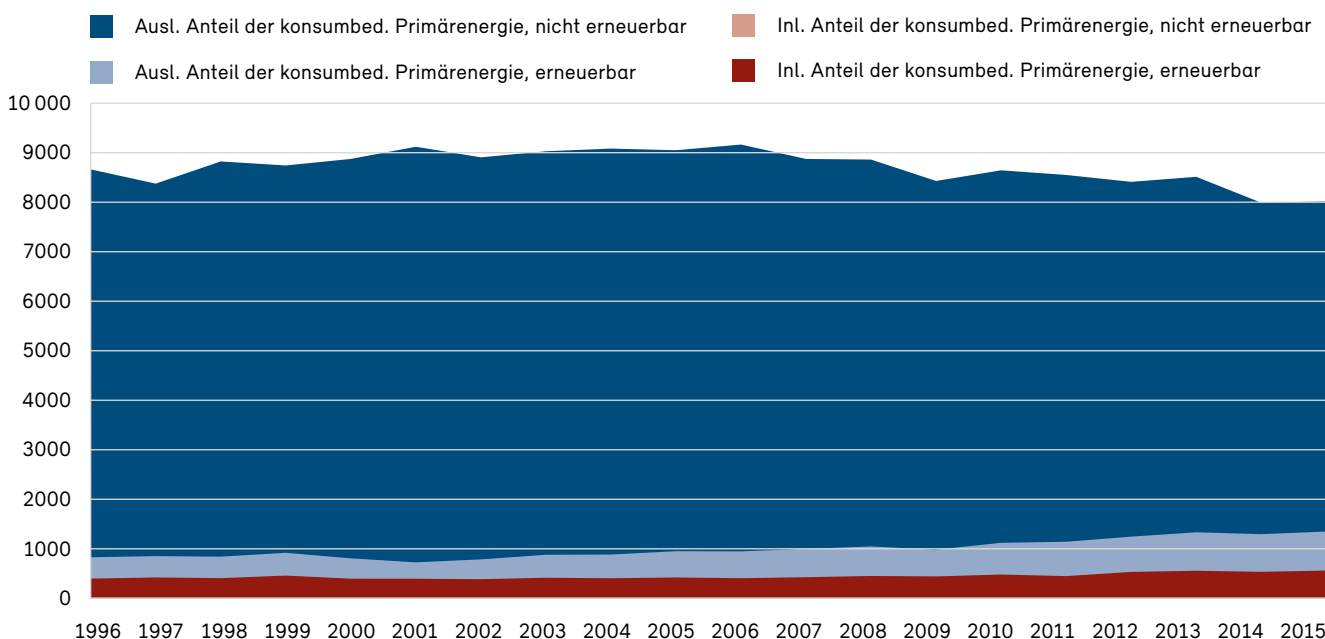
#### Konsumperspektive

*Der konsumbedingte Material-Fussabdruck nimmt zu*  
 Der konsumbedingte Material-Fussabdruck gemäss TRAIL-Methode wird in Abbildung 62 durch die graue Fläche «Gesamtbelastung» dargestellt und beschreibt den verursachten konsumbedingten Rohstoffverbrauch der Schweiz durch die inländische Endnachfrage. Dieser hat zwischen 1996 und 2015 von 132 auf 166 Mio. Tonnen Rohstoff-Äquivalente (RÄ) zugenommen. Der durch den Aussenhandel verursachte Rohstoffverbrauch im Ausland ist deutlich höher als der Verbrauch an im Inland gewonnenen Rohstoffen. Der durch den Aussenhandel importierte und exportierte Rohstoffverbrauch hat von 1996 bis 2015 um 45 Mio. Tonnen RÄ beziehungsweise 26 Mio. Tonnen RÄ zugenommen. Auch der Verbrauch von im Inland gewonnenen Rohstoffen hat absolut um 4 Mio. Tonnen RÄ zugenommen. Über die einzelnen Jah-

Abbildung 61

#### Konsumperspektive – inländische und ausländische Anteile am konsumbedingten Energie-Fussabdruck pro Person

*Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Watt pro Person (ständige Wohnbevölkerung in der Schweiz) gemäss Frischknecht et al. (2007b, 2015c), aufgeteilt in den im Inland und im Ausland verursachten konsumbedingten Primärenergieverbrauch. Die Anteile der erneuerbaren und der nicht erneuerbaren Energieträger sind separat ausgewiesen.*



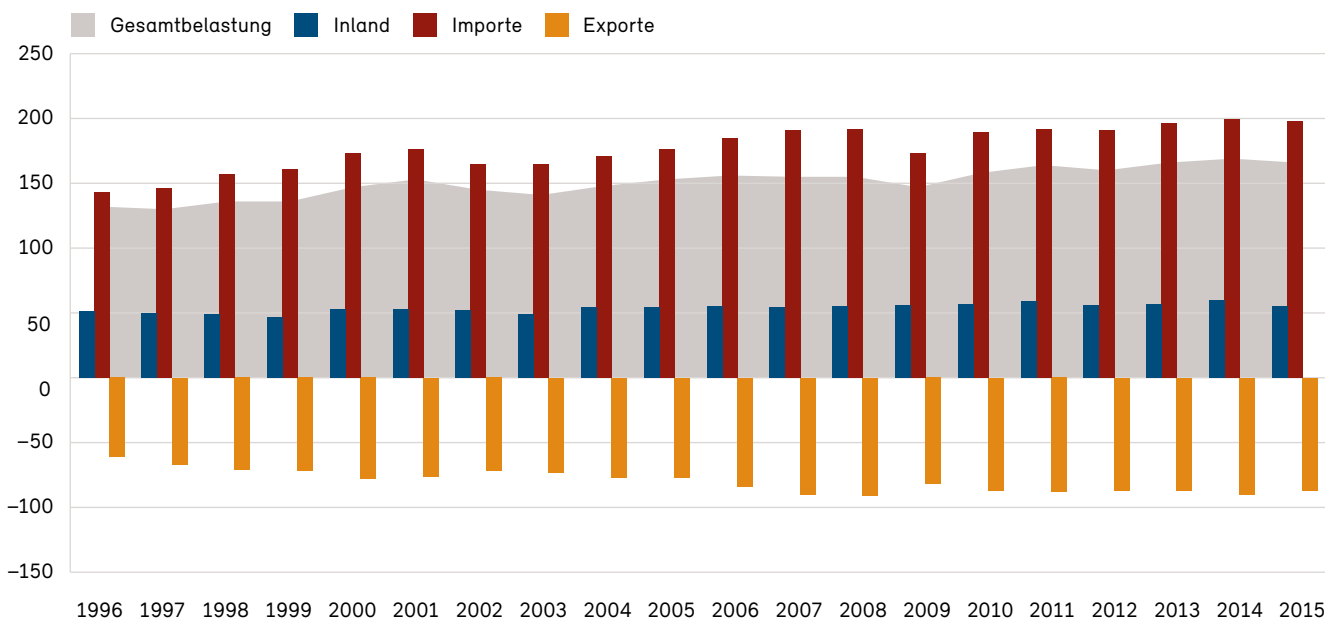
Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.



Abbildung 62

**Konsumperspektive – Material-Fussabdruck absolut**

Entwicklung des konsumbedingten Material-Fussabdruckes in Millionen Tonnen RÄ (Rohstoff-Äquivalenten, englisch RME, Raw Material Equivalents). Neben dem Gesamtrohstoffverbrauch (Inland + Import – Export) werden der im Inland verursachte Rohstoffverbrauch sowie der Rohstoffverbrauch im Ausland durch Importe und Exporte separat gezeigt.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Socesco.

re ist der Material-Fussabdruck Schwankungen unterworfen. Der Material-Fussabdruck des Imports und des Exports ist vor allem in den Jahren 2002 und 2009 (als Folge der Finanzkrise) deutlich zurückgegangen, während der inländische Material-Fussabdruck mehrmals im betrachteten Zeitraum leicht abgenommen und dann wieder zugenommen hat.

**Inländische und ausländische Anteile am Material-Fussabdruck**

*Der ausländische Anteil am konsumbedingten Material-Fussabdruck nimmt zu*

Abbildung 63 zeigt den Material-Fussabdruck unterteilt in den konsumbedingten Rohstoffverbrauch im Inland und im Ausland (Berechnungsweise siehe Unterkapitel 2.7) bezogen auf die ständige Wohnbevölkerung und ausgewiesen pro Person. Der Material-Fussabdruck hat von 18,7 auf 20 Tonnen RÄ zugenommen. Dabei ist ersichtlich, dass der Aussenhandel für die Zunahme des konsumbedingten Material-Fussabdrucks verantwortlich ist.

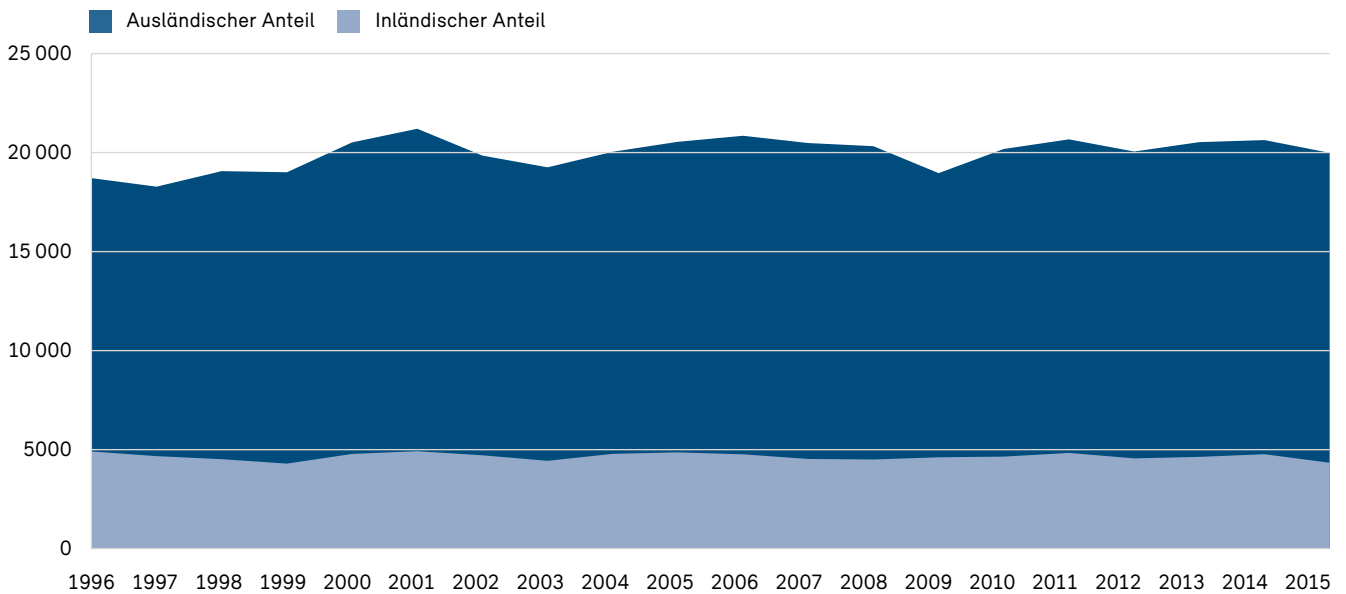
Der Anteil des im Ausland anfallenden konsumbedingten Rohstoffverbrauchs pro in der Schweiz wohnhaften Person nimmt seit 1996 von 74% im Jahr 1996 auf 78% im Jahr 2015 zu, während der Rohstoffverbrauch durch im Inland gewonnene und konsumierte Rohstoffe im betrachteten Zeitraum um knapp 8% abgenommen hat. Die Zunahme des ausländischen Anteils am konsumbedingten Material-Fussabdruck kann mit den wachsenden Handelsmengen von Waren und Dienstleistungen pro Kopf und dem abnehmenden Inlandanteil am Material-Fussabdruck begründet werden.

Gemäss Abbildung 64 trägt im Jahr 1996 die Kategorie der (nichtmetallischen) Mineralien, darunter fallen insbesondere die in der Baubranche eingesetzten Ressourcen Sand und Kies, mit 45% am meisten zum Material-Fussabdruck der Schweiz bei, gefolgt von den fossilen Energieträgern (28%) und den (Metall-)Erzen (14%). Über die einzelnen Jahre ist der Material-Fussabdruck Schwankungen unterworfen, nimmt jedoch in allen Kategorien zu. Während der Material-Fussabdruck der fossilen Energie-

**Abbildung 63**

**Konsumperspektive – inländischer und ausländischer Anteil am konsumbedingten Material-Fussabdruck pro Person**

Entwicklung des konsumbedingten Material-Fussabdruckes in Kilogramm RÄ pro Person (RME, vom Englischen Raw Material Equivalents), aufgeteilt in die im Inland und im Ausland verursachte konsumbedingte Belastung.

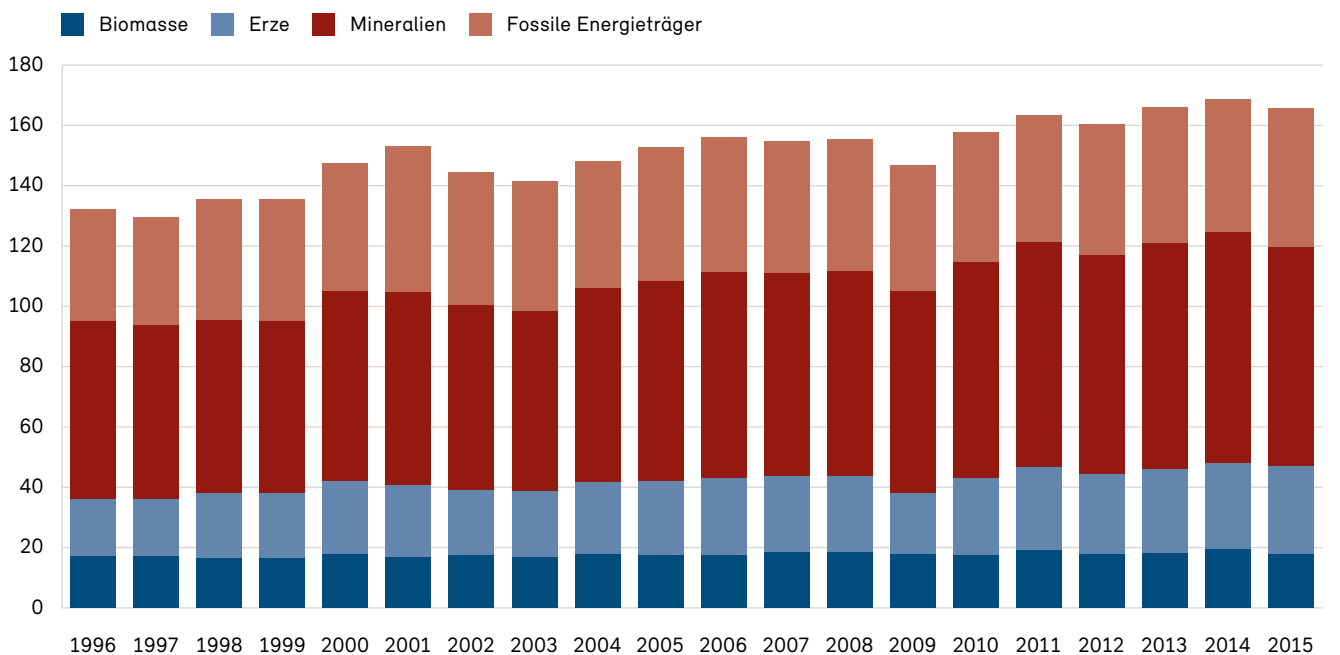


Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

**Abbildung 64**

**Konsumperspektive – Material-Fussabdruck, aufgeteilt in dessen Kategorien**

Entwicklung der einzelnen Kategorien des konsumbedingten Material-Fussabdruckes in Millionen Tonnen Rohstoffäquivalente (RME).



Quelle: Berechnungen treeze.

träger um 23 %, jener der Mineralien ebenfalls um 23 % und jener der Biomasse um 5 % zunimmt, steigt jener der Erze um 54 %. Durch dessen starke Zunahme machen im Jahr 2015 die Erze 17 % des Material-Fussabdruckes aus, die Mineralien 44 %, die fossilen Energieträger 28 % und die Biomasse 11 %.

#### 4.2.10 Vergleich mit der Wirtschaftsentwicklung

Bevölkerungsentwicklung und Wirtschaftswachstum stellen wichtige Treiber der Umweltbelastung dar. In diesem Abschnitt wird daher untersucht, ob sich die Entwicklung der Umweltbelastung von diesen Treibern entkoppelt hat. Dazu werden die folgenden Indikatoren gebildet und deren Entwicklung analysiert:

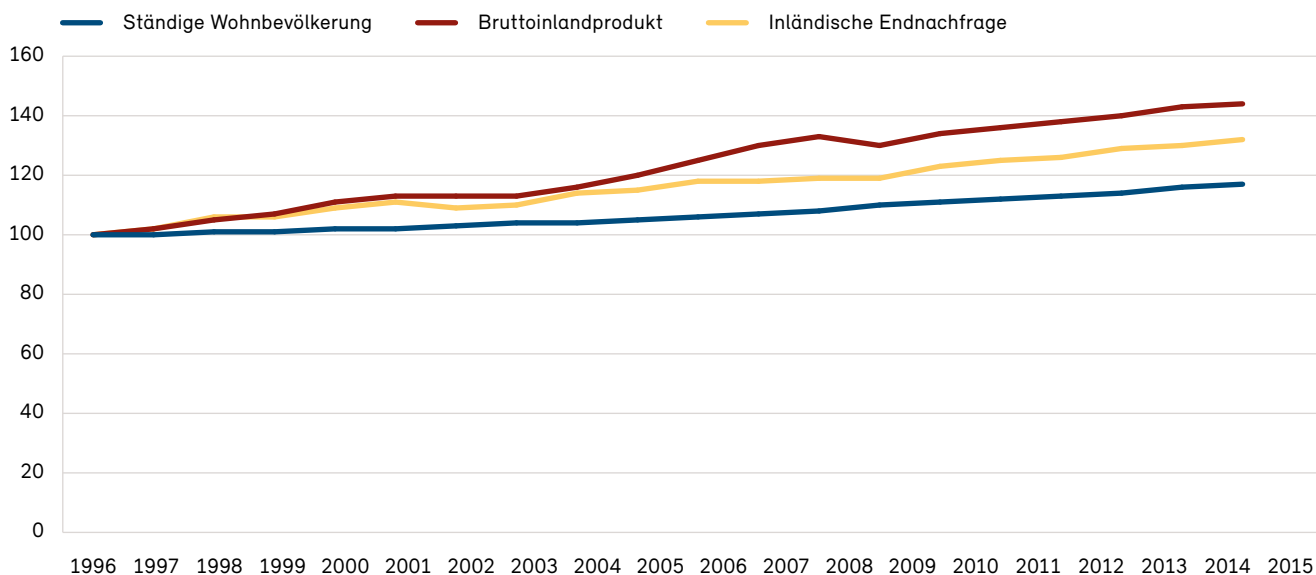
- Konsumbedingte Umweltbelastung pro Einwohner/in und konsumbedingte Treibhausgas-Emissionen pro Einwohner/in
- Konsumbezogene Umwelteffizienz (Verhältnis von Wirtschaftsentwicklung und Umweltbelastung): Der Indikator für die konsumbezogene Umwelteffizienz ergibt sich durch die Division der inländischen Endnachfrage durch die Fussabdruck-Indikatoren. Die inländische Endnachfrage bildet die Summe der Waren und Dienstleistungen, die der Endverwendung im Inland dienen und nicht

mehr weiterverarbeitet werden. Sie ist damit inhaltlich besser mit der konsumbedingten Umweltbelastung vergleichbar als das BIP, das auch die Herstellung von Gütern für den Export umfasst. Die Endnachfrage kann der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung entnommen werden (BFS, Kontensequenz). Sie ergibt sich durch Abzug der Exporte von der Endnachfrage. Sie setzt sich aus den Konsumausgaben privater Haushalte, dem Staatskonsum und den Bruttoanlageinvestitionen zusammen. Aus dem Bruttoinlandprodukt (BIP) ergibt sich die inländische Endnachfrage durch Abzug der Exporte und Addition der Importe. Die Werte für die inländische Endnachfrage wurden in konstante Preise des Jahres 2011 umgerechnet.

Abbildung 65 zeigt die indexierte Entwicklung der Bevölkerung bzw. der wirtschaftlichen Indikatoren seit 1996. Bis 2015 ist die Bevölkerung um 17 % gewachsen, die inländische Endnachfrage um 32 % und das BIP um 44 %. Im Zeitverlauf wird der Abstand zwischen dem BIP und der inländischen Endnachfrage immer grösser. Die Differenz zwischen beiden entspricht dem Wert der Nettoexporte (Exporte minus Importe). Da die Exporte in den vergangenen Jahren stärker gestiegen sind als die Importe, ist das BIP stärker gewachsen als die inländische Endnachfrage.

Abbildung 65

Entwicklung der Bevölkerung, des BIP und der inländischen Endnachfrage der Schweiz zwischen 1996 und 2015



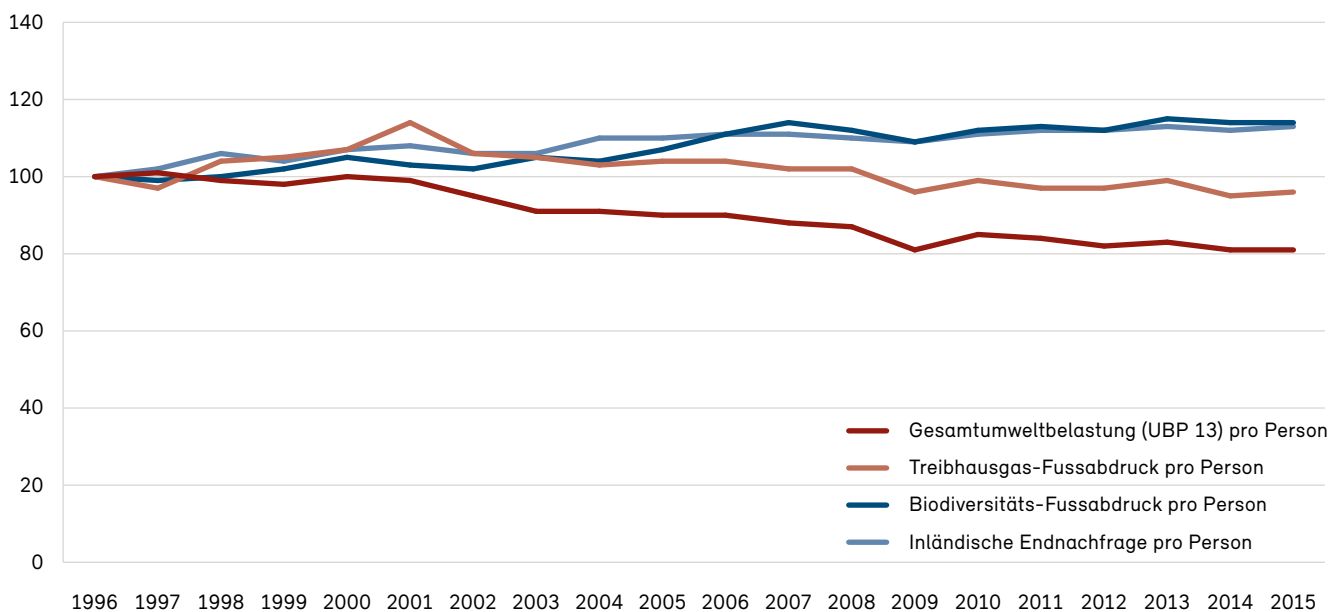
Quelle: BFS Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Berechnungen Rütter Soceco.

Abbildung 66 zeigt die Entwicklung der konsumbedingten Umweltbelastung sowie des Treibhausgas- und des Biodiversitäts-Fussabdrucks pro Person. Die konsumbedingte Umweltbelastung hat sich deutlich von der Bevölkerungsentwicklung entkoppelt. Pro Person ist sie um rund 19% gesunken. Demgegenüber gingen die konsumbedingten Treibhausgas-Emissionen pro Person nur um 4% zurück, sind also praktisch stabil. Der Biodiversitäts-Fussabdruck pro Person stieg im Betrachtungszeitraum um 14%. Zum Vergleich enthält die Abbildung auch die Entwicklung der inländischen Endnachfrage pro Person, die zwischen 1996 und 2015 um 13% zugenommen hat.

Abbildung 67 zeigt die indexierte Entwicklung der Umwelteffizienz der drei Headline-Indikatoren aus der Konsumperspektive. Man erkennt, dass die Umwelteffizienz in Bezug auf die Gesamtumweltbelastung (UBP) zwischen 1996 und 2015 stark angestiegen ist (+40%). Die Treibhausgas-Effizienz hat etwas weniger stark, jedoch ebenfalls deutlich zugenommen (+18%). Die Effizienz in Bezug auf den Biodiversitäts-Fussabdruck hat sich seit 1996 hingegen nicht verbessert (-1%).

Abbildung 66

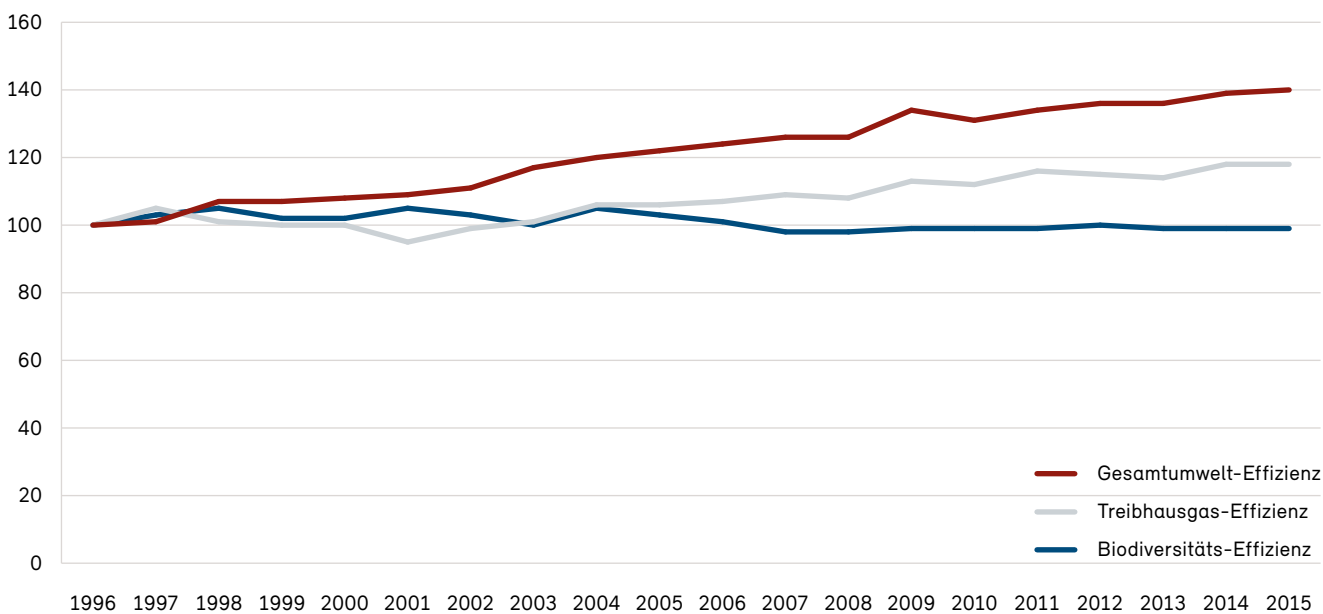
Entwicklung der inländischen Endnachfrage, der konsumbedingten Umweltbelastung sowie des Treibhausgas- und des Biodiversitäts-Fussabdrucks der Schweiz pro Person zwischen 1996 und 2015



Quelle: BFS Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Berechnungen Rütter Soceco und treeze.

Abbildung 67

Entwicklung der konsumbezogenen Umwelteffizienz der Headline-Indikatoren zwischen 1996 und 2015



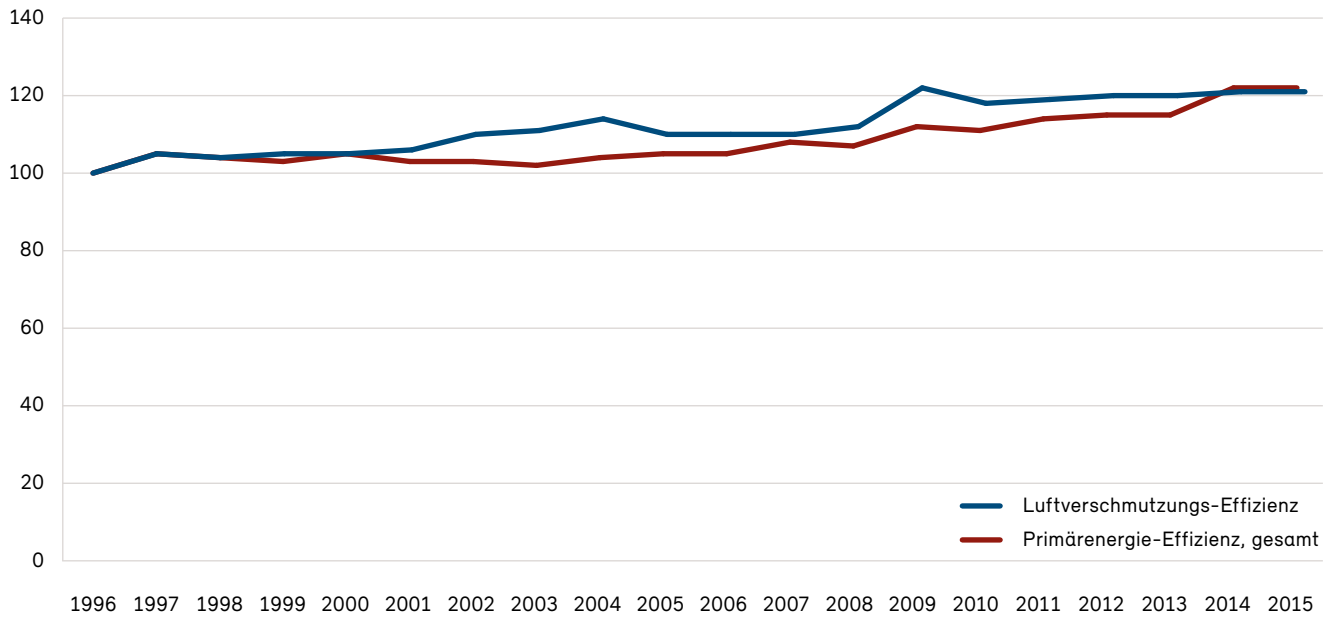
Quelle: Berechnungen Rütter Soceco und treeze.

Die Umwelteffizienz des gesamten Primärenergieverbrauchs ist deutlich gewachsen (+22%). In einem ähnlichen Mass angestiegen ist auch die Umwelteffizienz des Luftverschmutzungs-Fussabdrucks (+21%), vgl. Abbildung 68.

Die Umwelteffizienz des Eutrophierungs-Fussabdrucks in der Betrachtungsperiode ist um 23% angestiegen. Hingegen zeigt der Wasser-Fussabdruck zwischen 1996 und 2015 eine Abnahme der Effizienz um 19%, vgl. Abbildung 69.

Abbildung 68

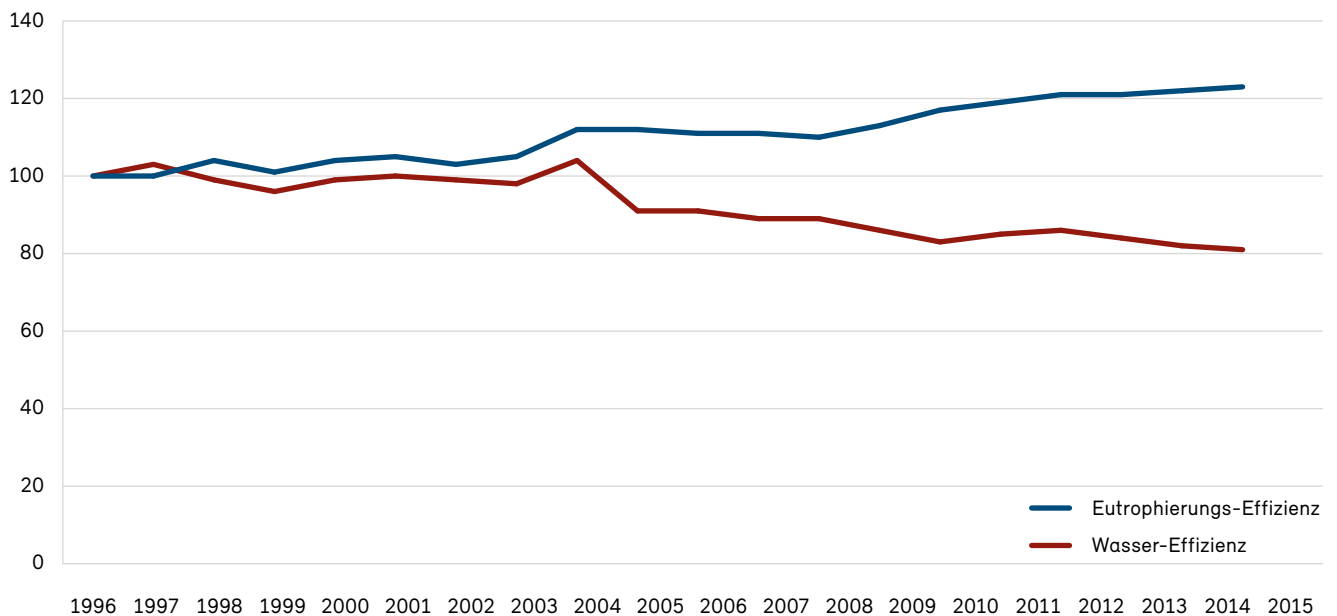
Entwicklung der konsumbezogenen Umwelteffizienz des Primärenergieverbrauchs und der Luftverschmutzung zwischen 1996 und 2015



Quelle: Berechnungen Rütter Soceco und treeze.

Abbildung 69

Entwicklung der konsumbezogenen Umwelteffizienz weiterer Umweltindikatoren zwischen 1996 und 2015

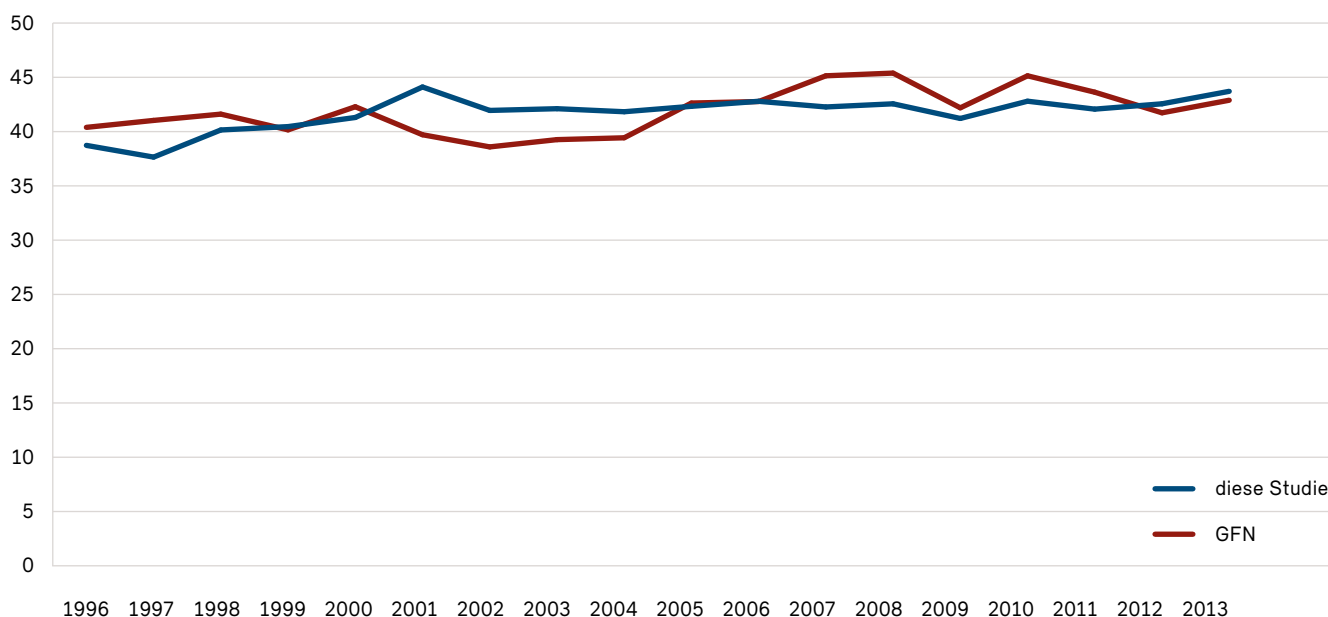


Quelle: Berechnungen Rütter Soceco und treeze.

Abbildung 70

**Konsumperspektive – Vergleich mit dem «Ökologischen Fussabdruck» gemäss Global Footprint Network (GFN)**

Vergleich des «Ökologischen Fussabdrucks» in Millionen globalen Hektaren gemäss GFN mit dem anhand unserer Datengrundlage und mit den aktuellen Äquivalenz- und Erntefaktoren gemäss dem in der Bilanz Schweiz 2017 des GFN ausgewerteten «Ökologischen Fussabdruck» (Global Footprint Network 2017; Frischknecht 2016).



Quelle: Berechnungen treeze.

### 4.3 Vergleich mit Zeitreihe des GFN zum «Ökologischen Fussabdruck»

Der offizielle «Ökologische Fussabdruck» wird vom Global Footprint Network (GFN) gestützt auf eine andere Datenbasis erhoben. Die Koeffizienten zur Berechnung der Fussabdruck-Flächen wurden im Vorfeld dieser Studie harmonisiert. Die Unterschiede und damit der Einfluss der Datengrundlage auf die Resultate werden in diesem Abschnitt anhand der Abbildung 70 diskutiert. Dabei zeigt sich, dass die Höhe der beiden Indikatoren ähnlich ist, aber Unterschiede im Verlauf bestehen.

Gemäss den Berechnungen der vorliegenden Studie liegt der konsumbedingte «Ökologische Fussabdruck» der Schweiz im Jahr 2013 bei rund 44 Millionen globalen Hektaren, während jener gemäss GFN<sup>29</sup> bei rund 43 Millionen globalen Hektaren und damit um rund 2 % tiefer liegt. Im Jahr 1996 hingegen lag der in dieser Studie berechnete

«Ökologische Fussabdruck» 4,0 % unter jenem des GFN. Damit sind die Resultate vergleichbar und auch die Anteile der einzelnen Kategorien am «Ökologischen Fussabdruck» fallen ähnlich aus. Von 1996 bis 2013 verursacht der Anteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen gemäss der Berechnung dieser Studie 68–73 % (gemäss GFN 68–73 %), der Anteil Ackerbau 11–13 % (gemäss GFN 13–14 %), der Anteil Waldwirtschaft 9–10 % (gemäss GFN 6–10 %), der Anteil Weidewirtschaft 2–3 % (gemäss GFN 3–4 %), der Anteil Siedlungen 3–4 % (gemäss GFN 1–2 %) und der Anteil Fischerei 1–2 % (gemäss GFN 1 %) des «Ökologischen Fussabdrucks» der Schweiz.

Während der «Ökologische Fussabdruck» aller Kategorien ausser CO<sub>2</sub>-Emissionen und Weidewirtschaft gemäss den Berechnungen dieser Studie im Betrachtungsraum zugenommen hat, nahm der «Ökologische Fussabdruck» gemäss GFN in den Kategorien Waldwirtschaft um 21 % und Siedlungen um 14 % ab.

<sup>29</sup> Download des «Ökologischen Fussabdrucks» der Schweiz von 1996 bis 2013 des Global Footprint Networks auf: <http://data.footprintnetwork.org>

#### 4.4 Vergleich mit Zeitreihe des BFS zum Material-Fussabdruck

Das BFS ermittelt den Material-Fussabdruck (RMC) gemäss den Empfehlungen von Eurostat mit einem Hybridansatz unter Verwendung von Input-Output-Tabellen. Der RMC wird in die Kategorien Erze, Mineralien, fossile Energieträger und Biomasse aufgeteilt (BFS 2015a). Aktuell liegen die Informationen für den Zeitraum 2000 bis 2014 vor. In diesem Abschnitt wird der mit der TRAIL-Methode im Rahmen dieser Studie berechnete Material-Fussabdruck mit jenem des BFS verglichen, um den Einfluss der Datengrundlage auf die Resultate zu eruieren (siehe Abbildung 71). Für das Jahr 2014 resultiert gemäss der vorliegenden Studie ein konsumbedingter Material-Fussabdruck von 169 Millionen Tonnen Rohstoffäquivalente und gemäss BFS ein Material-Fussabdruck von 140 Millionen Tonnen Rohstoffäquivalente (BFS 2017c). Der Material-Fussabdruck dieser Studie ist im Jahr 2000 13 % höher und im Jahr 2014 knapp 21 % höher als jener gemäss BFS.

Ebenfalls fällt auf, dass der Material-Fussabdruck gemäss BFS im Betrachtungszeitraum nur leicht zunimmt (rund 7%), während der in der vorliegenden Studie berechnete Material-Fussabdruck im Betrachtungszeitraum grösseren Schwankungen unterworfen ist und um rund 14 % ansteigt.

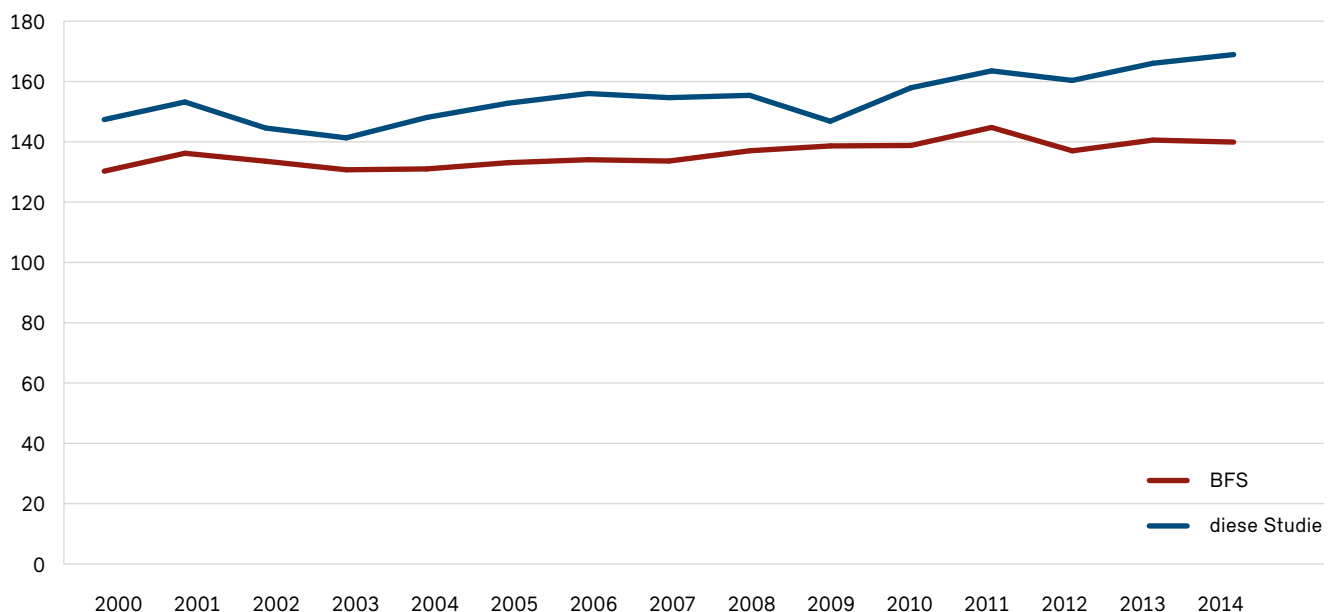
Vom Jahr 2000 bis 2014 verursacht der Anteil der (nicht metallischen) Mineralien am berechneten Material-Fussabdruck der vorliegenden Studie 42–46 % (gemäss BFS 38–42 %), der Anteil Erze 15–17 % (gemäss BFS 18–22 %), der Anteil fossile Energieträger 26–32 % (gemäss BFS 24–27 %) und der Anteil Biomasse 11–12 % (gemäss BFS 14–17 %). Im Jahr 2014 liegt der in der vorliegenden Studie berechnete Biomasse-Rohstoffverbrauch 19 % tiefer, der Verbrauch an Mineralien 27 % höher, der Verbrauch fossiler Energieträger 34 % höher und der Erz-Rohstoffverbrauch 25 % höher als jener gemäss BFS.

Im Jahr 2014 machen die in der Schweiz gewonnenen Rohstoffe gemäss den Berechnungen dieser Studie 35 %

Abbildung 71

##### Konsumperspektive – Vergleich mit dem Material-Fussabdruck des BFS gemäss Eurostat Methode

Vergleich des konsumbedingten Material-Fussabdrucks dieser Studie mit jenem des BFS (BFS 2017c) in Millionen Tonnen Rohstoffäquivalente (RME).



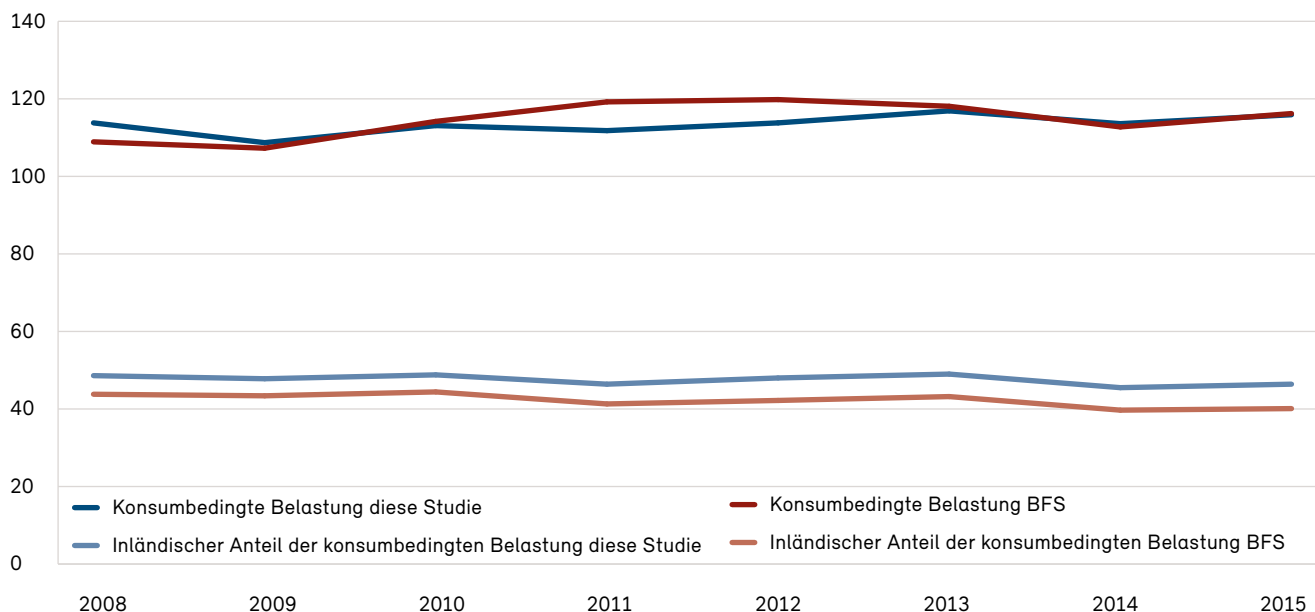
Quelle: Berechnungen treeze.



Abbildung 72

**Konsumperspektive – Vergleich mit dem Treibhausgas-Fussabdruck des BFS**

Vergleich des konsumbedingten Treibhausgas-Fussabdrucks der Jahre 2008 bis 2015 dieser Studie mit jenem des BFS (2018) in Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.



des Fussabdrucks aus und gemäss BFS sind es 47 % und der Fussabdruck der Importe hat zwischen 2000 und 2014 um 15 % zugenommen (gemäss BFS um 19 %).

Die Gründe der Unterschiede im Material-Fussabdruck der vorliegenden Studie und dem gemäss BFS können nicht mit abschliessender Sicherheit genannt werden. Um den Unterschieden, insbesondere auch im Zeitverlauf, auf den Grund zu gehen, wären vertiefende Analysen erforderlich, die im Rahmen des Projekts nicht durchgeführt werden konnten.

#### 4.5 Vergleich mit Zeitreihe des BFS zum Treibhausgas-Fussabdruck

Das BFS ermittelt den Treibhausgas-Fussabdruck beruhend auf den Luftemissionskonten, den Input-Output-Tabellen (IOT) der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung und einer Gewichtung der importierten Emissionen (BFS 2018). Die Modellierung des BFS beschränkt sich auf die drei wichtigsten Treibhausgase Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O), während die vorliegende Studie alle Treibhausgase gemäss Kyoto-Protokoll berücksichtigt<sup>30</sup>. Aus beiden Modellierungen ergibt sich insgesamt eine ähnliche Grössenordnung, sowohl absolut, als auch bezüglich Auslandsanteilen (65 % beim BFS-Indikator und 60 % in dieser Studie für das Jahr 2015, siehe Abbildung 72).

Ein vertiefender Vergleich der beiden Ansätze konnte im Rahmen des vorliegenden Projekts nicht mehr durchgeführt werden.

30 inklusive die synthetischen Treibhausgase HFC, PFC, SF<sub>6</sub> und NF<sub>3</sub>.

## 4.6 Interpretation

### 4.6.1 Vergleich mit der Vorgängerstudie

Die in Unterkapitel 4.2 dargestellte Entwicklung der konsumbedingten Umweltbelastung zwischen 1996 und 2015 zeigt bei einigen Indikatoren deutliche Abweichungen zu den Resultaten der Vorgängerstudie von Frischknecht et al. (2014). Nachfolgend werden die wichtigsten Gründe für die Veränderungen erläutert. Der Fokus liegt dabei auf den Headline-Indikatoren Gesamtumweltbelastung nach der UBP-Methode 2013 und Treibhausgas-Emissionen, da sich diese Bewertungsmethoden im Vergleich zur früheren Studie nur geringfügig unterscheiden. Generell ist zu beobachten, dass sich die inländische Umweltbelastung gegenüber der Vorgängerstudie nur geringfügig verändert hat, während die durch den Aussenhandel verursachten Umweltauswirkungen tendenziell höher liegen. Dies führt im Allgemeinen zu einer höheren konsumbedingten Umweltbelastung und zu einem höheren ausländischen Anteil.

#### Gesamtumweltbelastungs-Fussabdruck in UBP

Die konsumbedingte Gesamtumweltbelastung zwischen 1996 und 2011 ist um 7 bis 26 % höher als in der Vorgängerstudie. Die Höhe der Abweichung zur früheren Studie schwankt in einzelnen Jahren deutlich, was vor allem auf die separate Betrachtung des Edelmetallhandels in der vorliegenden Studie zurück zu führen ist. Da der Handel mit nicht monetärem Gold und Silber sowie mit Platinmetallen eine starke zeitliche Variation aufweist (siehe Abbildung 22), treten einige Maxima und Minima der Vorgängerstudie durch den Ausschluss dieser Positionen aus der konsumbedingten Gesamtumweltbelastung nicht mehr in Erscheinung.

Die inländische Umweltbelastung hat sich gegenüber der Studie von Frischknecht et al. (2014) nur unwesentlich verändert. Die Zunahme der konsumbedingten Umweltbelastung ist somit auf eine Aktualisierung der Modellierung des Aussenhandels, vor allem des Handels mit Waren, zurück zu führen. Die Menge der importierten und exportierten Güter ist sehr ähnlich wie in der Vorgängerstudie. Die höheren Werte für die Umweltbelastung des Warenhandels werden durch eine höhere spezifische Umweltbelastung pro Kilogramm Produkt (Umweltintensität) verursacht. Dabei sind insbesondere die **neuen und**

**regionalisierten Sachbilanzen** von landwirtschaftlichen Produkten aus der WFLDB sowie die radioaktiven Abfälle von importiertem Strom aus Kernkraftwerken und von wiederaufbereiteten Brennelementen von Bedeutung.<sup>31</sup> Beim Dienstleistungshandel ist ebenfalls eine grosse Veränderung gegenüber der Vorgängerstudie festzustellen. Die veränderten Handelsvolumina sind auf konzeptionelle Anpassungen der VGR sowie auf eine veränderte Datenerfassung seitens der Nationalbank zurückzuführen. Zusätzlich haben sich die Umweltintensitäten von einigen Dienstleistungsbranchen wegen der neuen Modellierung zum Teil deutlich verändert (vgl. Technischer Bericht, Frischknecht et al. 2018). Wegen der tiefen spezifischen Umweltbelastung von Dienstleistungen tragen diese Anpassungen jedoch nur einen geringen Teil zur beobachteten Veränderung der konsumbedingten Gesamtumweltbelastung bei.

#### Andere gesamttaggregierende Indikatoren

Im Vergleich mit der Vorgängerstudie hat sich insbesondere die Entwicklung der Gesamtumweltbelastung bewertet mit der ILCD-Methode deutlich verändert. In der früheren Studie zeigte die Gesamtumweltbelastung gemäss der UBP- und der ILCD-Methode einen sehr ähnlichen Verlauf und eine geringe Abnahme zwischen 1996 und 2011. Aus Abbildung 30 ist ersichtlich, dass der indexierte Verlauf der Gesamtumweltbelastung nach der UBP- und der ILCD-Methode insbesondere ab 2009 divergiert. Dies ist hauptsächlich durch die Verwendung einer aktuelleren Version der ILCD-Methode begründet, in der neu alle Wirkungskategorien berücksichtigt werden mit Ausnahme der Ökosystemeffekte durch ionisierende Strahlung. In der Vorgängerstudie wurde der Umweltbereich Humantoxizität, Krebseffekte, nicht bewertet. Gerade in diesem Umweltbereich wurde zwischen 1996 und 2015 aufgrund des Anstiegs der Importe von Stahl und weiteren Metallen und der bei der Herstellung dieser Produkte verursachten Chrom-Emissionen in Gewässer und in die Luft eine deutliche Zunahme verzeichnet. Dies ist der Hauptgrund für die Abweichung der Gesamtumweltbelastung gemäss der ILCD-Methode zwischen der aktuellen und der Vorgängerstudie.

<sup>31</sup> Die radioaktiven Abfälle des Warenhandels wurden in der ursprünglichen Zeitreihenstudie fälschlicherweise nicht berücksichtigt.

Die Gesamtumweltbelastung bewertet mit dem «Ökologischen Fussabdruck» liegt gegenüber der Vorgängerstudie deutlich höher. Der Flächenfaktor der fossilen CO<sub>2</sub>-Emissionen ist bei der letzten Revision der Methode durch das Global Footprint Network (GFN) deutlich angehoben worden. Für die beobachtete Zunahme sind deshalb die inländische Belastung und die durch den Aussenhandel verursachten Umweltbelastungen gleichermaßen verantwortlich. Die Entwicklung des hier berechneten «Ökologischen Fussabdrucks» zwischen 1996 und 2015 ist ähnlich wie in der früheren Studie.

Die konsumbedingte Gesamtumweltbelastung nach ReCiPe, die in Abschnitt 4.2.2 beschrieben ist, zeigt im Vergleich zur Vorgängerstudie nur geringe Abweichungen.

#### **Treibhausgas-Emissionen**

Im Vergleich zur Vorgängerstudie sind die in Abschnitt 4.2.3 gezeigten konsumbedingten Treibhausgas-Emissionen in den Jahren 1996 bis 2011 zwischen 4% und 18% höher. Die inländischen Treibhausgas-Emissionen haben aufgrund der Berücksichtigung der indirekten Erwärmungseffekte der Emissionen von Flugzeugen um rund 8 bis 9% zugenommen. Die restliche Veränderung gegenüber der Vorgängerstudie ist auf unterschiedliche Umweltintensitäten der gehandelten Güter zurück zu führen. Dabei sind insbesondere die Stromimporte und -exporte relevant, die neu mit detaillierteren Daten modelliert wurden (siehe Abschnitt 2.3.2). Die berechneten Technologieanteile weichen insbesondere beim exportierten Strom von denjenigen der Vorgängerstudie ab. Die seit 2005 durchgeführte Erhebung des Bundesamts für Energie und von Swissgrid zur Kennzeichnung der in der Schweiz gelieferten Elektrizität legen nahe, dass importierter Strom aus fossilen Kraftwerken zum überwiegenden Teil in der Schweiz konsumiert und vorwiegend Strom aus Schweizer Produktion (Wasserkraft und Kernenergie) exportiert wird. In der Vorgängerstudie ging man noch davon aus, dass ein beachtlicher Anteil des importierten Stroms wieder exportiert wird.

Der Ausschluss der Platinmetalle aus der Konsumbilanz hat demgegenüber die Erhöhung der konsumbedingten Treibhausgas-Emissionen gegenüber der Vorgängerstudie gedämpft. Der Dienstleistungshandel trägt nur

unwesentlich zur beobachteten Veränderung der Treibhausgas-Emissionen im Vergleich zur Vorgängerstudie bei.

#### **Weitere Umweltindikatoren**

Der Luftverschmutzungs-Fussabdruck ist generell etwas höher als in der Vorgängerstudie. Die starken Ausschläge in einzelnen Jahren, die vor allem durch Importe und Exporte von Edelmetallen begründet waren, wurden in der aktuellen Studie durch die Auslagerung des Edelmetallhandels deutlich abgeschwächt (siehe Abschnitt 2.3.2).

Der Eutrophierungs-Fussabdruck liegt höher als in der Vorgängerstudie, was vor allem auf die Modellierung von landwirtschaftlichen Produkten mit Sachbilanzen aus der WFLDB zurück zu führen ist.

Der Energie-Fussabdruck zwischen 1996 und 2011 ist um durchschnittlich 7% höher als in der Vorgängerstudie. Der erneuerbare Anteil fällt tiefer aus als in der Vorgängerstudie. Ähnlich wie bei den Treibhausgas-Emissionen ist auch diese Veränderung hauptsächlich durch die neue, realitätsnähere Modellierung der Stromimporte und -exporte begründet. Der inländische Energie-Fussabdruck hat sich nur geringfügig verändert.

Für die Umweltindikatoren Biodiversitätsverluste und Wasserverbrauch sind keine Vergleiche mit der Vorgängerstudie möglich, da andere Bewertungsmethoden verwendet wurden.

#### **4.6.2 Einfluss bedeutender Ereignisse und Entwicklungen**

Die Resultate haben gezeigt, dass die jährlichen Schwankungen der konsumbedingten Umweltbelastung nicht durchgehend mit der gehandelten Gütermenge korrelieren. Im Folgenden sollen einige wichtige Ereignisse der letzten 20 Jahre erwähnt und deren *sichtbarer* Einfluss auf die Gesamtumweltbelastung überprüft werden.

- Die Auswirkungen der Asienkrise (1997/98) und des Platzen der «Dotcom-Blase» im Jahr 2000 zeigen sich in der Gesamtumweltbelastung nicht.
- Nach den Terroranschlägen in den USA (9/11) und dem Grounding der Swissair im Jahr 2001 nahmen die netto importierten Gütermengen sowie die Gesamtumwelt-

belastung ab. Dadurch zeigt sich im Jahr 2002 bei allen Indikatoren ein deutlicher Rückgang der Umweltbelastung.

- Die Anschläge in den USA im Jahr 2001 (9/11), das Grounding der Swissair im selben Jahr, die Terroranschläge in Spanien im Jahr 2004 und der Ausbruch des Vulkans Eyjafjallajökull im Jahr 2010 in Island führten zu einer vorübergehenden Reduktion der Flugreisen. Der Kerosinverbrauch nahm zwischen 2001 und 2004 stetig ab und nahm danach wieder zu. Dieser Rückgang steht im Zusammenhang mit den Terroranschlägen und den als Reaktion darauf eingeführten verschärften Sicherheitsvorkehrungen im Flugverkehr. Der Vulkanausbruch im Jahr 2010 ist in der Statistik hingegen nicht ersichtlich.
- Die Hitzewelle im Jahr 2003 hatte keinen wesentlichen Einfluss auf die konsumbedingte Umweltbelastung.
- Die Vogelgrippe im Jahr 2006 führte zu einem tieferen Geflügelkonsum, welcher jedoch mit einem erhöhten Schweine- und Rindfleischkonsum kompensiert wurde. Die Auswirkungen der Vogelgrippe wie auch der Schweinegrippe 2009 auf die Gesamtumweltbelastung sind nicht erkennbar.
- Die Auswirkungen der Finanz- und Wirtschaftskrise ab 2007 und vor allem im Jahr 2008 als Folge des Platzens der Immobilienblase in den USA sind in der Gesamtbelastung nicht sofort ersichtlich. Im Jahr 2009 ist jedoch ein deutlicher Einbruch der konsumbedingten Gesamtumweltbelastung zu beobachten, der auf eine ebenso deutliche Abnahme der netto in die Schweiz importierten Güter zurück zu führen ist. Auch die inländische Umweltbelastung ist im Jahr 2009 geringer im Vergleich zum Vor- und zum Folgejahr.
- Die Auswirkungen der Einführung eines Euro-Mindestkurses im September 2011 sind in den Handelsmengen für Waren und Dienstleistungen sowie in der konsumbedingten Umweltbelastung nicht sichtbar. Nach der Aufhebung des Mindestkurses im Januar 2015 nahmen die importierten und exportierten Waren und Dienstleistungen leicht ab. Da das Volumen der Exporte stärker zurückging als jenes der Importe, stieg die konsumbedingte Umweltbelastung im Jahr 2015 im Vergleich zum Jahr 2014.
- In der Entwicklung der konsumbedingten Umweltbelastung sind die Auswirkungen des seit 2014 andauernden Konflikts in der Ukraine nicht ersichtlich. Die Warenimporte aus Russland haben im Jahr 2015 abgenommen. Ob diese Veränderung auf die Sanktionen zurückzuführen sind, kann nicht beurteilt werden. Zudem sind die Warenimporte aus Russland gemessen an den gesamten Importen vernachlässigbar.
- Aufgrund der unverändert regen Bautätigkeit nehmen die Siedlungsflächen im Inland über die gesamte Zeitreihe zu. Da vor allem Flächen überbaut werden, die früher als Landwirtschaftsland dienten, blieb der Biodiversitäts-Fussabdruck aus der Produktionsperspektive ungefähr konstant.
- Der Kiesbedarf hat in den letzten Jahren zugenommen und schlägt sich insbesondere im Material-Fussabdruck nieder.
- Die Schwankungen des Ölpreises (hoher Ölpreis in den Jahren 2005 bis 2014, stark sinkender Ölpreis im Jahr 2015) sind weder in einem tieferen Konsum oder Import von Erdölprodukten noch in der Gesamtumweltbelastung sichtbar. Um die Effekte der Lagerhaltung auszuschliessen, wurden die Importmengen von Energieträgern basierend auf dem jährlichen Verbrauch berechnet.
- Die Aktivitäten von Schweizer Rohstoffhandelsfirmen schlagen sich in den stark zunehmenden Dienstleistungsexporten nieder. Da die Umweltbelastungen der zwischen Drittstaaten gehandelten Rohstoffe nicht berücksichtigt werden und Dienstleistungen generell eine vergleichsweise geringe Umweltintensität aufweisen, ist die Zunahme des Rohstoffhandels in der Schweiz in der konsumbedingten Umweltbelastung nicht sichtbar. Eine Analyse der Umweltbelastung des Rohstoffhandels zwischen Drittstaaten benötigt andere Systemgrenzen als die Konsumperspektive und ist Gegenstand eines anderen, laufenden Forschungsprojekts des BAFU, Abteilung Internationales, welches von ESU-services bearbeitet wird.

#### 4.6.3 Einfluss von Verschiebungen bezüglich Importländer

Die Verschiebungen bezüglich der Importländern haben keinen grossen Einfluss auf die regional ausgewerteten Umweltwirkungen Biodiversitäts- und Wasser-Fussabdruck. Beim Biodiversitäts-Fussabdruck sind acht der zehn für diese Umweltwirkung bedeutendsten Länder im Jahr 1996 auch im Jahr 2015 unter den zehn bedeutendsten Importländern zu finden. Beim Wasser-Fussabdruck

---

sind es neun der zehn für die Umweltwirkung bedeutendsten Länder. Über alle Länder betrachtet erhöht sich die Umweltintensität des aus dem Ausland importierten Wassers und des im Ausland belegten Landes, da höhere Mengen aus Ländern mit einer grösseren Wasserknappheit bzw. einem pro Fläche höheren Druck auf die Biodiversität importiert werden.

#### **4.6.4 Unterschiede Konsum- und Produktionsperspektive**

Der methodische Unterschied zwischen der Konsumperspektive und der Produktionsperspektive ist in Unterkapitel 2.1 beschrieben. An dieser Stelle sollen die Unterschiede im Ergebnis erläutert werden.

Für alle Indikatoren resultieren in der Produktionsperspektive geringere Umweltbelastungen als in der Konsumperspektive. Die Umweltbelastung aus Sicht der Produktionsperspektive nimmt für viele Indikatoren tendenziell ab (UBP-Methode 2013, Abbildung 13; Treibhausgas-Emissionen, Abbildung 31) oder bleibt konstant (Biodiversitätsverlust durch Landnutzung, Abbildung 41). Hingegen nehmen die absoluten Umweltfussabdrücke aus der Konsumperspektive gemäss allen betrachteten Indikatoren zu. Die Reduktion der Inlandbelastung wird demnach durch die Umweltbelastung eines zunehmenden Konsums kompensiert bzw. überkompensiert. Im Weiteren fällt auf, dass die Umweltbelastungen nach Produktionsperspektive relativ regelmässig verlaufen, während die konsumbedingte Umweltbelastung teilweise ausgeprägte Schwankungen aufweist.

# 5 Datenqualität und Unsicherheitsanalysen

## 5.1 Datenqualität Umweltdaten

### 5.1.1 Inland

Für den Grossteil der Luftschadstoffe, für etliche Wasser-schadstoffe, für die Einträge von Pflanzenschutzmitteln in den Boden sowie für die meisten Ressourcen (Energie, Mineralien, Wasser) und Abfälle sind jährlich erfasste Statistiken vorhanden (wobei auch diese mit Unsicherheiten behaftet sind) und es musste keine Interpolation oder Extrapolation vorgenommen werden (vgl. Tabelle 1). Insbesondere für bedeutende Schadstoffe und Abfälle wie Treibhausgase, Stickoxide, Dioxine, Schwermetalle und radioaktive Abfälle konnte auf jährliche Statistiken zurückgegriffen werden. Die Datenqualität zur Landnutzung wurde im Vergleich zur Vorgängerstudie verbessert, da neu auch Daten der Arealstatistik für das Jahr 2015 verfügbar sind. So konnte die Landnutzung zwischen 2010 und 2014 interpoliert und auf eine Extrapolation verzichtet werden. Für einige Schadstoffe wie beispielsweise die Emissionen von Nitrat ins Grundwasser oder von hormonaktiven Substanzen in Oberflächengewässer sind nach wie vor nur einzelne Datenpunkte verfügbar, sodass diese Emissionen in Absprache mit Fachexperten als konstant angenommen wurden. Die in Gewässer eingeleiteten Stickstoff- und Phosphor-Frachten umfassen nur die anthropogen bedingten Mengen, schliessen also die natürlichen Einträge aus. Die Daten repräsentieren den Eintrag in den Rhein und berücksichtigen damit die Sedimentierung von Phosphor in Schweizer Seen nur ungenügend. Mikroverunreinigungen, insbesondere Endokrine Disruptoren konnten pauschal quantifiziert werden (konstante Emissionsmenge pro Person). Bei den Pestiziden war es aus Vertraulichkeitsgründen nicht möglich, für die einzelnen Wirkstoffe die ausgebrachten Mengen zu quantifizieren. Daten zu den ausgebrachten Mengen waren nur für Gruppen von Pflanzenschutzmitteln (wie beispielsweise Pilzschutzmittel) verfügbar.

Wir beurteilen die Datenqualität für die inländischen Schadstoffemissionen und Ressourcenverbräuche als insgesamt gut.

### 5.1.2 Aussenhandel

Der Warenimporte und exporte der Schweiz wurden mit vorhandenen Ökobilanzdaten des KBOB Ökobilanzdatenbestands DQRv2:2016 und der firmeneigenen Ökobilanzdatenbank verknüpft. Zusätzlich wurden die aktuellsten Sachbilanzen für Transportdienstleistungen sowie für den Schweizer Strommix und landwirtschaftliche Produkte verwendet (siehe Abschnitt 2.4.1). **Der KBOB Ökobilanzdatenbestand enthält hauptsächlich Daten zur durchschnittlichen Produktion von Waren in Westeuropa und zur Gewinnung von Ressourcen und Energieträgern in den jeweils bedeutenden Weltregionen.** Die Herstellung von landwirtschaftlichen Produkten, der Abbau von Erzen und Energieträgern sowie die Stromerzeugung wurden in Bezug auf die Landnutzung, den Wasserverbrauch und den eingesetzten Strommix regionalisiert indem die dortigen Verhältnisse widergespiegelt werden. Die Datenqualität der **regionalisierten Sachbilanzen** ist in Abschnitt 5.1.3 beschrieben. **Insgesamt wird die Qualität der genutzten Ökobilanzdaten als gut eingestuft.** Der Aussenhandel mit Dienstleistungen wurde mit Umweltintensitäten verknüpft, die in der Pilotstudie (Jungbluth et al. 2011) ermittelt wurden. Hier sind die Unsicherheiten deutlich höher als bei den Waren. Die Umweltauswirkungen der Dienstleistungen sind aber bezüglich Umwelt-Fussabdrücken von untergeordneter Bedeutung.

Im Modell der Gesamtumweltbelastung Schweiz wurde die Entwicklung des europäischen Strommixes von 1996 bis 2015 berücksichtigt. Zudem wurde die Zusammensetzung des in die Schweiz importierten Stroms in den einzelnen Jahren ermittelt. Die Technologieanteile des exportierten Strommixes konnten mit detaillierten Daten von Swissgrid über die Zeitreihe von 2005 bis 2015 berechnet oder geschätzt werden (siehe Abschnitt 2.3.4). Damit wurde die Unsicherheit der Umweltbelastungen des gehandelten Stroms im Vergleich zur Vorgängerstudie deutlich verringert. Die Transportmittel und Transportdistanzen wurden ebenfalls jährlich für jede Gütergruppe angepasst (vgl. Unterkapitel 2.6). Bei den Daten zum Aussenhandel

werden die Transportentfernungen der importierten Güter tendenziell unterschätzt, da immer direkte Wege unterstellt werden. Dies fällt jedoch nicht sehr ins Gewicht, da die transportbedingten Umweltbelastungen insgesamt nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Andere Hintergrunddaten wurden aus Aufwandgründen nicht angepasst. Von ausländischen Unternehmen umgesetzte Bemühungen zur Verbesserung der Umwelteffizienz in der Produktion ihrer Waren oder die Veränderung der Umweltintensität von Dienstleistungen wurden deshalb nicht untersucht. Ebenfalls nicht berücksichtigt ist eine Verlagerung der Produktion in andere Länder, wie beispielsweise von Deutschland in Länder mit tieferen Lohnkosten wie China oder Polen. Eine Verlagerung in der Zulieferkette von Produkten aus beispielsweise Europa konnte nicht berücksichtigt werden. Dies hängt auch mit der Aussenhandelsstatistik zusammen, wo solche Verlagerungen gar nicht ersichtlich sind (vgl. Abschnitt 3.1.1). Die Umwelt- und Energieeffizienz in osteuropäischen und asiatischen Ländern ist teilweise markant tiefer als in der Schweiz und in grossen Industrieländern wie Deutschland. **Deshalb dürften die im Ausland verursachten Umweltbelastungen, insbesondere der Treibhausgas-, der Eutrophierungs- und der Luftverschmutzungs-Fussabdruck, weiterhin tendenziell eher unterschätzt sein.**

Wir beurteilen die Datenqualität für die Konsumperspektive aus diesen Gründen als insgesamt genügend bis gut.

### 5.1.3 Regionalisierung

Die Regionalisierung der Daten erfolgte nicht vollständig, sondern im Hinblick auf die regionalisiert ausgewerteten Umweltkategorien Biodiversitätsverlust durch Landnutzung und Wasser-Fussabdruck. Einerseits wurden nur die für diese Umweltkategorien wichtigen Flüsse, also Landnutzung und Wasser, angepasst, andererseits erfolgte die Anpassung nur bei den für die erwähnten Umweltkategorien wichtigen Gütern (siehe Technischer Bericht Kap. 4.2). Mit diesem Vorgehen konnte bei der Biodiversität über 80 % der Gesamtwirkung regionalisiert dargestellt werden, beim Wasser-Fussabdruck rund 70 %. Die restlichen 20 resp. 30 % werden mit unspezifischen Flüssen (d.h. Landnutzung oder Wasserbedarf ohne Zuordnung zu einem bestimmten Land) abgebildet. Eine qualitative Einschätzung der Situation betreffend der fehlenden

Importländer ist schwierig. Am wahrscheinlichsten ist der Schluss, dass sich der Wasser-Fussabdruck und der Biodiversitäts-Fussabdruck eher nicht gross verändern werden, da die aktuell unspezifischen Flüsse aus einer Vielzahl von Ländern stammen, deren Wirkungsfaktoren sich in der Summe ziemlich ausgleichen dürften.

Eine vollständige Regionalisierung des eingesetzten Strommixes für die Produktion aller importierten Güter könnte vor allem den Wasser-Fussabdruck beeinflussen, da die Stromproduktion in thermischen Grosskraftwerken einen bedeutenden Wasser-Fussabdruck hat. Zudem würde die Zusammensetzung der in den einzelnen Ländern eingesetzten Strommixe auch deren Treibhausgas-Emissionen und weitere Umweltwirkungen beeinflussen. Für eine vollständige Regionalisierung müssten aber die Herkunftsländer aller produzierten Güter bekannt sein, was angesichts der komplexen Handelsketten an der Informationsverfügbarkeit scheitert und zudem den Modellierungsaufwand stark erhöhen würde.

Bei den landwirtschaftlichen Gütern wurden der Land- und Wasserbedarf sowie der Ertrag auf das jeweilige Land angepasst. Hierfür wurde eine Skalierung anhand der Ertragsdaten der FAO (FAOSTAT 2017) sowie Daten über den Wasserbedarf der verschiedenen landwirtschaftlichen Produkte von Pfister et al. (2011) verwendet. Somit basiert diese Skalierung auf einer einheitlichen Datengrundlage, und deren Qualität wird als gut eingestuft.

Es könnten jedoch auch noch weitere Parameter an die landesüblichen Produktionsbedingungen angepasst werden. Dies betrifft insbesondere den Maschinen-, Pesticid- und Düngemittelsatz. Sie haben einen Einfluss auf die Gesamtumweltbelastung, die Eutrophierung, die Treibhausgas-Emissionen, die Luftverschmutzung und den Energiebedarf. Dies ist in der vorliegenden Studie nicht abgebildet.

### 5.1.4 Inlandanteil

Der Ansatz zur Berechnung des Inlandanteils an den konsumbedingten Umweltbelastungen wurde gegenüber der Vorgängerstudie verfeinert (siehe Unterkapitel 2.7). Durch die Ermittlung des Anteils der Haushalte an den inländischen Schadstoffemissionen und Ressourcen-

verbräuchen und dessen Zurechnung zu den inländischen Umweltbelastungen verringert sich der Anteil der Umweltbelastungen, die auf das Inland und das Ausland aufgeteilt werden. Dennoch lässt sich der Inlandanteil an den konsumbedingten Umweltbelastungen auch mit dem verfeinerten Berechnungsansatz nur näherungsweise bestimmen. Zudem weist auch der Anteil der Haushalte an den inländischen Belastungen Unsicherheiten auf.

Die Datenqualität zur Abschätzung des Inlandanteils wird insgesamt als genügend beurteilt.

## 5.2 Datenqualität Wirtschaftsdaten

### 5.2.1 Binnenwirtschaft

Die Bruttowertschöpfung (BWS) und die Schweizerische Endnachfrage werden verwendet um Umweltintensitäten in der Produktions- und Konsumperspektive zu berechnen (vgl. Abschnitt 4.2.10). Die Daten dazu stammen aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung VGR (BFS, Kontensequenz) und liegen sowohl zu laufenden Preisen sowie zu Preisen des Vorjahres vor. Daher können sie problemlos deflationiert werden. Die Datenqualität ist dementsprechend als sehr gut einzustufen.

### 5.2.2 Aussenhandel

Für die Berechnung der aussenhandelsbedingten Umweltbelastungen werden einerseits physische Daten zum Warenimport und -export aufbereitet (vgl. Abschnitt 2.3.2). Die Daten, welche den Dienstleistungshandel abbilden, werden hingegen monetär aufbereitet (vgl. Abschnitt 2.3.3).

#### 5.2.2.1 Warenhandel

Die Grunddaten zum physischen Warenhandel stammen aus der Aussenhandelsstatistik der Eidgenössischen Zollverwaltung (EZV) und liegen bereits in der verwendeten SITC-Klassifizierung vor. Die Qualität der Datenquelle kann dementsprechend als sehr gut eingestuft werden. Um den Bruch zwischen der SITC Rev. 3 und der SITC Rev. 4 zu überbrücken, müssen teilweise Daten in der HS-Klassifikation verwendet werden. Dies mindert die Datenqualität jedoch kaum.

Die Anpassung der physischen Aussenhandelsdaten an die Eckwerte der VGR ist hingegen mit Unsicherheiten verbunden: erstens werden physische Daten mit Korrekturfaktoren angepasst, die auf monetären Werten basieren; zweitens werden pauschale Korrekturfaktoren für alle Gütergruppen verwendet. Diese beiden Vereinfachungen können zu einer gewissen Ungenauigkeit der Daten führen. Die Höhe der potenziellen Ungenauigkeit lässt sich nur grob schätzen. Für die Berechnung der konsumbedingten Treibhausgasemissionen liegt je nach Jahr die Überschätzung bei maximal 2 % und die Unterschätzung bei maximal -1 %. Sehr wahrscheinlich ist sie jedoch kleiner.

Weiter ist auch die Umschlüsselung der SITC Daten in die NST/R bzw. in die NST 2007 Klassifikation zur Bestimmung der Verkehrsmittel bei Grenzübertritt mit Unsicherheit verbunden, da die Schlüsselbildung für alle Jahre auf den Daten für das Jahr 2007 beruht und teilweise manuell vorgenommen werden musste. Dies kann zu einer gewissen Verzerrung der Daten führen.

#### 5.2.2.2 Dienstleistungshandel

Die Totale zum Dienstleistungshandel stammen vom BFS (2013), die Struktur (12 Dienstleistungskategorien) hingegen aus der Zahlungsbilanz der SNB. Die Qualität der Datengrundlagen ist dementsprechend als sehr gut einzustufen. Allerdings ist die Zuteilung zu Branchen aufgrund des geringen Disaggregationsniveaus der Daten mit Unsicherheit verbunden, insbesondere für die Jahre 1996 bis 1999, für welche nur die Totale des Dienstleistungshandels vorliegen.

Weiter werden die Daten zum Dienstleistungshandel aufgrund fehlender Informationen zu ihrer Preisentwicklung mit Inlandpreisindizes deflationiert. Auch dies stellt eine Vereinfachung dar, die zu Verzerrungen der Daten führen kann.



## 5.3 Unsicherheitsanalysen

### 5.3.1 Übersicht

Unsicherheiten in den Ergebnissen können vielfältige Gründe haben. So geben die verwendeten Daten die tatsächliche Situation nur ungenau wieder (Präzision) und die Emissionen oder der Energieverbrauch eines Herstellungsprozesses können über die Jahre schwanken (Variabilität). Im Weiteren bringen Modellannahmen Unsicherheiten mit sich. Auch gilt es zu beachten, dass die Ergebnisse von äusseren Faktoren beeinflusst werden können. So sind der Heizenergiebedarf sowie die Treibhausgas- und Luftschadstoff-Emissionen der Haushalte abhängig von der Witterung.

In den quantitativen Unsicherheitsanalysen der konsumbedingten Gesamtumweltbelastung bewertet mit der UBP-Methode 2013 werden die beiden ersten der oben genannten Aspekte (Präzision und Variabilität) adressiert. In einer Monte-Carlo-Simulation mit im vorliegenden Fall 1000 Rechengängen wird pro Rechengang für jeden einzelnen Input und Output ein zufälliger Wert gewählt und die Gesamtbilanz neu gerechnet. Die Bandbreite der gewählten Werte der Ausgangsdaten ist für jeden Datenpunkt eingegrenzt durch ein Vertrauensintervall und eine Wahrscheinlichkeitsverteilung (Lognormal-Verteilung). In der vergleichenden Unsicherheitsanalyse zweier Jahre werden die abhängigen Unsicherheiten (beispielsweise die Unsicherheit in der Bilanz der Erdölförderung, welche für alle Jahre identisch ist) ausgeschlossen. Das Ergebnis der Unsicherheitsanalyse zeigt deshalb nur die Beiträge der unabhängigen Unsicherheiten.<sup>32</sup>

Für die Unsicherheitsanalyse werden einerseits zwei aufeinanderfolgende Jahre gewählt (2011 und 2012), um die Unsicherheiten der Unterschiede einzelner Jahre zu ermitteln. Die Jahre 2011 und 2012 werden gewählt, da relativ viele Daten zu den Inlandemissionen zur Verfügung stehen (vgl. Tab. 1), es keine aussergewöhnlichen Jahre waren wie beispielsweise 2009 (Wirtschaftskrise) und auch die Witterung in den beiden Jahren vergleichbar

war. Andererseits werden durch eine Analyse der Jahre 1996 und 2015 die Unsicherheiten des Trends quantifiziert. Die Gesamtumweltbelastung dieser beiden Jahre liegt zwischen den Werten der beiden nachfolgenden beziehungsweise vorausgehenden Jahre. Schliesslich wird eine Unsicherheitsanalyse der Gesamtumweltbelastung und der Treibhausgas-Emissionen eines Jahres durchgeführt, um die Unsicherheit der Höhe der Umweltbelastung beurteilen zu können.

Die nachfolgend diskutierten Ergebnisse der quantitativen Unsicherheitsanalysen können Modellunsicherheiten nicht berücksichtigen. Hierzu wären umfangreiche Sensitivitätsanalysen erforderlich, bei denen die Gesamtumweltbelastung der Zeitreihe mit alternativen Modellen und Annahmen nochmals gerechnet würde. Somit geben die nachfolgenden Abschnitte nur ein unvollständiges Bild der Unsicherheit beziehungsweise der Belastbarkeit von Trends in der konsumbedingten Umweltbelastung.

### 5.3.2 Unsicherheit über den Zeitraum von 20 Jahren

Im Jahr 2015 wurden in der Konsumperspektive rund 6% geringere Umweltbelastungen verursacht als im Jahr 1996. Die vergleichende Unsicherheitsanalyse zeigt eine Wahrscheinlichkeit von knapp 73%, dass im Jahr 2015 tatsächlich eine tiefere Belastung verursacht wurde als im Jahr 1996. Die vergleichende Unsicherheitsanalyse zeigt für die einzelnen Umweltbereiche robuste Ergebnisse (siehe Tabelle 5). So liegt die Wahrscheinlichkeit, dass die Umweltbelastung in den Teilbereichen höher beziehungsweise tiefer liegt, das Vorzeichen der Entwicklung also bestätigt wird, mit Ausnahme des Bereichs Wasserqualität bei mindestens 67%. Es ist also ziemlich sicher, dass die Umweltbelastung im Beobachtungszeitraum abgenommen hat.

Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse für die konsumbedingte Gesamtumweltbelastung und die Teilbereiche. Sie zeigt, dass die Ozonschicht abbauenden Emissionen reduziert wurden, die unter «Boden» (95,9%) zusammengefassten Bereiche «Abfälle» und «Landnutzung» und die die Luftqualität beeinträchtigenden Schadstoffemissionen mit grosser Wahrscheinlichkeit (93,0%) abgenommen haben. Auf der anderen Seite haben die die Bodenqualität beeinträchtigenden Schadstoffe (87,3%), die verbrauchende

<sup>32</sup> Bei den Unsicherheitsanalysen mussten die Infrastrukturprozesse (Hafenanlagen, Strassen, Stromleitungen) ausgeschlossen werden, da ansonsten die Berechnungen nicht durchgeführt werden konnten. Aufgrund der untergeordneten Bedeutung der Infrastrukturen bezogen auf die Gesamtumweltbelastung des Konsums in der Schweiz (siehe auch Frischknecht et al. 2007a) hat diese Vereinfachung keinen Einfluss auf die Folgerungen.

Wassernutzung (76,6 %), sowie die Treibhausgas-Emissionen (74,2 %) mit grosser Wahrscheinlichkeit zugenommen.

**Tabelle 5**  
**Ergebnisse der vergleichenden Monte-Carlo-Simulation der Jahre 1996 und 2015**

*Lesehilfe: Die Treibhausgas-Emissionen lagen 1996 gemäss Zeitreihe 12 % tiefer als 2015. Die Wahrscheinlichkeit, dass 1996 tatsächlich geringere Treibhausgas-Emissionen verursacht wurden als 2015, beträgt 74,2 % (in 742 von 1000 Berechnungen).*

Teilbereich (jeweils bewertet in UBP 13, absolute Grössen)	Aussage gemäss Zeitreihe	Wahrscheinlichkeit, dass die Zu- bzw. Abnahme eintritt
Gesamtumweltbelastung	1996 6 % höher als 2015	72,6 %
Klimawandel <sup>33</sup>	1996 12 % tiefer als 2015	74,2 %
Ozonschichtabbau	1996 88 % höher als 2015	100,0 %
Luftqualität	1996 16 % höher als 2015	93,0 %
Wasserqualität	1996 5 % tiefer als 2015	55,0 %
Wasser	1996 30 % tiefer als 2015	76,6 %
Bodenqualität	1996 44 % tiefer als 2015	87,3 %
Boden	1996 26 % höher als 2015	95,9 %
Abiotische Ressourcen	1996 18 % tiefer als 2015	66,7 %

**5.3.3 Unsicherheit bezüglich zwei aufeinanderfolgender Jahre**

Im Jahr 2012 wurden aus Sicht der Konsumperspektive 0,4 % geringere Umweltbelastungen verursacht als im Jahr 2011. Die vergleichende Unsicherheitsanalyse zeigt, dass die Wahrscheinlichkeit, dass im Jahr 2012 tatsächlich eine geringere Gesamtbelastung verursacht wurde als im Jahr 2011, bei knapp über 50 % liegt. Sie zeigt auch, dass die Ergebnisse einzelner Umweltbereiche wie Luftqualität und abiotische Ressourcen nicht eindeutig

33 Kyoto-Substanzen.

sind (vergleiche Tabelle 6). Zudem sind in den einzelnen Umweltbereichen (Klima, Wasserqualität, Bodenqualität) auch Zunahmen zu verzeichnen, was in der Summe zu einer geringen Veränderung der Gesamtumweltbelastung führt. Wir stufen den Unterschied in der Gesamtbelastung von weniger als 1 % als nicht signifikant ein.

**Tabelle 6**  
**Ergebnisse der vergleichenden Monte-Carlo-Simulation der Jahre 2011 und 2012**

*Lesehilfe: Die Treibhausgas-Emissionen lagen 2011 gemäss Zeitreihe 0,4 % höher als 2012. Die Wahrscheinlichkeit, dass 2012 tatsächlich höhere Treibhausgas-Emissionen verursacht wurden als 2012, beträgt 50,9 % (in 509 von 1000 Berechnungen).*

Teilbereich (jeweils bewertet in UBP 13)	Aussage gemäss Zeitreihe	Wahrscheinlichkeit, dass das Vorzeichen (Zu- oder Abnahme) eintritt
Gesamtumweltbelastung	2011 0,4 % höher als 2012	50,9 %
Klimawandel <sup>34</sup>	2011 1,8 % tiefer als 2012	56,7 %
Ozonschichtabbau	2011 1,6 % höher als 2012	53,8 %
Luftqualität	2011 0,3 % höher als 2012	50,2 %
Wasserqualität	2011 2,9 % tiefer als 2012	58,2 %
Wasser	2011 7,8 % höher als 2012	56,2 %
Bodenqualität	2011 0,2 % tiefer als 2012	51,4 %
Boden	2011 7,8 % höher als 2012	69,3 %
Abiotische Ressourcen	2011 1,9 % höher als 2012	51,0 %

**5.3.4 Unsicherheit innerhalb eines Jahres**

Um die Unsicherheit der Ergebnisse innerhalb eines Jahres zu überprüfen, wird eine quantitative Unsicherheitsanalyse für das Jahr 2015 mit einer Monte-Carlo-Simulation durchgeführt (zu Monte-Carlo-Simulation siehe Abschnitt 5.3.1). Die Unsicherheiten in den Ergeb-

34 Kyoto-Substanzen.

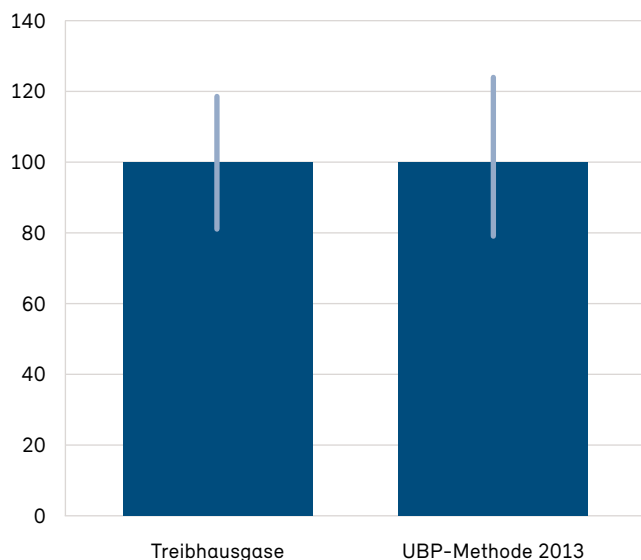
nissen der Gesamtumweltbelastung (UBP, Ecological Scarcity 2013) und der Treibhausgas-Emissionen im Jahr 2015 werden quantifiziert.

Die Unsicherheit des Teilindikators Klimawandel ist kleiner als diejenige der Gesamtumweltbelastung. Fig. 5.1 zeigt, dass für Treibhausgas-Emissionen die Unsicherheit bei ca. plus/minus 19% und für die Gesamtumweltbelastung etwas höher bei ca. plus/minus 25% liegt. Dies liegt daran, dass die Unsicherheiten in den spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen von Produktionsprozessen geringer sind, als diejenigen von Luftschadstoffen oder Schwermetallen.

Die Unsicherheit in den Ergebnissen ist deutlich grösser als die Veränderung der Gesamtumweltbelastung (minus 5,6%) und der Treibhausgas-Emissionen (plus 12%) über den Betrachtungszeitraum (1996 bis 2015). Trotzdem können die ausgewiesenen Veränderungen über 20 Jahre als ziemlich belastbar bezeichnet werden, da ein bedeutender Anteil der hier ausgewiesenen Bandbreite auf abhängige Unsicherheiten zurückgeführt werden kann.

Abbildung 73

Ergebnis der Unsicherheitsanalyse zur konsumbedingten Gesamtumweltbelastung (UBP-Methode 2013) und zu den konsumbedingten Treibhausgas-Emissionen im Jahr 2015.  
Vertrauensintervall: 95 %



Quelle: Berechnungen treeze.

Es muss jedoch nochmals darauf hingewiesen werden, dass ein Teil der Unsicherheiten, insbesondere die Modellunsicherheiten (siehe Abschnitt 5.3.5), in diesen Berechnungen nicht berücksichtigt sind.

### 5.3.5 Modell-Unsicherheiten

Die Ergebnisse der vorstehend beschriebenen Unsicherheitsanalysen berücksichtigen die Variabilität und Unsicherheiten in den Daten, nicht aber die Unsicherheit in den Umwelt-Fussabdrücken, die durch Vereinfachungen und spezifische methodische Ansätze begründet sind. Dies zeigt sich deutlich an zwei Anpassungen und Verfeinerungen, die im Vergleich zur ursprünglichen Zeitreihe realisiert wurden. Zudem werden die Fussabdrücke der ausländischen Lieferketten weiterhin weitgehend statisch modelliert.

#### *Neue Erkenntnisse betreffend Stromhandel führen zu einem höheren Treibhausgas-Fussabdruck von 1996–2004*

In der ursprünglichen Zeitreihe gingen wir davon aus, dass ein beachtlicher Teil des importierten Stroms re-exportiert wird. Die seit 2005 regelmässig durchgeführte Erhebung über den in der Schweiz abgesetzten Strommix hat nun gezeigt, dass der überwiegende Teil des exportierten Stroms in Schweizer Kraftwerken erzeugt wurde. Dies wurde nun in der vorliegenden Zeitreihe berücksichtigt, was zu einem beachtlichen Anstieg des Schweizer Treibhausgas-Fussabdrucks in den Jahren 1996 bis 2004 führt. In diesem Fall führte also ein Erkenntnisgewinn zur Anpassung des Modells. Die Modellanpassung hat eine Erhöhung der konsumbedingten Treibhausgasemissionen der Jahre 1996 bis 2004 von geschätzten 5 bis 10% zur Folge.

#### *Verfeinerte Zuordnung der Inlandemissionen zu den Haushalten führt zu einem tendenziell höheren Inlandanteil der konsumbedingten Umwelt-Fussabdrücke*

In der ursprünglichen Zeitreihe wurde überschlagsmässig ein Anteil der gesamten inländischen Emissionen von Wirtschaft und Haushalten den Exporten angerechnet. In der vorliegenden Zeitreihenstudie wurden zunächst die den Haushalten direkt zuordenbaren Emissionen dem Schweizer Konsum angerechnet. Von den der Wirtschaft zugeordneten Emissionen wurde überschlagsmässig ein Anteil bestimmt und den Exporten zugeordnet (sie-

he Abschnitt 2.7). Dies führt zu einem tendenziell höheren inländischen Anteil der Umwelt-Fussabdrücke. Das bestehende Modell konnte in diesem Fall mit einem etwas erhöhten Recherche- und Modellierungsaufwand verbessert werden. Diese Verfeinerung führt zu einer geschätzten Zunahme der Genauigkeit im tiefen einstelligen Prozentbereich. Eine noch bessere Abgrenzung der den Exporten zuzuordnenden inländischen Emissionen ist mit der Umwelt-IOT möglich. Die Umwelt-IOT wird jedoch aus Aufwandgründen nicht für jedes Jahr erarbeitet.

#### *Weitgehend statische Modellierung der Lieferketten*

Die verwendeten Ökobilanzdaten zur Modellierung der Umweltfussabdrücke der Lieferketten der gehandelten Produkte sind weitgehend statisch. Beispielsweise werden Veränderungen im Material- und Energieeinsatz oder in der Rohöherkunft europäischer Raffinerien, die während des Betrachtungszeitraums möglicherweise stattgefunden haben, nicht berücksichtigt. Analoges gilt für die Herstellung von Stahl oder den Anbau von Baumwolle in Indien. Ausnahmen bilden der europäische Strommix, dessen Entwicklung in den 20 Jahren differenziert abgebildet ist und ausgewählte Lebensmittel, die in der Schweiz mit Rohstoffen hergestellt werden, deren Herkunftsmix sich über den Betrachtungszeitraum verändert hat. Die mit dieser Vereinfachung verbundene Unsicherheit ist schwierig abzuschätzen, da es einerseits eine Vielzahl von Lieferketten betrifft und andererseits durchaus auch gegenläufige Tendenzen zu beobachten sind.

#### **5.3.6 Plausibilisierung mit Ergebnissen anderer Studien**

Es gibt heute erst wenige Studien zum Umweltfussabdruck der Schweiz beziehungsweise von anderen Ländern. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Arbeiten von Tukker et al. (2014) und der OECD (Wiebe & Yamano 2016) diskutiert.

Tukker et al. (2014) haben für das Jahr 2007 Umweltfussabdrücke von knapp 50 Ländern und Wirtschaftsregionen mithilfe von umwelterweiterten multiregionalen Input-Output-Tabellen abgeschätzt. Für die Schweiz ermittelten sie einen Treibhausgas-Fussabdruck von 15,6 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Person mit einem Nettoimportanteil von 49 %. Im Weiteren publizieren die Autoren einen Wasser-Fussabdruck von 374 m<sup>3</sup> pro Person (Nettoim-

portanteil 89 %), einen Land-Fussabdruck von 2,9 ha pro Person (Nettoimportanteil 87 %) und einen Material-Fussabdruck von 31,1 Tonnen pro Person (Nettoimportanteil 68 %).

Der Treibhausgas-Fussabdruck lässt sich direkt vergleichen. Im Vergleich zu den Ergebnissen der vorliegenden Studie weisen Tukker et al. (2014) einen um knapp 5 % höheren Treibhausgas-Fussabdruck aus, bei einem leicht höheren Nettoimportanteil. Der Wasserfussabdruck der Schweiz gemäss Tukker et al. (2014) ist deutlich tiefer als in der vorliegenden Studie, da die verbrauchende Wassernutzung nicht mit der Wasserknappheit gewichtet wurde. Dementsprechend ist auch der Nettohandelsanteil tiefer als in der vorliegenden Studie ermittelt. Der Land-Fussabdruck gemäss Tukker et al. (2014) summiert landwirtschaftliche Flächen und Waldflächen ohne die regionalen Unterschiede in der Biodiversität zu berücksichtigen. Entsprechend ist ein Vergleich der Ergebnisse nicht möglich. Der Material-Fussabdruck nach Tukker schliesslich liegt rund 50 % höher als in der vorliegenden Studie berechnet, bei einem etwas höheren Nettoimportanteil.

Wiebe et al. (2016) quantifizieren die konsumbedingten, mit dem Verbrennen fossiler Brenn- und Treibstoffe verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die konsumbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen pro in der Schweiz lebende Person 1995 und 2011 liegen bei 11,4 beziehungsweise 12,2 Tonnen bei einem Nettoimportanteil von 47 % beziehungsweise 58 %. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen und die Emissionen der übrigen Treibhausgase ausgeklammert sind, bestätigen die Ergebnisse der OECD Studie die Grössenordnung und den abnehmenden Inlandanteil der konsumbedingten Treibhausgasemissionen der Schweiz. Während Wiebe et al. (2016) eine Zunahme der Emissionen pro Person von 1995 bis 2011 ermittelt haben, zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Studie für denselben Zeitraum ein eher stabiles Emissionsniveau mit einer leichten Tendenz nach unten.

Ohne vertiefte Analyse des Modells der umwelterweiterten multiregionalen Input-Output-Tabellen ist eine abschliessende Beurteilung insbesondere der Entwicklung der Emissionen über die Zeit nicht möglich. Einzig die

---

Höhe des konsumbedingten Treibhausgas-Fussabdrucks lässt sich vergleichen. Die Ergebnisse von Tukker et al. (2014) und Wiebe et al. (2016) bestätigen die in der vorliegenden Studie ermittelte Grössenordnung.

Der Material-Fussabdruck der vorliegenden Studie ist für das Jahr 2014 21 % höher als jener gemäss BFS (2018) (vgl. Abschnitt 4.4). Der Treibhausgas-Fussabdruck gemäss BFS (2018) liegt in einer ähnlichen Grössenordnung wie die vorliegende Studie (vgl. Abschnitt 4.5);

## 6 Beurteilung und Ausblick

### 6.1 Vergleich mit dem planetenverträglichen Mass

#### 6.1.1 Übersicht

In diesem Unterkapitel werden die Umweltfussabdrücke pro Kopf der Schweiz 2015 verglichen mit Schwellenwerten basierend auf einem planetenverträglichen Mass. Das planetenverträgliche Mass wurde individuell für die in dieser Studie adressierten Umweltindikatoren bestimmt. Als Grundlagen dienten wissenschaftliche Publikationen; die Gesamtumweltbelastung wurde ausserdem anhand der Zielsetzungen, die in der Schweiz durch politische Prozesse festgelegt wurden, beurteilt.

Ein planetenverträgliches Mass beziehungsweise die Belastbarkeitsgrenze einer Umweltauswirkung ist in der Regel für den gesamten Planeten definiert. Bei der Wassernutzung mit ihren stark variierenden regionalen Auswirkungen wird die Belastbarkeitsgrenze regional differenziert abgeschätzt. Aus den Belastbarkeitsgrenzen (z. B. maximale CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre um das 1,5–2°-Ziel zu erreichen) lassen sich Schwellenwerte für die jährlich zulässigen Fussabdrücke (z. B. Tonnen Treibhausgase pro Jahr bis zu einem Stichdatum) herleiten. Aus diesen globalen Schwellenwerten können nationale bzw. pro Kopf-Schwellenwerte berechnet werden, wofür eine geografische und zeitliche Allokation der zulässigen Fussabdrücke notwendig ist. Wo nicht anders vermerkt, erfolgte diese Allokation auf die Schweiz unter Anwendung der in Dao et al. (2015) beschriebenen Ansätze.

#### 6.1.2 Treibhausgas-Fussabdruck

Im Jahr 2015 betragen die Treibhausgas-Emissionen des Konsums in der Schweiz rund 116 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-eq oder **14,0 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Kopf und Jahr**. Gemäss den Berechnungen von Dao et al. (2015) beträgt das planetenverträgliche Mass der Treibhausgas-Emissionen **0,6 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Person** und Jahr für die Zeitspanne 2015 bis 2100. Dies liegt über 95% unter dem Treibhausgas-Fussabdruck der Schweiz von 2015. Da auch in den nächsten Jahren der Treibhausgas-Fussabdruck deutlich über diesem Wert sein wird, sinkt das mit dem 2°-Ziel zu vereinbarende verbleibende «CO<sub>2</sub>-Budget»

und somit das jährliche planetenverträgliche Mass rapid. **Letztlich ist nur eine vollständige Dekarbonisierung vereinbar mit den Belastbarkeitsgrenzen des Planeten.**

#### 6.1.3 Biodiversitätsfussabdruck

Die Auswirkungen des Schweizer Konsums auf die Biodiversität wird mit dem Indikator «potenzieller Artenverlust» von Chaudhary et al. (2015; 2016) abgeschätzt. Steffen et al. (2015) schlagen vor, den natürlich auftretenden Artenverlust als Orientierung für die planetare Belastbarkeitsgrenze zu definieren, und beziffern den weltweit tolerierbaren Artenverlust pro Jahr mit **weniger als 10 Arten pro Million Arten** (bei einem Unsicherheitsbereich von 10 bis 100 Arten pro Million Arten).

Um einen Schwellenwert für einen planetenverträglichen Fussabdruck herzuleiten, gehen wir von folgenden Eckwerten aus: Zwischen 500 und 800 fand eine erste grosse Phase von Waldrodungen statt. Rund 1500 Jahre vor Erscheinen der Publikation von Steffen et al. (2015) war die Biodiversität also noch weitgehend frei vor menschlichen Einflüssen. Eine Aussterberate von maximal 10 Arten pro Million Arten entspricht über diesen Zeitraum somit einem Schwellenwert von 15000 potenziell ausgestorbener Arten pro Million Arten oder 1,5%. Auf die Weltbevölkerung verteilt entspricht das im Jahr 2015 einem Schwellenwert von 2,0 Piko-PDF·a<sup>35</sup> pro Person. Der Biodiversitäts-Fussabdruck der Schweiz pro Kopf mit 7,4 Piko-PDF·a im Jahr 2015 entspricht unter diesen Annahmen dem 3,7-fachen des Schwellenwertes (Reduktionsbedarf: 73%).

Zum Vergleich: Gemäss Dao et al. (2015) lag der planetenverträgliche Wert rund 47% unter dem Biodiversitäts-Fussabdruck der Schweiz im Jahr 2011. Der Unterschied zu den 73% in der vorliegenden Studie ist zur Hauptsache dadurch zu erklären, dass Dao et al. (2015) die Belastbarkeitsgrenze durch die Simulation einer stabilen Fläche natürlicher Habitats ab 2009<sup>36</sup> und der Umstellung der gesamten Landwirtschaft von kon-

35 1 Piko-PDF a = 10<sup>-12</sup> PDF·a (also ein Billionstel PDF·a)

36 Annäherung an das Aichi-Target 5 der Biodiversitätskonvention CBD

ventioneller auf biologische Produktion<sup>37</sup> annäherten und nicht gestützt auf die natürlichen Rate des Artensterbens definiert haben.

#### 6.1.4 Eutrophierungs-Fussabdruck

Die eutrophierende Wirkung in Meeren durch stickstoffhaltige Emissionen in Gewässer und die Atmosphäre (ohne Stickoxide, in Übereinstimmung mit Dao et al. (2015)) betrug im Jahr 2015 rund 113 300 Tonnen N-eq oder 13,7 kg N-eq pro Kopf und Jahr. Die Belastbarkeitsgrenze liegt gemäss Dao et al. (2015) bei 6,5 kg N-eq pro Kopf und Jahr. Somit sollten die Stickstoff-Freisetzungen des Schweizer Konsums etwas mehr als halbiert werden.

#### 6.1.5 Luftverschmutzungs-Fussabdruck

Die Luftverschmutzung durch primären und sekundären Feinstaub des Schweizer Konsums betrug im Jahr 2015 rund 193 000 Tonnen PM10-eq oder 23,3 kg pro Kopf und Jahr. 21 % der Emissionen wurden in der Schweiz, die restlichen 79 % im Ausland emittiert.

Das Bestimmen einer planetaren Grenze gestaltet sich hier deutlich schwieriger, da das Ausmass der gesamten Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen stark davon abhängt, wo die Partikel beziehungsweise ihre Vorläufersubstanzen emittiert werden.

Werden die Emissionsziele von PM10 und den Feinstaub-Vorläufersubstanzen NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> und SO<sub>2</sub> gemäss Luftreinhaltekonzept der Schweiz (Schweizerischer Bundesrat 2009) durch eine Gewichtung mit den PM10-Bildungspotenzialen in Feinstaub-Äquivalente umgerechnet und mit den heutigen jährlichen Emissionsmengen dieser Substanzen in der Schweiz verglichen, resultiert ein Reduktionsbedarf von rund 40 %. Als konservative Annahme können wir diesen Reduktionsbedarf auch pauschal auf die ausländischen Emissionen anwenden, weshalb wir die Belastbarkeitsgrenze für den Luftverschmutzungs-Fussabdruck bei 14 kg PM10-eq pro Person und Jahr ansetzen. Die Höhe der so festgelegten Grenze ist sehr unsicher und durch vertiefte Analyse zu verifizieren beziehungsweise präziser zu bestimmen. Würde beispielsweise stattdessen der kritische Fluss für das Inland als Orientierungsgrösse

auch für die Konsumperspektive herangezogen, würde ein grösserer Reduktionsbedarf resultieren.

#### 6.1.6 Wasser-Fussabdruck

Das Bestimmen eines globalen planetenverträglichen Masses für den Wasser-Fussabdruck ist aufgrund der vorrangigen lokalen Dimension methodisch schwierig. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde auf einen Vergleich des Wasser-Fussabdrucks des Schweizer Konsums mit einem planetenverträglichen Mass verzichtet.

#### 6.1.7 Energie-Fussabdruck (2000-Watt-Gesellschaft)

Der Primärenergiebedarf des Schweizer Konsums betrug im Jahr 2015 gut 8000 Watt pro Person, mit einem Anteil nicht erneuerbarer Energie von 6700 Watt pro Person. Gemäss der 2000-Watt-Gesellschaft liegt in der Konsumperspektive das Ziel im Jahr 2150 bei 2000 Watt Primärenergie gesamt und einem nicht erneuerbaren Anteil von 500 Watt pro Person (EnergieSchweiz für Gemeinden et al. 2014). Um die planetare Belastbarkeitsgrenze zu unterschreiten, ist deshalb eine Reduktion des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs von knapp 93 % und des gesamten Primärenergiebedarfs von mindestens 75 % erforderlich.

#### 6.1.8 Material-Fussabdruck

Der Rohmaterialbedarf (Raw material consumption) des Schweizer Konsums betrug im Jahr 2015 knapp 20 Tonnen Rohmaterial-Äquivalenten (RÄ) pro Person. Laut Stricks et al. (2016) liegt ein Zielwert des Totalen Materialbedarfs (TMC, total material consumption) bei 5 Tonnen pro Person und Jahr. Im TMC ist auch die geförderte aber nicht genutzte Masse enthalten (gemäss der zitierten Studie liegt der TMC rund 40 % bis 60 % über dem RMC). Gemäss Bringezu (2015) liegt die Bandbreite einer nachhaltigen Materialnutzung im Jahr 2050 bei einem RMC zwischen 3 bis 6 Tonnen RÄ pro Person. Er schlägt als Politikziel einen RMC von **5 Tonnen RÄ pro Person** vor, welchen wir hier als Belastbarkeitsgrenze für die Schweiz verwenden. Heute liegt der konsumbedingte Rohmaterialbedarf bei 20 Tonnen RÄ pro Person. Damit ist eine Reduktion des RMC von 75 % erforderlich. Dieses Ziel sollte künftig nach Material-Kategorien differenziert werden, da sich die Umweltrelevanz der einzelnen Materialien stark unterscheidet (vgl. z. B. Müller et al. 2017).

37 Annäherung an Aichi-Target 7 und 15 der Biodiversitätskonvention CBD

### 6.1.9 Fussabdruck der Gesamtumweltbelastung

Der Gesamtumweltbelastungs-Fussabdruck der Schweiz wird mit den Ökofaktoren 2013 der Methode der ökologischen Knappheit quantifiziert und in Umweltbelastungspunkten (UBP) ausgedrückt. In dieser Methode wird pro Schadstoff beziehungsweise Umweltwirkung ein kritischer Fluss festgelegt, bei welchem die Schweizerischen Umweltziele als eingehalten gelten.

#### *Aktuelle und kritische Flüsse in der Schweiz gemäss UBP-Methode 2013*

Die UBP-Methode 2013 zeigt aktuelle und kritische Flüsse verschiedener Emissionen und Ressourcenverbräuche. Die aktuellen Flüsse beschreiben den IST-Zustand und beziehen sich in der Regel auf territoriale Emissionen (Territorialprinzip, siehe Abschnitt Unterkapitel 2.6 im Technischen Bericht, Frischknecht et al. 2018). Da die Schweiz jedoch Mitglied verschiedener Organisationen wie z. B. der OSPAR ist, trägt sie auch die Ziele dieser Organisationen mit. Die OSPAR Kommission (OSlo PARis, siehe [www.ospar.org](http://www.ospar.org)) hat sich beispielsweise das Ziel gesetzt, die Ölemissionen ins Meer zu verringern. Diese Ölemissionen sind ebenfalls im aktuellen Fluss enthalten, obwohl die Schweiz aus territorialer Sicht kein Öl in die Meere emittiert. Ein weiteres Beispiel sind nicht erneuerbare Energieträger und metallische Ressourcen. Beide Primärressourcen werden innerhalb der Schweizer Landesgrenzen nicht abgebaut. Die Schweiz hat sich jedoch Ziele gesetzt bezüglich der Schonung dieser Ressourcen. Der aktuelle Fluss beinhaltet deshalb die Nutzung dieser importierten Ressourcen. Der aktuelle Fluss gemäss UBP-Methode 2013 bezieht sich auf das Jahr 2011 und wurde im Rahmen dieser Studie auf das Jahr 2015 aktualisiert. Der aktuelle Fluss ist gegenüber 2011 um rund 3 % tiefer.

Die kritischen Flüsse quantifizieren das zu erreichende Ziel, gemäss Vorgaben aus Gesetzen oder internationalen Verträgen. Das Reduktionsziel wird über das Verhältnis des aktuellen zum kritischen Fluss bestimmt. Für jeden der 8 Umweltbereiche der hier verwendeten UBP-Methode 2013 wird das Verhältnis aktueller zu kritischem Fluss berechnet. Dies führt dazu, dass bezüglich Wasserqualität ein leichter Anstieg der Belastungen in Kauf genommen werden kann, wohingegen die Belastung im Bereich Klimawandel (Treibhausgas-Emissionen) deut-

lich mehr reduziert werden müsste als beispielsweise im Bereich Boden.

#### *Bestimmung des Reduktionsbedarfs*

Zur Bestimmung des Reduktionsbedarfs gibt es mehrere Möglichkeiten:

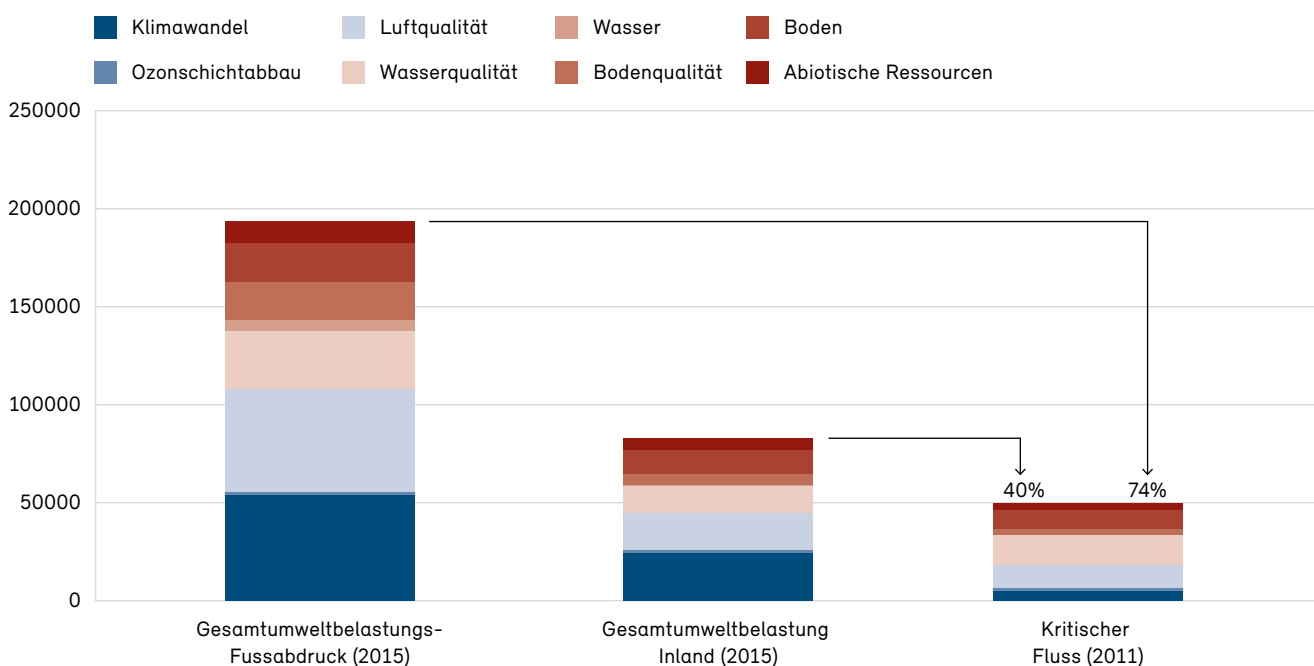
- Der politisch definierte, für die inländische Umweltbelastung geltende kritische Fluss wird als Orientierungsgrösse verwendet. Die Schweiz soll keine höheren konsumbedingten Belastungen verursachen als sie innerhalb ihrer Grenzen akzeptiert. Belastungen durch Importe müssen mit erhöhten Anstrengungen zur Emissionsminderung innerhalb der Schweiz kompensiert werden. Der kritische Fluss liegt 74 % unter dem aktuellen Wert des Gesamtumweltbelastungs-Fussabdrucks 2015. Diese Betrachtung berücksichtigt die unterschiedlichen Gegebenheiten im Ausland bezüglich Wasserknappheit und bezüglich Biodiversitätsverluste durch Landnutzung.
- Setzt man die Systemgrenzen bei den Emissionen und Verbräuchen im Inland, d. h. gemäss aktuellem Fluss nach der UBP-Methode an (gleichbedeutend mit der Produktionsperspektive), so ergibt sich aus den Schweizer Umweltzielen ein Reduktionsbedarf von 40 % gegenüber dem Jahr 2015, um ein «planetarverträgliches» Mass zu erreichen.
- Unter Verwendung obiger Eckwerte und mit Blick auf das planetare Mass in Bezug auf die individuellen Fussabdrücke, wie es in den vorangehenden Abschnitten beschrieben wird, gehen wir davon aus, dass das planetarverträgliche Mass für die konsumbedingten Gesamtumweltbelastung mindestens zwei Drittel unter dem aktuellen Wert liegt (7,8 Mio. UBP pro Person gegenüber 23,4 Mio. UBP pro Person). Der Reduktionsbedarf setzt sich zusammen aus Fussabdrücken, die sehr stark reduziert werden müssen wie dem Treibhausgas-Fussabdruck (Abschnitt 6.1.2) und solchen mit einem vergleichsweise geringen Reduktionsbedarf wie dem Luftverschmutzungsfussabdruck (siehe Abschnitt 6.1.5). **Berücksichtigt man das künftige Bevölkerungswachstum in der Schweiz, so entspricht im Jahr 2030 (unter der Ceteris-Paribus-Annahme) eine Gesamtumweltbelastung pro Person von 6,8 Mio. UBP einem Ressourcenkonsum, der sich dem Safe Operating Space annähert.**



Abbildung 74

Vergleich der Gesamtumweltbelastung mit kritischem Fluss der UBP-Methode 2013

Vergleich der Ergebnisse des Gesamtumweltbelastungs-Fussabdrucks (In- und Ausland) im Jahr 2015, der Gesamtumweltbelastung im Inland im Jahr 2015 und des kritischen Flusses (d. h. den Zielwerten der Schweizer Umweltpolitik), Stand 2011, in Milliarden Umweltbelastungspunkten (UBP-Methode 2013).



Die Situation in Bezug auf die Gesamtumweltbelastung des Schweizer Konsums lässt sich auch anders beschreiben: Hätte die Weltbevölkerung das derzeitige Konsumniveau der in der Schweiz lebenden Bevölkerung, würden mehr als drei Planeten benötigt, um das verträgliche Mass nicht zu überschreiten.

6.1.10 Synthese

Die in dieser Studie adressierten Fussabdrücke überschreiten die planetaren Belastbarkeitsgrenzen, der Treibhausgas-, der Biodiversitäts- und der Energie-Fussabdruck sogar sehr deutlich (siehe Tabelle 7). Für den Wasser-Fussabdruck konnte im Rahmen der Studie die Vereinbarkeit mit den planetaren Belastbarkeitsgrenzen nicht beurteilt werden. Die Trends des Biodiversitäts-, des Eutrophierungs- und des Material-Fussabdrucks zeigen nach oben. Der Druck auf die Umwelt nahm also in den vergangenen 20 Jahren in wichtigen Umweltbereichen zu.

Die Gesamtumweltbelastung überschreitet das verträgliche Mass um rund einen Faktor 3,4 (siehe Abschnitt 6.1.9). Die der Gesamtumweltbelastung zugrunde liegende Methode der ökologischen Knappheit integriert eine Vielzahl von Umweltauswirkungen. Darunter sind auch solche wie der Luftschadstoff SO<sub>2</sub>, etliche Wasserschadstoffe oder die zu deponierenden, nicht radioaktiven Abfälle, bei denen das Umweltziel bereits erreicht beziehungsweise unterschritten ist.

Aus Umweltsicht ist der Handlungsbedarf also bei den **Treibhausgasen**, der **Biodiversität** und bei den **nicht erneuerbaren Energien** am grössten. Mit einer Reduktion des Material-Fussabdrucks dürfte gleichzeitig auch eine Reduktion umweltorientierter Fussabdrücke wie des Eutrophierungs-Fussabdrucks oder des Luftverschmutzungs-Fussabdrucks erreicht werden. Deshalb sollte auch dem Material-Fussabdruck Beachtung geschenkt werden.

**Tabelle 7**  
**Verhältnis der Umwelt-Fussabdrücke zur planetaren Grenze, Trend der konsumbedingten Fussabdrücke und deren Beurteilung durch die Autoren**

Fussabdruck	Verhältnis zur planetaren Grenze	Trend konsumbedingter Fussabdruck Schweiz pro Kopf (1996 – 2015)	Beurteilung**
Gesamtumweltbelastung*	3,4	abnehmend	–
Treibhausgase	23	stabil	– – –
Biodiversität	3,7	zunehmend	– – –
Eutrophierung	2,1	leicht abnehmend	– –
Luftverschmutzung*	1,6	leicht abnehmend	–
Energie, gesamt*	4	leicht abnehmend	– –
Energie, nicht erneuerbar*	13,3	abnehmend	– – –
Material (RMC)	4	leicht zunehmend	– –

\* Annäherung an die Belastbarkeitsgrenzen des Planeten über gesetzliche Vorgaben, internationale Verträge oder politische Rahmenwerke.

\*\* Die qualitative Beurteilung basiert auf dem Verhältnis der Umweltfussabdrücke zur planetaren Grenze und dem Trend über den Betrachtungszeitraum von 1996 – 2015:  
 – leicht negativ, – – negativ, – – – stark negativ

Quelle: Berechnungen und Einschätzungen treeze.

## 6.2 Wichtige Treiber der Entwicklung der Fussabdrücke

### 6.2.1 Übersicht

In diesem Unterkapitel werden die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Entwicklung der als Headline-Indikatoren verwendeten Fussabdrücke analysiert und dargestellt. Mit einer einfachen Indexdekomposition zerlegen wir dabei die Veränderung zwischen 1996 und 2015 auf die folgenden Komponenten:

- die Bevölkerungsentwicklung,
- einen Wohstandseffekt, der das BIP (in der Produktionsperspektive) resp. die inländische Endnachfrage (in der Konsumperspektive) pro Kopf angibt und
- einen Umweltintensitätseffekt, der den Umweltfussabdruck pro Einheit BIP resp. inländische Endnachfrage angibt.

In Bezug auf die Entwicklung der handelsbedingten Umweltbelastungen wird der Niveaueffekt ausgewiesen, welcher die Bevölkerungsentwicklung und die Entwicklung der Aktivität pro Kopf zusammenfassen.

Die Effekte können grundsätzlich als ceteris paribus Analysen interpretiert werden. Der Bevölkerungseffekt sagt somit z. B. aus, wie sich die Umweltbelastung entwickelt hätte, wenn sich lediglich die Bevölkerung verändert hätte, alle anderen relevanten Grössen hingegen konstant geblieben wären. Eine reine ceteris paribus Analyse kann jedoch nicht die gesamte Veränderung der Umweltbelastung abbilden, da sie sogenannte Joint-Effekte, die sich aus der Kombination der Veränderungen mehrerer Teilfaktoren ergeben, nicht erfasst. In der Indexdekompositionanalyse können verschiedene Ansätze gewählt werden, um diese gemeinsamen Effekte zu berücksichtigen und auf die verursachenden Teilfaktoren zu verteilen. Jede Methode weist unterschiedliche technische Eigenschaften auf. In Anlehnung an eine Empfehlung von Ang (2004) verwenden wir den Log Mean Divisia Index (LMDI). Technische Details dazu finden sich in Ang (2005).

Der Fussabdruck in der Konsumperspektive ergibt sich durch Addition der Fussabdrücke der inländischen Produktion (Produktionsperspektive) und der Importe, abzüglich dem Fussabdruck der Exporte (vgl. Abschnitt 4.2.1). In der Indexdekomposition gilt dieser Zusammenhang auf Ebene des Gesamteffekts, jedoch nicht auf Ebene der einzelnen Teileffekte.

Weitere Einflussfaktoren (z. B. die Umweltpolitik) werden deskriptiv erläutert. In den folgenden Abschnitten sind die wesentlichen Treiber für die Entwicklung der Headline-Indikatoren Gesamtumweltbelastung, Treibhausgas-Fussabdruck und Biodiversitäts-Fussabdruck dargestellt.

### 6.2.2 Gesamtumweltbelastung

Abbildung 75 zeigt die Veränderung der Gesamtumweltbelastung (UBP) zwischen 1996 und 2015. Man erkennt, dass Bevölkerungs-, Wohlstands- und Niveau-Effekte jeweils zu einer Erhöhung der Umweltbelastung beitragen, da sowohl Bevölkerung und Wohlstand pro Kopf, wie auch das Niveau der Importe und Exporte gestiegen sind. Andererseits sind sowohl die gesamte inländische Produktion inkl. Exporte wie auch die Importe in Bezug

auf ihre Umweltbelastung effizienter geworden. Dies hat zur Folge, dass der Effizienzeffekt durchgehend zu einer Senkung der Gesamtumweltbelastung beiträgt. In der Produktionsperspektive überkompensiert der Effizienzeffekt den Bevölkerungs- und Wohlstands-Effekt, so dass insgesamt eine Abnahme der Gesamtumweltbelastung resultiert (33%). Bei Importen und Exporten verhält es sich hingegen genau umgekehrt. Der Gesamt-Effekt ist bei den Importen zudem grösser als bei den Exporten. Auf Ebene der Konsumperspektive hat dies zur Folge, dass der Effizienz-Effekt grösstenteils aufgehoben wird und der Fussabdruck 2015 deshalb nur geringfügig tiefer ausfällt als 1996 (-6%).

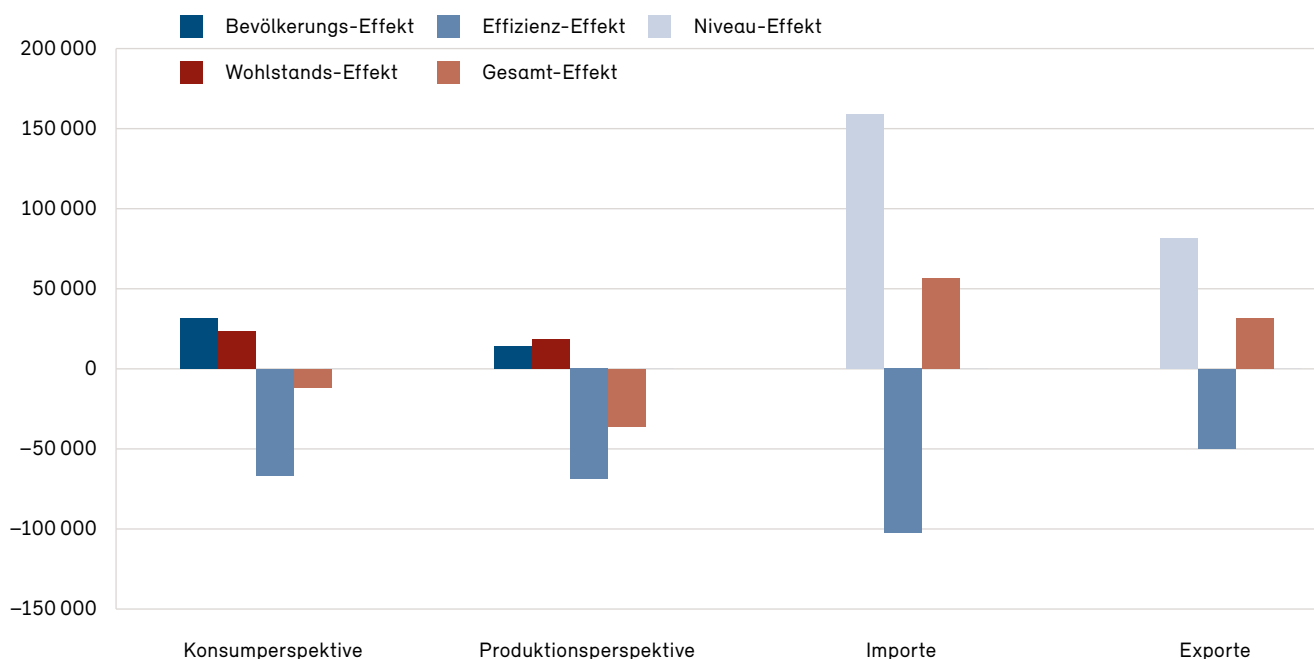
abdruck, mit einem Rückgang von 5% zwischen 1996 und 2015 jedoch deutlich schwächer als die Gesamtumweltbelastung. Bei Importen und Exporten sind die Fussabdruck-steigernden Niveau-Effekte stärker als die mindernden Effizienz-Effekte und es resultieren somit steigende Treibhausgas-Fussabdrücke. Der Fussabdruck durch Importe wächst wiederum stärker als jener durch Exporte. Da der Rückgang des Fussabdrucks in der Produktionsperspektive sehr gering ist, resultiert – anders als bei der Gesamtumweltbelastung – in der Konsumperspektive eine Zunahme des Fussabdrucks (+12%).

### 6.2.3 Treibhausgas-Fussabdruck

In Abbildung 76 ist die Veränderung des Treibhausgas-Fussabdruckes zwischen 1996 und 2015 zu sehen. Insgesamt zeigt sich ein ähnliches Muster wie bei der Veränderung der Gesamtumweltbelastung: Bevölkerungs-, Wohlstands- und Niveau-Effekt tragen jeweils dazu bei, dass der Treibhausgas-Fussabdruck steigt, der Effizienzeffekt hingegen bremst diesen Anstieg ab. In der Produktionsperspektive sinkt der Treibhausgas-Fuss-

Abbildung 75

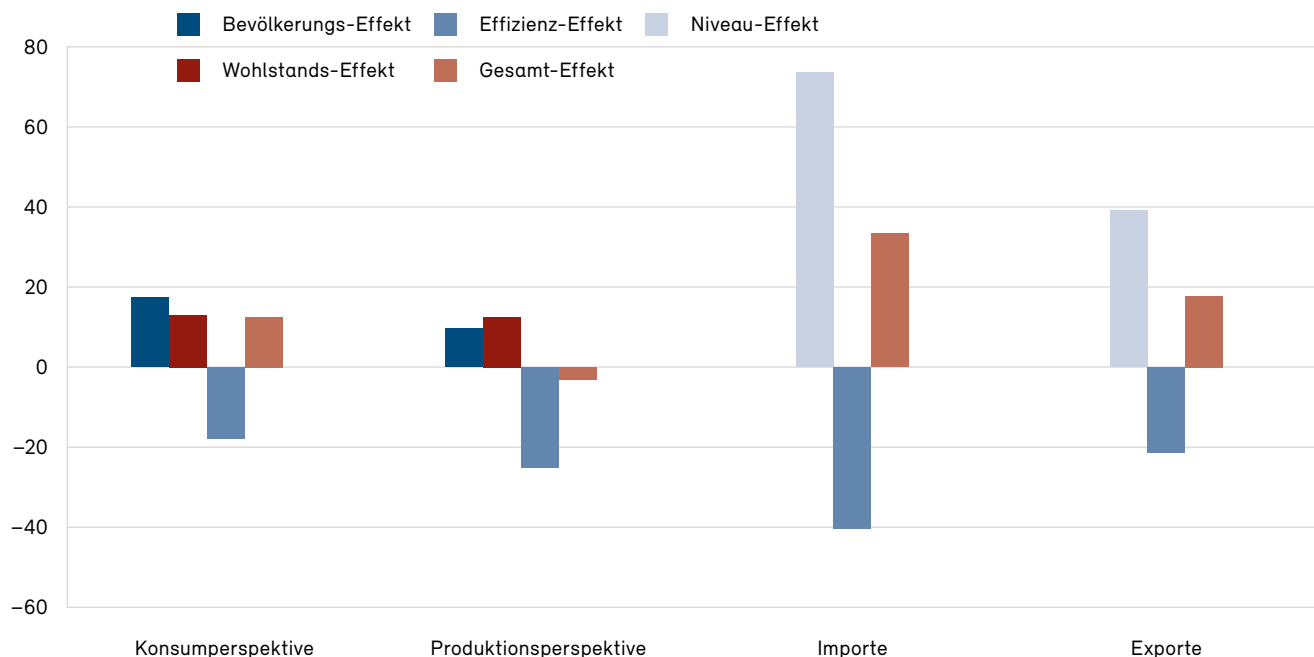
Zerlegung der Veränderung der Gesamtumweltbelastung (UBP) zwischen 1996 und 2015 in Teilkomponenten



Quelle: Berechnungen Rütter Soceco und treeze.

Abbildung 76

Zerlegung der Veränderung des Treibhausgas-Fussabdrucks zwischen 1996 und 2015 in Teilkomponenten



Quelle: Berechnungen Rütter Soceco und treeze.

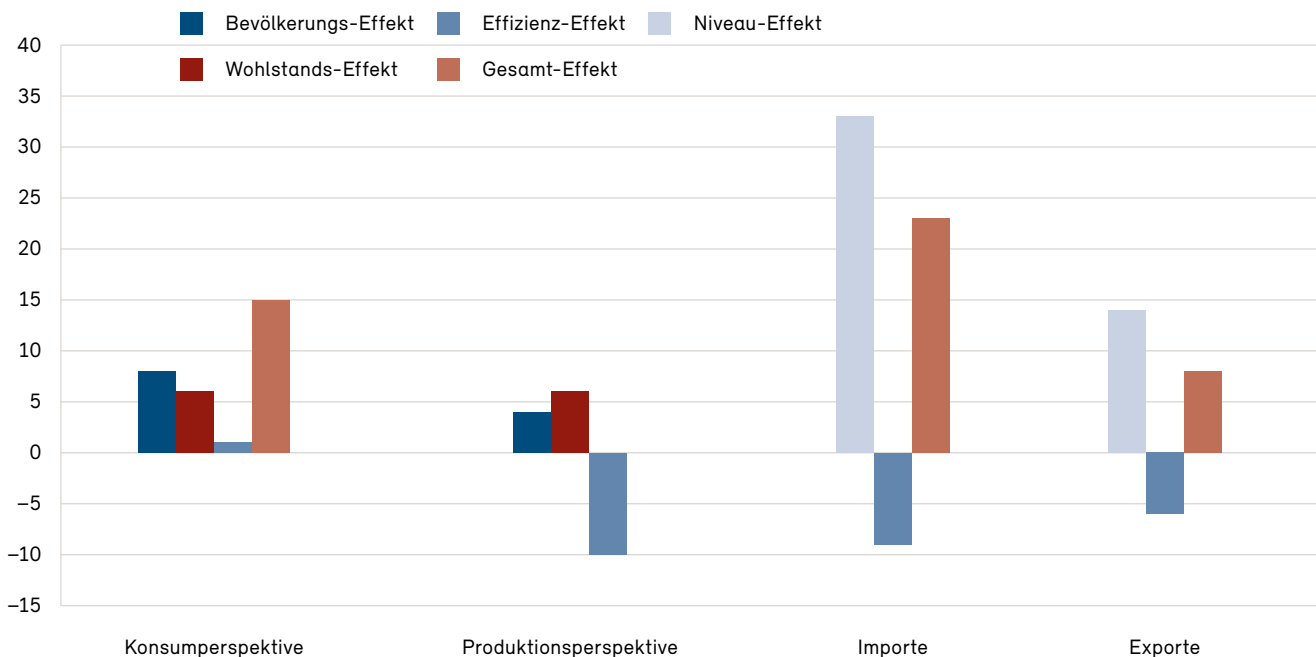
### 6.2.4 Biodiversitäts-Fussabdruck

Die Veränderung des Biodiversitäts-Fussabdrucks zwischen 1996 und 2015 ist in Abbildung 77 ersichtlich. Bei diesem Indikator ist wiederum ein ähnliches Muster wie bei den anderen beiden Headline-Indikatoren zu beobachten: Bevölkerung-, Wohlstands- und Niveau-Effekt tragen zu einem steigenden Fussabdruck bei Produktion, Importen und Exporten bei, der Effizienz-Effekt vermindert diese Anstiege. Im Unterschied zur Entwicklung der anderen beiden Indikatoren trägt beim Biodiversitäts-Fussabdruck in der Konsumperspektive auch der Effizienz-Effekt dazu bei, dass der Fussabdruck steigt. Dies hat zur Folge, dass in der Konsumperspektive ein relativ starker Anstieg des Fussabdrucks resultiert (+34%). Diese etwas kontraintuitive Tatsache ist darauf zurückzuführen, dass die Umwelteffizienz bei den Importen vom Niveau her viel tiefer liegt als bei der Inlandproduktion und dass der Importanteil an der Inlandnachfrage seit 1996 stark zugenommen hat. Dadurch entsteht auf Ebene der Konsumperspektive ein Umwelteffizienzverlust. Dies verhält sich bei den anderen beiden Headline-Indikatoren ähnlich. Der Effizienzverlust wird bei diesen jedoch durch die Effizienzgewinne von Importen und Inländischer

Produktion im Verlauf der Zeit überkompensiert. Beim Biodiversitäts-Fussabdruck reichen die Effizienzgewinne hingegen nicht aus, um den durch die Anteilsverschiebungen entstandenen Effizienzverlust zu kompensieren.

Abbildung 77

Zerlegung der Veränderung des Biodiversitäts-Fussabdrucks zwischen 1996 und 2015 in Teilkomponenten



Quelle: Berechnungen Rütter Soceco und treeze.

### 6.3 Auswirkungen wichtiger Zukunftsentwicklungen

#### 6.3.1 Überblick

Ausgewählte absehbare und mögliche zukünftige Veränderungen wurden quantitativ beschrieben und deren Auswirkungen auf

- den Energie-Fussabdruck (Primärenergiebedarf [Frischknecht et al. 2007b; 2015c; ohne Szenarien L1 und I1]),
- den Treibhausgas-Fussabdruck (Treibhauspotenzial [IPCC 2007])
- sowie die Umweltbelastungspunkte (UBP) gemäss Methode der ökologischen Knappheit (Frischknecht & Büsser Knöpfel 2013) pro Person abgeschätzt.

Folgende zukünftige Entwicklungen wurden betrachtet:

- E1: Richtwerte der Energiestrategie 2050;
- W1: Veränderungen bezüglich bewohnter Fläche und Heizenergieverbrauch;
- W2: Veränderung der Bausubstanz des Gebäudeparks
- M1: Entwicklung des Strassenverkehrs;

- M2: Entwicklung des Flugverkehrs;
- L1: Veränderung des Ernährungsstils und
- I1: Effizienz-Steigerung entlang der Lieferketten.

Für jede dieser zukünftigen Entwicklungen wurde die erwartete Veränderung zwischen 2015 und der Zukunft quantifiziert, deren Umweltbelastung im Jahr 2015 und in Zukunft berechnet und in Bezug gesetzt zur heutigen beziehungsweise zukünftigen Bevölkerung. Ein Vergleich dieser so ermittelten Pro Kopf Umweltbelastungen ergibt eine grobe, statische Abschätzung der Auswirkungen der einzelnen Zukunftsentwicklungen.

Für die Quantifizierung wurde auf verschiedene Studien und im Falle der Energiestrategie auf einen rechtskräftigen politischen Beschluss Bezug genommen. Folglich liegen den verschiedenen zukünftigen Entwicklungen unterschiedliche Annahmen bezüglich Wirtschaftswachstum und Bevölkerungsentwicklung zu Grunde. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Wirkungsabschätzungen nicht das maximale Reduktionspotenzial abbilden – und die Resultate folglich durch entschlossenes Handeln verbessert werden können. Darüber hinaus handelt es sich

um eine relative Betrachtung, d.h. ein Bevölkerungswachstum wirkt einer hier ausgewiesenen Abnahme der Umweltbelastung pro Person entgegen. Die Eckpunkte der jeweiligen Entwicklungen, die wesentlichen getroffenen Annahmen sowie die erwartete Veränderung der Fussabdrücke pro Person sind in den folgenden Abschnitten 6.3.2 bis 6.3.8 beschrieben.

### 6.3.2 E1: Richtwerte der Energiestrategie 2050

#### *Abschätzung basierend auf politisch beschlossener Entwicklung*

Der Parlamentsbeschluss vom 19.9.2016 und die vom Volk am 21.5.2017 angenommene Gesetzesänderung sind die Grundlage dieser Abschätzung. Es gilt die Annahme, dass die im geltenden Energiegesetz (Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft 2016) Art. 2 und 3 gesetzten (auf das Inland ausgelegten) Richtwerte für das Jahr 2035 erreicht werden. Dies bedeutet, dass im Jahr 2035 die durchschnittliche inländische Produktion von Elektrizität aus erneuerbaren Energien (Wasserkraft ausgenommen) bei mindestens 11 400 GWh und die inländische Produktion von Elektrizität aus Wasserkraft bei mindestens 37 400 GWh liegt. Gleichzeitig soll der durchschnittliche Energieverbrauch pro Person und Jahr um 43 % und der durchschnittliche Elektrizitätsverbrauch pro Person und Jahr um 13 % gegenüber dem Stand im Jahr 2000 gesenkt werden. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Personenwagen, die erstmals in Verkehr gesetzt werden, werden gemäss Anpassung des CO<sub>2</sub>-Gesetzes bis

Ende 2020 auf durchschnittlich 95 g CO<sub>2</sub>/km vermindert. Daraus resultieren die in Tabelle 8 dargestellten Energie- und Elektrizitätsverbräuche.

Zur Ermittlung der Veränderung der Umweltwirkungen wurde der Energieträgerbedarf für die Jahre 2015 und 2035 kombiniert mit der Umweltbelastung der Energieträgerbereitstellung und -nutzung gemäss dem KBOB Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2016 (KBOB et al. 2016). Tabelle 9 zeigt die daraus resultierenden Umweltintensitäten des Elektrizitätsmixes und der übrigen Energieträger für die Jahre 2015 und 2035.

Der Strom- sowie der Brenn- und Treibstoffmix für das Jahr 2035 wurden gemäss den Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050 (Prognos 2012) unter Berücksichtigung des Szenarios «Politisches Massnahmenpaket» (POM) festgesetzt. Dieses Szenario bildet die Auswirkungen des 1. Massnahmenpaketes auf die Endenergienachfrage und das Elektrizitätsangebot ab. Die Ausgestaltung des Kraftwerkparcs Schweiz wurde gemäss der Angebotsvariante E (Erneuerbare Energien) modelliert. Dabei wird der durch die Abschaltung der Kernkraftwerke fehlende Atomstrom vor allem durch erneuerbare Energien ersetzt. Hierbei wurde die technologische Entwicklung der Photovoltaik gemäss Frischknecht et al. (2015b) berücksichtigt. Zusätzlich wird von einem autonomen Zubau dezentraler

**Tabelle 8**  
Energie- und Elektrizitätsverbrauch gemäss Szenario E1

		2015	2035	Veränderung
Bevölkerung		8 280 000	8 840 000	7 %
Energieverbrauch pro Person	MJ	96 900	66 100	-32 %
davon Elektrizitätsverbrauch pro Person	MJ	25 300	22 800	-10 %
Energieverbrauch absolut	TJ	803 000	584 000	-27 %
davon Elektrizitätsverbrauch absolut	TJ	210 000	202 000	-4 %

Quelle: BFS, BfE, Berechnungen treeze

**Tabelle 9**  
Umweltintensität des Elektrizitätsmixes der Schweiz (Produktionsmix) und der übrigen Energieträger für die Jahre 2015 und 2035, pro MJ

pro MJ		Elektrizitätsmix		Übrige Energieträger	
		2015	2035	2015	2035
Gesamtumweltbelastung (UBP 2013)	UBP	42,2	24,0	53,5	49,1
Treibhausgas-Fussabdruck	g CO <sub>2</sub> -eq.	6,13	19,9	63,3	55,8
Energie-Fussabdruck (KEA)					
· total	MJ Öl-eq	2,04	1,43	1,08	1,10
· nicht erneuerbar	MJ Öl-eq	1,38	0,48	0,96	0,87
· erneuerbar	MJ Öl-eq	0,66	0,95	0,13	0,23

Quelle: Berechnungen treeze

Tabelle 10

Erzielte Reduktion der Gesamtumweltbelastung (UBP Methode), des Treibhausgas-Fussabdrucks und des Energie-Fussabdrucks (kumulierter Energieaufwand, KEA) pro Person durch Zukunftsentwicklung E1 Richtwerte der Energiestrategie 2050

	Gesamtumweltbelastung Mio. UBP	Treibhausgas-Fussabdruck kg CO <sub>2</sub> -eq	Energie-Fussabdruck (KEA)		
			gesamt GJ Öl-eq	nicht erneuerbar GJ Öl-eq	erneuerbar GJ Öl-eq
IST 2015	23,4	14 000	253	210	42,5
W1 2035	21,3	12 300	209	160	48,6
Differenz	-9,0 %	-12,2 %	-17,4 %	-23,8 %	14,4 %

Quelle: Berechnungen treeze.

fossiler WKK-Anlagen (Wärme-Kraft-Anlagen) ausgegangen. Der restliche Bedarf wird durch Importe gedeckt. Hierfür wurde ein europäischer Importstrommix für das Jahr 2050 aus Wyss und Frischknecht (2013; Szenario «Politisches Massnahmenpaket» POM) verwendet. Die Details zur Modellierung der Energieversorgung im Jahr 2035 sind im technischen Bericht Kap. 6.1 festgehalten.

Tabelle 10 zeigt die unter Berücksichtigung der zukünftigen Entwicklung der Energieversorgung der Schweiz resultierende absolute Umweltbelastung pro Person im Jahr 2035 sowie die mögliche Reduktion im Vergleich zum Jahr 2015.

Die gesamte Umweltbelastung (in UBP) kann pro Person um 9 % reduziert werden. Die Treibhausgas-Emissionen sinken pro Person um rund 12 % und der Primärenergiebedarf um etwas mehr als 17 %. Die Senkung des Primärenergiebedarfs resultiert aus dem verminderten Bedarf an nicht-erneuerbaren Energieträgern (knapp -24 %), der Bedarf an erneuerbaren Energieträgern steigt um etwas mehr als 14 %. Der nicht erneuerbare Primärenergiebedarf sinkt deutlich stärker als die Treibhausgas-Emissionen, insbesondere durch den Ausstieg aus der Kernenergie, die relativ geringe spezifische Treibhausgas-Emissionen verursacht.

Obwohl die Energiestrategie sich auf das Inland konzentriert, ist ihr Beitrag somit auch in der Fussabdruck-Perspektive relevant.

### 6.3.3 W1: Veränderungen bezüglich bewohnter Fläche und Heizenergie

*Abschätzung gestützt auf Energieperspektiven (Energiestrategie 2050) und interkantonales politisches Leitbild*  
Ein Vergleich dreier Studien diente dazu, die zukünftigen Entwicklungen im Wohnbereich abzuschätzen: Die Studie Prognos (2012) floss mit in die Energiestrategie 2050 ein; Iten et al. (2017) bildet die interkantonale Gebäudepolitik ab, in der bis 2050 eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudebereich auf einen Zielwert unter 20 % gegenüber 1990 angestrebt wird (EnDK 2016); und Jakob et al. (2016) haben untersucht, inwiefern die Richt- und Zielwerte des *SIA Effizienzpfads Energie* kompatibel sind mit den Zielsetzungen der Energiestrategie des Bundes, der Klimapolitik und den Zielen der 2000-Watt-Gesellschaft. Die durchschnittliche Wohnfläche pro Person beträgt heutzutage in der Schweiz rund 45 m<sup>2</sup> (BFS 2015b). Gemäss Prognos (2012), Jakob et al. (2016) und Iten et al. (2017) wird davon ausgegangen, dass der Wohnflächenbedarf pro Person in Zukunft steigt. Zudem werden sich sowohl der spezifische Energiebedarf der Wohnungen wie auch der Energieträgermix zur Deckung dieses Energiebedarfs verändern. Die Auswirkungen dieser Änderungen werden in diesem Abschnitt untersucht. Hierbei werden als Grundlage die Prognosen gemäss Energieperspektiven (Prognos 2012), gemäss Effizienz-Szenario im Gebäudeparkmodell Gepamod (Jakob et al. 2016) und gemäss Verbotsszenario 1 der Studie zu CO<sub>2</sub>-Grenzwerten bei Gebäuden nach Heizungersatz<sup>38</sup>

<sup>38</sup> Die Einhaltung von CO<sub>2</sub>-Grenzwerten bei Gebäuden nach einem Heizungersatz oder -neueinbau ist vergleichbar mit einem Verbot fossiler Heizungen (bei Ersatz und Neueinbau), das in der Studie Iten et al. (2017) detaillierter untersucht wurde.

(Iten et al. 2017) verwendet. Weitere Informationen können dem Technischen Bericht (Frischknecht et al. 2018, Kapitel 6.2) entnommen werden. Nicht einbezogen in dieser Abschätzung sind die Auswirkungen des steigenden Wohnflächenbedarfs auf Zersiedelung sowie den Bedarf an Siedlungsfläche und Baumaterialien.

Zur Ermittlung der Veränderung der Umweltwirkungen wurde der resultierende Endenergiebedarf im Sektor «Wohnen» für die Jahre 2015 und 2050 kombiniert mit der Umweltbelastung der Energieträgerbereitstellung und -nutzung gemäss dem KBOB Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2016 (KBOB et al. 2016). Tabelle 11 zeigt die Veränderung der Umweltwirkungen durch die Veränderung der Wohngewohnheiten gemäss den Datengrundlagen aus den drei verwendeten Studien. Die gesamte Umweltbelastung verringert sich pro Person um 4,0 bis 4,5% trotz grösseren Wohnflächen. Die Treibhausgas-Emissionen nehmen pro Person um 7,3 bis 9,8% ab und der Primärenergiebedarf verringert sich um 5,8 bis 8,6% pro Person. Dabei nimmt der nicht-erneuerbare Energiebedarf pro Person um 10,3 bis 12,2% ab während sich der erneuerbare Energiebedarf um 3,8 bis 16,2% pro Person erhöht.

Die Verringerung des Energiebedarfs pro Quadratmeter trägt dabei am meisten zur gezeigten Verringerung der Umweltbelastung bei (–47 bis –58%). Die Änderung des Energieträgermixes verringert die Gesamtumweltbelastung um 26 bis 31% und die Treibhausgas-Emissionen um 34 bis 49%. Der Primärenergiebedarf wird durch die Veränderung des Energieträgermixes insgesamt um 3 bis 10% gesenkt, wobei der nicht-erneuerbare Primärenergiebedarf um 30 bis 35% gesenkt wird und der erneuerbare Primärenergiebedarf um 110 bis 165% zunimmt. Dem entgegen wirkt die Veränderung der Wohnfläche, welche alle Umweltwirkungen um 31 bis 36% erhöht.

**Tabelle 11**

**Veränderung der Gesamtumweltbelastung (UBP Methode), des Treibhausgas-Fussabdrucks und des Energie-Fussabdrucks (kumulierter Energieaufwand, KEA) pro Person durch Zukunftsentwicklung W1 Veränderungen bezüglich bewohnter Fläche und Heizenergie**

	Gesamtumweltbelastung Mio. UBP	Treibhausgas-Fussabdruck kg CO <sub>2</sub> eq	Energie-Fussabdruck (KEA)		
			gesamt GJ Öl-eq	nicht erneuerbar GJ Öl-eq	erneuerbar GJ Öl-eq
IST 2015	23,4	14 000	253	210	42,5
W1 2050					
Energieperspektiven	22,4	13 000	232	188	44,1
Gepamod	22,3	12 800	231	185	46,4
Einführung CO <sub>2</sub> -Grenzwerte bei Gebäuden	22,4	12 600	238	189	49,4
Differenz					
Energieperspektiven	–4,0%	–7,3%	–8,2%	–10,6%	3,8%
Gepamod	–4,5%	–8,6%	–8,6%	–12,2%	9,2%
Einführung CO <sub>2</sub> -Grenzwerte bei Gebäuden	–4,3%	–9,8%	–5,8%	–10,3%	16,2%



### 6.3.4 W2: Veränderung der Bausubstanz des Gebäudeparks

*Abschätzung basierend auf erwarteter und erwünschter Entwicklung*

In diesem Abschnitt wird die Veränderung der Umweltbelastung durch den Materialaufwand im Gebäudepark der Schweiz betrachtet. Basierend auf Daten von Heeren (2017) wurden die Umweltwirkungen der Herstellung der bedeutendsten Baumaterialien für die Jahre 2015 und 2055 berechnet. Als Grundlage diente die Variante «Synthese», in welcher der Autor von einer erhöhte Erneuerungsrate des Gebäudebestandes, einem erhöhten Anteil an Holzgebäuden (beides erwünschte Entwicklungen) sowie einer besseren Isolation der renovierten und neuen Gebäude (erwartete Entwicklung) ausgegangen wird. Daraus wurde die resultierende Materialmenge im Gebäudepark mittels eines bottom-up Modells unter Berücksichtigung von dreidimensionalen und georeferenzierten Gebäudedaten berechnet (Heeren 2017). Berücksichtigt wurde nur die Veränderung der Materialmenge im Gebäudepark, nicht aber eine allfällige Effizienzsteigerung in der Materialherstellung.

Tabelle 12 zeigt die in den Jahren 2015 beziehungsweise 2055 pro Person im Schweizer Gebäudebestand verbauten Baustoffe, abgeschrieben auf 60 Jahre. Pro Person nimmt vor allem die Menge Beton und – infolge der verbesserten Isolierung der Gebäude – die Menge an Isolationsmaterial zu. Daneben erhöht sich pro Person auch die Menge an Holz und an Metallen. Die Mengen an mineralischen Baustoffen und Backsteinen verringert sich. Zur Ermittlung der Veränderung der Umweltwirkun-

gen wurde die Differenz im Materialbestand mit Daten zur ihrer Umweltwirkung aus dem KBOB Ökobilanzdatenbestand (KBOB et al. 2016) verknüpft.

**Tabelle 12**  
Menge in kg an Baustoffen pro Person und Jahr im Schweizer Gebäudepark 2015 und 2055 und deren Veränderung

Baustoff	Menge		Veränderung
	2015	2055	
Backsteine	24,3	22,8	-1,52
Brennbare Stoffe	0,18	0,23	0,05
Beton	63,2	66,3	3,13
Glas	0,38	0,44	0,06
Isolationsmaterial	2,0	2,8	0,81
Metall	2,0	2,2	0,14
Mineralische Materialien	33,1	27,1	-6,02
Holz	3,8	4,3	0,52

Quellen: Heeren (2017), Berechnungen treeze

Insgesamt gleichen sich die gezeigten Änderungen in den verschiedenen Baumaterialien aus, da die zusätzlichen Mengen an Beton, Isolationsmaterial, Holz und Metall die Verminderungen bei den mineralischen Materialien und den Backsteinen kompensieren. Somit bleiben die Umweltwirkungen pro Person in etwa gleich (siehe Tabelle 13). Dieses Resultat ist kongruent zu den Ergebnissen von Jakob et al. (2016), welcher durch die Änderungen im Gebäudepark zwischen 2015 und 2050 nur eine minime Erhöhung des Primärenergiebedarfs und der Treibhausgas-Emissionen feststellt (+ 1,3 bzw. 1,4 % pro Person im Effizienzscenario). Die bessere Isolation der Gebäude führt nur zu einer geringen Erhöhung des

**Tabelle 13**

Veränderung der Gesamtumweltbelastung (UBP Methode), des Treibhausgas-Fussabdrucks und des Energie-Fussabdrucks (kumulierter Energieaufwand, KEA) pro Person durch Zukunftsentwicklung W2 Veränderung der Bausubstanz des Gebäudeparks

	Gesamtumweltbelastung Mio. UBP	Treibhausgas-Fussabdruck kg CO <sub>2</sub> -eq	Energie-Fussabdruck (KEA)		
			gesamt GJ Öl-eq	nicht erneuerbar GJ Öl-eq	erneuerbar GJ Öl-eq
IST 2015	23,4	14 000	253	210	42,5
W2 2055	23,4	14 000	253	211	42,8
Differenz	0,18 %	0,08 %	0,22 %	0,14 %	0,63 %

Quelle: Berechnungen treeze

Primärenergiebedarfs und der Treibhausgas-Emissionen der Baumaterialien. Sie trägt allerdings wesentlich zum Reduktionspotenzial von W1 bei. Die Umweltwirkung durch Szenario W2 muss folglich in diesem Kontext betrachtet werden.

### 6.3.5 M1: Entwicklung des Strassenverkehrs

#### *Abschätzung basierend auf erwarteter Entwicklung*

In dieser Abschätzung werden die Auswirkungen erwarteter Veränderungen und Umbrüche im Mobilitätssystem bewertet. Die zukünftigen Verkehrsleistungen im Personen- und Güterverkehr gemäss ARE (2016) wurden kombiniert mit Prognosen zum spezifischen Treibstoffbedarf und dem Anteil Elektrofahrzeuge an der Personenwagenflotte gemäss de Haan und Zah (2013). Dabei wurde nur der motorisierte Verkehr (Strassenverkehr) berücksichtigt. Wasserstoff als möglicher zukünftiger Kraftstoff wurde nicht thematisiert und bleibt deshalb auch hier unberücksichtigt. Beim motorisierten Individualverkehr wurde für den Zeitraum 2015 bis 2040 eine Zunahme der Verkehrsleistung um 14,5%, beim Güterverkehr auf der Strasse um 25,5% berücksichtigt (de Haan & Zah 2013). Gleichzeitig wurde beim motorisierten Individualverkehr eine Verschiebung der Antriebstechnologien von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren zu Elektrofahrzeugen gemäss de Haan und Zah (2013) angenommen. Zur Ermittlung der Umweltwirkung wurden die ermittelten Fahrleistungen kombiniert mit der spezifischen Umweltbelastung pro Personenkilometer respektive Tonnenkilometer gemäss mobitool v2.0 (Stolz et al. 2016). Bei den Verbrennungsmotoren wurde dabei abgeleitet aus de Haan und Zah (2013) eine Verbesserung der Treibstoffeffizienz um 35% berücksichtigt und gemäss Szenario «Effizienz» (EFF) davon ausgegangen, dass der Anteil an Benzinfahrzeugen ab- und derjenige von Diesel- und Gasfahrzeugen zunimmt (Tabelle 14).

Die Szenarien in de Haan und Zah (2013) wurden auf Grundlagen von IEA (2012), BFE (2012), Prognos (2012), BAFU (2012) sowie Bundesrat (2012) definiert und spannen den wahrscheinlichen Entwicklungsraum der Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen aus Sicht des Jahres 2013 auf. Im Szenario EFF wird angenommen, dass Autos einen grösseren Beitrag zur Energieeinsparung leisten müssen als bisher. Dabei wird

von einer verstärkten Förderung von energieeffizienten Antrieben für den motorisierten Individualverkehr, jedoch ohne technologie-spezifische Förderung und staatliche Vorinvestitionen in technologiespezifische Infrastruktur (wie z. B. Ladeinfrastruktur) ausgegangen (de Haan & Zah 2013).

Tabelle 14

Anteile der verschiedenen Antriebstechnologien 2015 und 2040 für den motorisierten Individualverkehr

Anteile		2015	2040
Verbrennungsmotoren	%	99,9%	76,7%
davon Benzin	%	57,2%	31,6%
davon Gas	%	0,0%	5,0%
davon Diesel	%	42,7%	40,1%
Plug-in-Hybrid	%	0,1%	6,9%
Reine Elektrofahrzeuge	%	0,1%	16,4%

Quelle: de Haan & Zah 2013, Berechnungen treeze

Die Verbesserung der Energieeffizienz der Elektrofahrzeuge wurde gemäss de Haan und Zah (2013) über einen um 12% (Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge) resp. 24% (reine Elektrofahrzeuge) geringeren Strombedarf pro Fahrkilometer berücksichtigt. Der Stromverbrauch der Elektrofahrzeuge wird mit den in E1 erarbeiteten Strommischen für 2015 beziehungsweise 2040 gedeckt (siehe Abschnitt 6.3.2). Gleichzeitig wurde eine verlängerte Lebensdauer der Batterien der Elektrofahrzeuge berücksichtigt, indem über die gesamte Fahrleistung kein Batteriewechsel mehr notwendig ist. Beim Güterverkehr wurde angenommen, dass im Jahr 2040 alle Fahrzeuge die Abgasnorm EURO 6 erfüllen.

Tabelle 15 zeigt die unter Berücksichtigung der zukünftigen Entwicklung des Strassenverkehrs in der Schweiz resultierende absolute Umweltbelastung pro Person im Jahr 2040 sowie die mögliche Reduktion im Vergleich zum Jahr 2015.

Insgesamt gleicht die Erhöhung der Verkehrsleistung die durch Verbesserungen bei der Treibstoffeffizienz sowie den erhöhten Anteil an Elektrofahrzeugen erzielte Reduktion der Umweltbelastung fast wieder aus, so dass die resultierenden Umweltwirkungen pro Person praktisch gleich bleiben. Die gesamte Umweltbelas-

tung pro Person wird nur um 1,1 % reduziert. Die Treibhausgas-Emissionen sinken um 2,2 % pro Person, der Primärenergiebedarf um 1,8 %. Wie in E1 resultiert die Senkung des Primärenergiebedarfs aus dem verminderten Bedarf an nicht-erneuerbaren Energieträgern (-2,0 %), der Bedarf an erneuerbaren Energieträgern steigt um 0,77 %. Um eine signifikante Verbesserung im (terrestrischen) Verkehr zu erreichen, wären somit eine raschere Transition zu einem Verkehrssystem mit CO<sub>2</sub>-freien Motoren, eine Reduktion des Fahrzeuggewichts und/oder eine Stabilisierung/Reduktion der Verkehrsmenge notwendig.

### 6.3.6 M2: Entwicklung des Flugverkehrs

#### *Abschätzung basierend auf erwarteter Entwicklung*

Gemäss Nachfrageprognose Entwicklung des Flugverkehrs bis 2030 gemäss Luftfahrtpolitischen Bericht (Schweizerischer Bundesrat 2016b; Intraplan consult GmbH 2015) steigt das Passagieraufkommen im Luftverkehr von 2015 bis 2030 um 58 %, das Cargo-Aufkommen im gleichen Zeitraum um 52 %. Die Studie geht von einem Bevölkerungswachstum von 5,5 % aus. Zur Ermittlung der Umweltwirkung wurden die ermittelten Transportleistungen im Personen- und Güterverkehr kombiniert mit der spezifischen Umweltbelastung pro Personenkilometer resp. Tonnenkilometer gemäss mobitool v2.0 (Stolz et al. 2016), wobei die zusätzlichen Erwärmungseffekte der stratosphärischen Emissionen von Flugzeugen berücksichtigt wurden (für die Herleitung der Treibhauspotenziale siehe Technischer Bericht, Frischknecht et al. [2018]). Unter der Annahme, dass weiterhin rund 40 % der Passagiere ihren Wohnsitz in der Schweiz haben (Flughafen

Zürich AG 2016) und deren Flugreisen demzufolge dem Konsum der Schweiz angerechnet werden, verursacht diese Steigerung eine Erhöhung der Umweltbelastung pro Person um rund 1,9 % (siehe Tabelle 16). Die Treibhausgas-Emissionen erhöhen sich um 5,5 % pro Person, der Primärenergiebedarf um 2,7 %. Dabei erhöht sich vor allem der Bedarf an nicht-erneuerbaren Energieträgern (+3,2 %), der Bedarf an erneuerbaren Energieträgern steigt um nur 0,1 %.

Nicht abgebildet ist in diesen Berechnungen eine allfällige Erhöhung der Treibstoffeffizienz der Flugzeuge. Um die pro Kopf-Zunahme der Nachfrage nach Flugreisen zu kompensieren, müsste die Treibstoffeffizienz pro pkm um rund 50 % gesteigert werden.

Ebenso wird angenommen, dass die Auslastung der Flugzeuge gleich bleibt (81 % im Personenverkehr), ebenso die Beförderungsklassen (z. B. benötigt ein Flug in der Business Class deutlich mehr Platz als einer in der Economy Class). Auch die Anteile Inter- und Intrakontinentalflüge wurden konstant angenommen, obwohl laut Nachfrageprognose Flugverkehr (Intraplan consult GmbH 2015) der Langstreckenverkehr, dessen Anteil an der heutigen Verkehrsleistung bei bereits rund 70 % liegt, überproportional wächst. Da jedoch dazu in der Studie keine quantitativen Aussagen enthalten sind, konnte diese Information nicht berücksichtigt werden. Diese drei Vereinfachungen ändern jedoch an der Grössenordnung der Zunahme der Umweltbelastungen kaum etwas. Die derzeit erwartete Entwicklung ist nicht vereinbar mit der in Abschnitt 6.1.2 dargelegten Notwendigkeit einer vollständigen Dekarbonisierung.

Tabelle 15

Erzielte Reduktion der Gesamtumweltbelastung (UBP Methode), des Treibhausgas-Fussabdrucks und des Energie-Fussabdrucks (kumulierter Energieaufwand, KEA) pro Person durch Zukunftsentwicklung M1 Entwicklung des Strassenverkehrs

	Gesamtumweltbelastung Mio. UBP	Treibhausgas-Fussabdruck kg CO <sub>2</sub> -eq	Energie-Fussabdruck (KEA)		
			gesamt GJ Öl-eq	nicht erneuerbar GJ Öl-eq	erneuerbar GJ Öl-eq
IST 2015	23,4	14 000	253	210	42,5
M1 2040	23,1	13 700	248	206	42,8
Differenz	-1,1 %	-2,2 %	-1,8 %	-2,0 %	0,8 %

Tabelle 16

Erhöhung der Gesamtumweltbelastung (UBP Methode), des Treibhausgas-Fussabdrucks und des Energie-Fussabdrucks (kumulierter Energieaufwand, KEA) pro Person durch Zukunftsentwicklung M2 Entwicklung des Flugverkehrs

	Gesamtumweltbelastung Mio. UBP	Treibhausgas-Fussabdruck kg CO <sub>2</sub> -eq	Energie-Fussabdruck (KEA)		
			gesamt GJ Öl-eq	nicht erneuerbar GJ Öl-eq	erneuerbar GJ Öl-eq
IST 2015	23,4	14 000	253	210	42,5
M2 2030	23,8	14 800	260	217	42,5
Differenz	1,9 %	5,5 %	2,7 %	3,2 %	0,1 %

Quelle: Berechnungen treeze

### 6.3.7 L1: Veränderung des Ernährungsstils

*Abschätzung basierend auf aus ökologischer Sicht erwünschter Entwicklung*

Jungbluth et al. (2015) haben sieben verschiedene Ernährungsstile hinsichtlich ihrer Treibhausgasbilanz und Gesamtumweltbelastung gemäss UBP-Methode bewertet und dem durchschnittlichen Konsum im Jahr 2012 gegenübergestellt. Die sogenannte «Flexitarier»-Ernährung<sup>39</sup>, die sich im Wesentlichen mit den Empfehlungen der Schweizerischen Gesellschaft für Ernährung (SGE) deckt, entspricht einer Verringerung des durchschnittlichen Fleischkonsums um 68 % von heute 50 kg pro Jahr auf 16 kg pro Jahr (300g Fleisch pro Woche)<sup>40</sup>. Dazu wird der Fischkonsum halbiert. Der Konsum von Milch- und Milchprodukten bleibt hingegen gleich. Gegenüber einem durchschnittlichen Ernährungsstil reduziert die «Flexitarier»-Ernährung die ernährungsbedingten Treibhausgas-Emissionen pro Person und Jahr um 19 %, die Gesamtumweltbelastung um 18 %.

Verrechnet man die absolute Reduktion der Umweltwirkungen durch die Veränderung des Ernährungsstils mit den gesamten Umweltwirkungen pro Person für das Jahr 2015, können die Gesamtumweltbelastung pro Person und Jahr um 3,8 % und die Treibhausgas-Emissionen um 2,4 % verringert werden (Tabelle 17). Aufgrund der Annäherung an die SGE-Empfehlungen geht die Reduktion der Umweltwirkung mit einem Gewinn für die Gesundheit einher, ohne dass dadurch die Kosten steigen.

Weitere mögliche Wirkungshebel der Ernährung wurden hier nicht abgeschätzt: Denkbar wäre eine noch weitergehende Reduktion der Fleischmenge; die Zusammensetzung der Fleischprodukte und der übrigen Lebensmittel spielt ebenso eine Rolle, ausserdem die Produktionsweise, die Menge an Lebensmittelverlusten (Foodwaste), die Saisonalität und der Transport.

Ernährung ist insbesondere für den Biodiversitäts-, den Wasser- und den Stickstoff-Fussabdruck relevant. Diese Auswirkungen konnten im Rahmen der vorliegenden Studie nicht abgeschätzt werden.

Tabelle 17

Verringerung der Gesamtumweltbelastung (UBP Methode) und des Treibhausgas-Fussabdrucks pro Person durch Zukunftsentwicklung L1 Veränderung des Ernährungsstils

	Gesamtumweltbelastung	Treibhausgas-Fussabdruck
	Mio. UBP	kg CO <sub>2</sub> -eq
Durchschnittskonsum	23,4	14 000
Flexitarier	22,5	13 700
Differenz	-3,8 %	-2,4 %

Quelle: Berechnungen treeze

39 gemässiger Fleischkonsum, Milch und Eier-Esser mit 300g Fleisch/ Woche, 1-2 Portionen Milchprodukten pro Tag und 3-4 Eier pro Woche  
40 Von der SGE empfohlen wären 200 bis 360 g Fleisch...

### 6.3.8 I1: Effizienz-Steigerung entlang der Lieferketten

#### *Abschätzung basierend auf aus ökologischer Sicht erwünschter Entwicklung*

In dieser Abschätzung wird davon ausgegangen, dass sich die Umwelteffizienz aller importierten Waren und Dienstleistungen in die Schweiz um 10 % erhöht. Auch die Umwelteffizienz des Anteils importierter Güter, welche wieder exportiert werden, erhöht sich um diesen Faktor. Die Ausgangsannahme wie auch die Resultate haben rein illustrativen Charakter. Auf die Zusammenhänge zwischen Ressourcen-, Energie- und Umwelteffizienz wird nicht eingegangen. Verbesserungen in den Lieferketten können durch geschicktes Verhalten im Einkauf erzielt werden, durch Verbesserungen in Schweizer Betrieben im Ausland sowie durch unterstützte oder autonome Entwicklungen in den Ursprungsländern.

Dies führt zu einer Verringerung der Gesamtumweltbelastung des Konsums um 7,3 %. Die Treibhausgas-Emissionen werden um 6,0 % verringert (Tabelle 18).

### 6.3.9 Zusammenfassung der Abschätzung von Zukunftsentwicklungen

Insbesondere die Umsetzung des ersten Massnahmenpakets der Energiestrategie Schweiz erweist sich als potenziell wirksamer Hebel, da sich diese auf den gesamten Energiebedarf wie auch auf den Energieträgermix der Schweiz auswirkt und dabei teilweise die in anderen Abschätzungen einzeln betrachteten Bereiche Wohnen (W1, ohne Bausubstanz) und Mobilität (M1 ohne Gütertransport) umfasst. Relevant ist insbesondere die erzielte Reduktion der Umweltbelastung durch die Reduktion des Energiebedarfs der Wohngebäude und der Änderungen im dazu eingesetzten Energieträgermix.

Auch die Steigerung der Umwelteffizienz entlang der Lieferkette stellt einen wichtigen Ansatzpunkt insbesondere für Schweizer Unternehmen dar, da die Umweltwirkungen des Schweizer Konsums zu einem grossen Teil von importierten Gütern bestimmt werden.

Die Veränderung des Ernährungsstils trägt fast gleich viel zur Reduktion der Gesamtumweltbelastung einer Person bei wie die Veränderungen im Energiebedarf der Wohn-

gebäude, die Reduktion der Treibhausgas-Emissionen ist allerdings geringer.<sup>41</sup>

Die Veränderungen in der Bausubstanz des Gebäudeparks Schweiz wie auch diejenigen im Mobilitätssystem führen netto zu praktisch keiner Änderung der Umweltbelastungen, da hier Effizienzgewinne durch das Mengenwachstum ausgeglichen werden. Die bescheidene Umweltwirkung durch die Veränderung im Materialaufwand des Gebäudeparks muss im Zusammenhang des Nutzens besserer Wärmedämmungen und damit erhöhter Energieeffizienz der Gebäude (siehe Szenario W1) gesehen werden.

Das erwartete Wachstum im Flugverkehr führt zu einer Erhöhung insbesondere der Treibhausgas-Emissionen. Um die Umweltauswirkungen dieses Wachstums auszugleichen, sind deutliche Verbesserungen der Treibstoffeffizienz erforderlich. Für eine Trendwende müsste sowohl bei der Technologie als auch bei der Menge an Flugzeugkilometern (beförderte Personen, Beförderungsklassen) angesetzt werden.

**Tabelle 18**

**Verringerung der Gesamtumweltbelastung (UBP Methode), des Treibhausgas-Fussabdrucks und des Energie-Fussabdrucks (kumulierter Energieaufwand, KEA) pro Person durch Zukunftsentwicklung I1 Effizienz-Steigerung entlang der Lieferketten**

	Gesamtumweltbelastung		Treibhausgas-Fussabdruck
	Mio. UBP		kg CO <sub>2</sub> -eq
IST 2015		23,4	14 000
M2 2030		21,7	13 200
Differenz		-7,3 %	-6,0 %

Quelle: Berechnungen treeze

<sup>41</sup> Die Ernährung ist insb. für den Biodiversitäts-, Wasser- und Eutrophierungs-Fussabdruck relevant. Bei den Zukunftsentwicklungen konnten diese Effekte im Rahmen der vorliegenden Studie aber nicht abgeschätzt werden.

# 7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

## 7.1 Schlussfolgerungen

*Konsum und Produktion in der Schweiz bewertet mit verschiedenen Indikatoren*

Die vorliegende Studie untersuchte die Entwicklung der vom Konsum der Schweiz ausgehenden Umwelt-Fussabdrücke für die Jahre 1996 bis 2015, wobei es sich um eine Aktualisierung und Weiterentwicklung der Vorgängerstudie von Frischknecht et al. (2014) handelt. Die Gesamtumweltbelastung wurde mit der UBP-Methode 2013 sowie verschiedenen weiteren vollaragierenden Indikatoren berechnet (ILCD, ReCiPe, «Ökologischer Fussabdruck»). Daneben wurden auch der Treibhausgas-, der Biodiversitäts-, der Eutrophierungs-, der Luftverschmutzungs-, der Wasser-, der Energie- und der Material-Fussabdruck ermittelt. Erstmals wurden der Wasser- und der Biodiversitäts-Fussabdruck eines Landes unter Berücksichtigung länderspezifischer Auswirkungen ermittelt.

*Gesamtumweltbelastung pro Person nimmt ab, Biodiversitäts- und Wasser-Fussabdruck nehmen zu*

Die Gesamtumweltbelastung pro Person aus Sicht der Konsumperspektive hat abgenommen. Auch beim Treibhaus-, Eutrophierungs-, Luftverschmutzungs- und Energie-Fussabdruck pro Person konnte im Betrachtungszeitraum eine leichte Reduktion beobachtet werden. Allerdings ist der Treibhausgas-Fussabdruck seit dem Jahr 2009 nicht kleiner geworden. Auf der anderen Seite haben der konsumbedingte Biodiversitäts-, Wasser- und Material-Fussabdruck pro Person zugenommen.

*Umweltbelastung pro Person versus absolute Umweltbelastung*

Absolut nahmen im betrachteten Zeitraum alle Fussabdrücke bis auf die Gesamtumweltbelastung und der Luftverschmutzungs-Fussabdruck zu. Beim Treibhausgas-Fussabdruck steht eine Zunahme des absoluten Fussabdrucks einer leichten Abnahme des Fussabdrucks pro Person gegenüber. Die Gesamtumweltbelastung pro Person hat im Betrachtungszeitraum stärker abgenommen

(UBP-Methode 2013) als die absolute Gesamtumweltbelastung. Der Biodiversitäts- und Wasser-Fussabdruck haben im Betrachtungszeitraum sowohl absolut als auch pro Person deutlich zugenommen.

Die Umweltbelastung aus Sicht der inländischen Produktion (Produktionsperspektive) nahm über den Betrachtungszeitraum stetig ab. Ausnahmen bilden der globale Biodiversitäts-Verlust durch die Landnutzung, welcher in dieser Perspektive über die Jahre etwa konstant geblieben ist sowie der Materialverbrauch. Der Materialverbrauch nahm insbesondere aufgrund der Zunahme der Nutzung mineralischer Rohstoffe zu.

*Zunahme der Bedeutung des Aussenhandels*

Alle untersuchten Indikatoren zeigen eine deutliche absolute und relative Zunahme der Umweltbelastung im Ausland. Im Jahr 2015 ist der Auslandanteil aller Fussabdrücke grösser als der Inlandanteil. Wesentliche Treiber für die Umweltbelastung des Aussenhandels sind der Warenhandel mit Erdölprodukten, Metallen, Chemikalien sowie tierischen und pflanzlichen Produkten. Die Bedeutung des Dienstleistungshandels, insbesondere des Exports von Handelsdienstleistungen, nimmt seit 1996 und mit einem Unterbruch in den Jahren 2000 bis 2003 stetig zu, erreicht jedoch bezüglich Umweltbelastung im Saldo bei Weitem nicht die Tragweite des Warenhandels.

*Kompensation der Abnahme der inländischen Umweltbelastung durch die Zunahme des Aussenhandels und der damit verbundenen Umweltbelastung*

Die Anstrengungen der Schweiz bezüglich Luftreinhaltung und die konsequente Umsetzung des Montreal-Protokolls zeigen ihre Wirkung. Sie sind die Haupttreiber der Reduktion der inländischen Umweltbelastung. Die Nährstoffemissionen in die Gewässer konnten ebenfalls reduziert werden, wohingegen bei den Emissionen von Mikroverunreinigungen und Pestiziden kein Rückgang feststellbar ist beziehungsweise diese sogar eher zunehmen. Zwischen 2003 und 2008 stagnierte die Abnahme der inländischen Umweltbelastung. Seither nimmt sie wieder ab. Die abso-

luten inländischen Treibhausgas-Emissionen sind im Betrachtungszeitraum um rund 5 % gesunken.

#### *Finanz- und Wirtschaftskrise 2009*

Wichtige Ereignisse, wie die Terroranschläge in den USA und das Grounding der Swissair im Jahr 2001 und die Finanz- und Wirtschaftskrise im Jahr 2009, hinterlassen ihre Spuren nicht nur in reduzierten Handelsaktivitäten, sondern auch in den Umwelt-Fussabdrücken des Schweizer Konsums. Weitere wichtige Ereignisse wie die Asienkrise 1997/1998 oder die Vogelgrippe 2006 sind aber im Verlauf der Umwelt-Fussabdrücke nicht erkennbar.

#### *Konsumbezogene Umwelteffizienz*

Effizienzindikatoren setzen die inländische Endnachfrage als wirtschaftliche Grösse mit der konsumbedingten Umweltbelastung ins Verhältnis. Im Betrachtungszeitraum haben sich die Gesamt-Umwelteffizienz deutlich (um 40 %) und die Treibhausgas-Effizienz merklich (um 18 %) erhöht. Hingegen hat sich die Effizienz des Biodiversitäts-Fussabdrucks praktisch nicht verändert (–1 %).

#### *Einschränkungen der Methodik*

Da die Entwicklung der konsumbedingten Umweltbelastung der Schweiz mit der TRAIL-Methode, einem vereinfachten Modell<sup>42</sup>, quantifiziert wird, können die Umweltauswirkungen möglicher Veränderungen des Niveaus und der Zusammensetzung des Konsums privater Haushalte zwischen 1996 und 2015 nicht direkt quantifiziert werden. Die Studie erlaubt auch keine Aussagen über mögliche Auswirkungen einer Änderung in der Wirtschaftsstruktur (beispielsweise einer weiteren Zunahme des tertiären Sektors oder einer Verlagerung produzierender Betriebe ins Ausland) auf die Gesamtumweltbelastung.

Zudem wurden technologische Fortschritte in der vorliegenden Zeitreihe nur punktuell abgebildet, da für die gesamte Zeitreihe statische Ökobilanz- und Marktversorgungsdaten zur Abbildung der Importe verwendet wurden. Dies führt tendenziell zu einer Unterschätzung der

Umweltbelastung zu Beginn und zu einer Überschätzung am Ende der betrachteten Periode.

#### *Plausibilisierung: Vergleich mit Resultaten anderer Studien*

Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen, soweit vergleichbar, die Erkenntnisse von anderen, gross angelegten Untersuchungen der Umwelt-Fussabdrücke beziehungsweise des CO<sub>2</sub>-Fussabdrucks von Nationen, insbesondere die Höhe des Treibhausgas-Fussabdrucks pro Person und dessen Nettoimportanteil. Aufgrund des Pioniercharakters der vorliegenden Studie ist die Vergleichsbasis jedoch schmal.

#### *Unsicherheiten*

Während die genannten, von Jahr zu Jahr schwankenden Handelsaktivitäten die Gesamtumweltbelastung der einzelnen Jahre prägen, können im untersuchten Betrachtungszeitraum von 20 Jahren Trends in der Entwicklung der Umweltbelastungen beobachtet werden. Um die Entwicklung der Schweiz in Richtung Grüne Wirtschaft zu beurteilen, soll das Augenmerk deshalb auf die in Zehnjahresperioden erkennbaren Unterschiede gelegt werden. Dabei ist Sondereffekten wie extremen Jahresmitteltemperaturen oder einer Wirtschaftsrezession Rechnung zu tragen.

#### *Vereinbarkeit mit den Belastbarkeitsgrenzen des Planeten*

Die Umwelt-Fussabdrücke der Schweiz wurden dem «planetenvetraglichen Mass» gegenübergestellt. Die Schweiz orientiert sich mit der Strategie Nachhaltige Entwicklung (Schweizerischer Bundesrat 2016a) und den Massnahmen zur Grünen Wirtschaft (BAFU 2016a) am Konzept der Belastbarkeitsgrenzen. Auch die EU hat sich mit dem 7. Umweltaktionsprogramm unter dem Titel «Gut leben innerhalb der Belastbarkeitsgrenzen unseres Planeten»<sup>43</sup> eine ähnliche Vision gesetzt. Die vorliegende Studie hat gezeigt, dass die Fussabdrücke zum Teil deutlich über den Schwellenwerten liegen, die (gemäss den hier getroffenen Annahmen) mit den Belastbarkeitsgrenzen des Planeten vereinbar wären. Besonders gross ist die Überschreitung dieser Schwellenwerte beim Treibhausgas- und beim Biodiversitäts-Fussabdruck. Auch

<sup>42</sup> Die Abschätzung des Inlandanteils der Gesamtumweltbelastung basiert auf der folgenden vereinfachenden Annahme: die exportierte Umweltbelastung weist die gleichen Anteile aus inländischer Umweltbelastung der Wirtschaft und Umweltbelastung durch Importe auf wie der Gesamtkonsum in der Schweiz.

<sup>43</sup> [www.ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/7eap/de.pdf](http://www.ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/7eap/de.pdf)

der Bedarf an nicht erneuerbaren Energien und an Rohstoffen liegt deutlich über dem Niveau, das von Experten als nachhaltig eingeschätzt wird. Bei den genannten Fussabdrücken verspricht der in den vergangenen zwei Jahrzehnten beziehungsweise in den letzten Jahren beobachtete Trend keine oder eine nicht genügende Reduktion des Drucks auf die Umwelt. Insbesondere der Druck auf die Biodiversität dürfte weiter zunehmen, wenn die in den vergangenen Jahren beobachtete Tendenz unverändert anhält. Die Schweiz ist also nicht auf Kurs in Richtung des sicheren Handlungsraums («*Safe Operating Space*»), das heisst einer Konsum- und Produktionsweise, welche mit den Belastbarkeitsgrenzen des Planeten vereinbar ist.

#### *Ausgewählte Zukunftsentwicklungen und ihre Auswirkungen auf die Gesamtumweltbelastung*

In der Studie wurden ausgewählte mögliche Zukunftsentwicklungen und ihre Auswirkungen auf den Gesamtumweltbelastungs-Fussabdruck sowie den Treibhausgas-Fussabdruck einer in der Schweiz lebenden Person analysiert (die Auswirkungen auf andere wichtige Bereiche wie z. B. den Biodiversitäts-Fussabdruck wurden in dieser Analyse nicht berücksichtigt).

Die Richtwerte des vom Volk verabschiedeten, revidierten Energiegesetzes ermöglichen eine spürbare Reduktion der Treibhausgas-Emissionen und der Gesamtumweltbelastung. Die mit der energiepolitischen Zielsetzung und einer interkantonalen Strategie zusammenhängende Erneuerung des Gebäudeparks und der zunehmend erneuerbare Energiemix im Gebäudebereich können insbesondere die Treibhausgas-Emissionen substanziell reduzieren.

Das prognostizierte Wachstum des im revidierten Energiegesetz nicht adressierten Flugverkehrs würde dagegen zu einer Zunahme insbesondere der Treibhausgas-Emissionen führen.

Die Effizienzgewinne in der Mobilität (u. a. Zunahme des Anteils der Elektromobilität) werden durch die erwartete Verkehrszunahme kompensiert. Um eine signifikante Reduktion der Umweltfussabdrücke des Verkehrs zu erreichen, wären somit ein rascherer Übergang zu CO<sub>2</sub>-armen Antriebssystemen, eine Reduktion des Fahrzeuggewichts und eine Reduktion der Verkehrsleistung notwendig.

Eine aus ökologischer Sicht erwünschte Veränderung der Ernährungsgewohnheiten kann zu einer Reduktion des persönlichen Umwelt- und Treibhausgas-Fussabdrucks führen. Allein die Reduktion des Konsums von tierischen Lebensmitteln in Richtung der von der Schweizerischen Gesellschaft für Ernährung empfohlenen Mengen würde eine merkliche Reduktion der Gesamtumweltbelastung einer in der Schweiz wohnhaften Person bewirken. Hinzu kommen weitere, hier nicht abgeschätzte Hebel wie die Reduktion der Lebensmittelverluste, die Anteile der verschiedenen tierischen Lebensmittel, der Wechsel auf umweltfreundliche Anbauformen in der Landwirtschaft und weiteres.

Die Schweizer Industrie ist mit dem Ausland eng verflochten. Das zeigt sich in der grossen Bedeutung der ausländischen Lieferketten an der Gesamtumweltbelastung der Schweiz. Dementsprechend sollte der Umweltoptimierung der Lieferketten im Umweltmanagement von Schweizer Unternehmen ein hoher Stellenwert beigemessen werden. Im Schnitt resultiert jedes Prozent Reduktion der Umweltauswirkungen in den ausländischen Lieferketten in einer Reduktion von 0,73 % des Umwelt-Fussabdrucks einer in der Schweiz wohnhaften Person.

## 7.2 Empfehlungen

### 7.2.1 Fussabdrücke auf «planetenvetragliches Mass» reduzieren

#### *Die Studie zeigt dringenden Handlungsbedarf*

Die vorliegende Studie hat aufgezeigt, dass die Umwelt-Fussabdrücke der Schweiz die sich aus den Belastbarkeitsgrenzen des Planeten ergebenden Schwellenwerte zum Teil sehr deutlich überschreiten. Neben der Gesamtumweltbelastung sind insbesondere der Treibhausgas-Fussabdruck und der Biodiversitäts-Fussabdruck aber auch der Material- und der Energie-Fussabdruck (2000-Watt-Gesellschaft) über den entsprechenden Schwellenwerten.

#### *Das Paris-Abkommen erfordert das Umsetzen griffiger Massnahmen*

Die Auswirkungen des Klimawandels werden immer deutlicher sichtbar und erlebbar. Murgänge und Wirbelstürme



werden häufiger und richten immer grössere Schäden an. Die Schweiz ist deshalb per 5. November 2017 dem **Klimaübereinkommen von Paris** beigetreten. Damit sind das zu erreichende Emissionsniveau und auch der dafür zur Verfügung stehende Zeitrahmen gegeben. Nun geht es darum, die politischen Rahmenbedingungen so zu setzen, dass dieses Ziel auch erreicht werden kann. Diese sollen im Zuge der Revision des CO<sub>2</sub>-Gesetzes diskutiert und definiert werden.

#### *Massnahmen zur Senkung des Biodiversitäts-Fussabdrucks verstärken*

Die in den letzten 20 Jahren beobachtete Zunahme des Drucks auf die Biodiversität im Ausland muss dringend gebremst werden. Initiativen wie diejenige der Organisation «Roundtable on Sustainable Palm Oil», welche den Anbau von zertifiziertem, nachhaltigem Palmöl fördert, und griffige Labels sollten unterstützt werden mit dem Ziel, die **Marktabdeckung** mit nachhaltig produzierten landwirtschaftlichen Produkten in der Schweiz deutlich zu erhöhen. Gleichzeitig ist sicherzustellen, dass die Standards hohen **qualitativen** Anforderungen genügen und deren Umsetzung wirksam **kontrolliert** wird. Aufgrund der Studienergebnisse sollten die Produkte **Kaffee, Kakao, Soja** und **Baumwolle** (und daraus hergestellte Textilien) im Fokus der Anstrengungen stehen.

Unternehmen sollten in den Bemühungen unterstützt werden, den Biodiversitäts-**Fussabdruck ihrer Lieferketten zu quantifizieren** und damit die Grundlage für Optimierungsmassnahmen zu schaffen. Die Bundesverwaltung kann hierzu einen Beitrag leisten, beispielsweise bei der Entwicklung von «Biodiversitäts-Fussabdruckrechnern» für das Lieferkettenmanagement (siehe auch Massnahmen betreffend Wasser-Fussabdruck).

Aufgrund der zentralen Rolle der Ernährungsproduktion sollten neben der Information und Zusammenarbeit mit Unternehmen, nachhaltige Ernährungsmuster gefördert und die Reduktion von Lebensmittelverlusten angestrebt werden. In diesem Sinne sind die Sensibilisierung der Bevölkerung und die Zusammenarbeit mit Gastronomie und Detailhandel zu verstärken. Hier ergeben sich Synergien mit der Schweizerischen **Ernährungsstrate-**

**gie**<sup>44</sup>. Mit dieser will der Bund eine abwechslungsreiche und ausgewogene Ernährung fördern. Zudem verlangt der neue Verfassungsartikel zur Ernährungssicherheit (Schweizerische Eidgenossenschaft 2018, Art. 104a), dass der Bund Voraussetzungen schafft für grenzüberschreitende Handelsbeziehungen, die zur nachhaltigen Entwicklung der Land- und Ernährungswirtschaft beitragen sowie für einen ressourcenschonenden Umgang mit Lebensmitteln.

#### *Massnahmen zur Senkung des Material-Fussabdrucks entwickeln und umsetzen*

Dem wachsenden Material-Fussabdruck, der sich im Übrigen auch in der weiter wachsenden Menge an entsorgenden und zu rezyklierenden Abfällen zeigt, ist schwierig beizukommen. National und international wird derzeit intensiv diskutiert, in welchen Bereichen Konzepte der Kreislaufwirtschaft zu einer bedeutenden Reduktion der Materialintensität des Schweizer Konsums führen können, ohne eine Erhöhung der Umweltbelastung in Kauf zu nehmen. Die Digitalisierung kann zwar zu deutlichen Produktivitätssteigerungen führen. Dies mündet aber nicht zwangsläufig auch in ressourceneffizienteren Produkten. Strategien und Konzepte zur Kreislaufwirtschaft werden zurzeit auf europäischer Ebene sowie durch das International Resource Panel erarbeitet. Die Schweiz kann und soll darauf aufbauen, wobei eine Konzentration auf besonders umweltrelevante Materialien sinnvoll ist.

#### *Information und Sensibilisierung in Bezug auf den Wasser-Fussabdruck*

Die Schweiz beansprucht in einzelnen Ländern wie den USA, Spanien oder Indien Wasserressourcen in erheblichem Ausmass. **Information** und Sensibilisierung der Schweizer Unternehmen und die Entwicklung von Wasser-Fussabdruckrechnern für das Lieferkettenmanagement können dazu beitragen, dass besonders betroffene Unternehmen ihre Lieferketten zusätzlich im Hinblick auf den Wasser-Fussabdruck optimieren.

#### *Hilfestellungen bieten für Unternehmen*

Auch in Bezug auf die Gesamtumweltbelastung des Schweizer Konsums spielen die ausländischen Lieferketten eine wesentliche Rolle. In einem ersten Schritt

<sup>44</sup> [www.blv.admin.ch/blv/de/home/das-blv/strategien/schweizer-ernaehrungsstrategie.html](http://www.blv.admin.ch/blv/de/home/das-blv/strategien/schweizer-ernaehrungsstrategie.html) (Zugriff 22.9.2017)

kann die Bundesverwaltung der Schweizer Wirtschaft branchenspezifische Informationen über die wichtigsten **Hotspots in deren Lieferketten** aufarbeiten und zur Verfügung stellen. Unternehmen können sich an diesen Informationen orientieren und den Umwelt-Fussabdruck ihrer Lieferketten gezielt senken. In einem zweiten Schritt sollten die Unternehmen in ihrem eigenen Interesse – da eine Steigerung der Umwelteffizienz mit einer Kostensparnis einhergehen kann wie Fallbeispiele von Reffnet.ch zeigen – diese Informationsgrundlagen weiterentwickeln und nutzen.

*Fazit: Kurs nehmen in Richtung «Safe Operating Space»*

Die Schweiz ist noch nicht auf Kurs Richtung **«Safe Operating Space»**, das heisst einer Konsum- und Produktionsweise, die mit den Belastbarkeitsgrenzen des Planeten vereinbar ist. Dies wird ersichtlich aus der Gegenüberstellung von Fussabdrücken, Belastbarkeitsgrenzen des Planeten und Abschätzungen angestossener und möglicher Entwicklungen in wichtigen Konsumbereichen. Punktuelle Verbesserungen reichen nicht aus, um die Umwelt-Fussabdrücke auf ein entsprechendes Mass zu reduzieren. Eine umfassende Herangehensweise ist notwendig, die in den Bereichen Ernährung, Wohnen und Mobilität sowohl das Konsumverhalten als auch die Umwelteffizienz in Produktion und Lieferketten berücksichtigt. Aufgrund des hohen und steigenden Auslandsanteils müssen die Hotspots entlang der gesamten Wertschöpfungskette ins Auge gefasst werden.

Angesprochen sind sowohl Wirtschaft, Zivilgesellschaft (bzw. jeder Einzelne) als auch der Staat. Alle diese Akteure haben bereits eine breite Palette von sinnvollen Massnahmen eingeleitet. Ein Beispiel sind freiwillige Standards im Bereich Rohstoffe (Kakao, Soja, Palmöl, Biomaterial, Holz, Fisch und Torf) oder im Gebäudebereich (Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz SNBS und Minergie-Eco und SURE für Infrastrukturen). Es ist ihre gemeinsame Verantwortung, dieses Engagement zu verstärken, so dass

- die Entwicklung innovativer, schnell skalierbarer Nischentechnologien gefördert und deren Markteinstieg unterstützt wird;
- freiwillige Standards für besonders umweltrelevante Produkte hohe qualitative Ansprüche erfüllen;

- ressourceneffiziente Produktionsweisen sich auch im grossen Massstab durchsetzen;
- Investitionsentscheide in private und öffentliche Infrastrukturen (z. B. Gebäudepark, Verkehrsinfrastrukturen) auf eine dekarbonisierte und auf Kreisläufe ausgerichtete Wirtschaftsweise ausgerichtet sind.

Notwendig sind deshalb ein klarer Zielrahmen und eine konsequente Messung der Fortschritte. Die vorliegenden Fussabdruck-Indikatoren ergänzen das bestehende, auf das Inland ausgerichtete Monitoring-System um eine entscheidende Perspektive. Sie sollten deshalb vermehrt als Referenzrahmen für politische und unternehmerische Weichenstellungen genutzt werden (vgl. u. a. Potting et al. 2017). Die Sustainable Development Goals (Agenda 2030 der Vereinten Nationen) als eine wichtige und wertvolle Ausgangslage sollten soweit konkretisiert werden, dass sie für das Monitoring der Entwicklung der Schweiz in Richtung einer ressourcenschonenden und zukunftsfähigen Wirtschaftsweise eingesetzt werden können.

## 7.2.2 Weiterentwicklung von Methoden, Daten und Software-Tools

*Biodiversitäts- und Wasserfussabdruck: UNEP-SETAC-Empfehlungen erstmals umgesetzt*

Im Rahmen der vorliegenden Studien wurden die UNEP-SETAC-Empfehlungen (Frischknecht & Jolliet 2017) für die Charakterisierung von Biodiversitätsauswirkungen des Landverbrauchs und der verbrauchenden Nutzung von Frischwasser in Ökobilanzen erstmals für nationale Fussabdruck-Indikatoren verwendet. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass Auswirkungen auf Biodiversität und Wasserknappheiten stark von regionalen Gegebenheiten abhängen. Die Umsetzung hat sich bewährt, unter anderem dank einer Regionalisierung der Daten (vgl. unten).<sup>45</sup>

*Fussabdruck-Indikatoren in internationalen Fortschritts-Monitorings verankern*

Die globalisierten Wertschöpfungsketten und die weltweit gemeinsamen Herausforderungen die sich aus dem Druck auf die Belastbarkeitsgrenzen des Planeten erge-

<sup>45</sup> Methodik und Datengrundlagen sind in Frischknecht et al. (Frischknecht 2016a) beschrieben. Das Arbeitspapier ist beim BAFU und bei treeze auf Anfrage erhältlich. Für weitere Informationen vgl. [www.lifecycleinitiative.org/applying-lca/lcia-cf/](http://www.lifecycleinitiative.org/applying-lca/lcia-cf/), Zugriff am 15.03.2018

ben, erfordern es, dass Fussabdruck-Indikatoren nicht nur national, sondern vermehrt auch auf internationaler Ebene (Agenda 2030 der Vereinten Nationen, OECD, Europäische Umweltagentur EEA) eingesetzt werden (vgl. z. B. Potting et al. 2017). In diese Richtung geht z. B. das globale Assessment Bluedot<sup>46</sup> sowie die Anstrengungen der EEA, die europäische Vision «Gut leben innerhalb der Belastbarkeitsgrenzen des Planeten» mittels Fussabdruck-Indikatoren messbar zu machen (Europäische Kommission 2014).

#### *Datenbasis: TRAIL-Methode bewährt sich*

Die vorliegende Studie quantifiziert die Zeitreihe des Umwelt-Fussabdrucks der Schweiz in vereinfachter Weise durch Addieren der inländischen Umweltbelastung und der Umweltbelastung des Nettowarenhandels. Dieser pragmatische Ansatz ist für die Zielsetzung angemessen und zweckmässig. Wir empfehlen deshalb, diesen methodischen Ansatz auch in zukünftigen Aktualisierungen beizubehalten.<sup>47</sup>

*Eine weitergehende zeitliche und räumliche Differenzierung erhöht den Erhebungs- und Modellierungsaufwand*  
Erstmalig wurden die Sachbilanzdaten zur Quantifizierung der Umweltbelastung der Importe regionalisiert und mit regional differenzierenden Umweltindikatoren verknüpft. Die Sachbilanzdaten wurden zudem punktuell auch zeitlich differenziert. Damit konnte die Aussagekraft, insbesondere des Biodiversitäts- und des Wasser-Fussabdrucks, aber auch der Gesamtumweltbelastung verbessert werden.

Eine weitergehende räumliche Differenzierung sollte die Produktionsbedingungen von wichtigen Handelspartnern der Schweiz wie China und anderen asiatischen Ländern abdecken. Neben dieser räumlichen wird auch eine zeitliche Differenzierung benötigt. Beides zusammen erhöht den Datenerhebungs- und Modellierungsaufwand deutlich. Eine kombinierte Differenzierung würde eine realitätsnähere Modellierung der Zeitreihe der handelsbedingten Umweltbelastung ermöglichen. Hier könnten umwelterweiterte, multiregionale Input-Output-Tabel-

len ihre Vorteile ausspielen. Allerdings ist die Liste der berücksichtigten Umweltindikatoren noch begrenzt und teilweise nicht kompatibel mit den Ökobilanzbewertungsmethoden.

#### *Bedarf an Sachbilanzdaten*

Angesicht der Tatsache, dass die Umwelt-Fussabdrücke des Schweizer Konsums die aus den Belastbarkeitsgrenzen des Planeten ableitbaren Schwellenwerte mehrheitlich deutlich überschreiten, empfehlen wir in einem ersten Schritt das Erarbeiten von aktuellen, länderspezifischen Sachbilanzdaten zu bedeutenden Rohstoffen (landwirtschaftliche Produkte, Erze). Historische Sachbilanzen sind dagegen zwar wünschbar, aber aus heutiger Sicht nicht vordringlich.

Wir empfehlen auch das Aktualisieren und Erheben von Daten zur Herstellung von elektronischen Geräten und Komponenten. Die rasante technische Entwicklung in diesem Bereich führt dazu, dass die heute verfügbaren Daten veraltet sind.

Bei den Daten zu landwirtschaftlichen Produkten braucht es einerseits individuelle Analysen einzelner Konsumgüter wie Kakao und andererseits eine Differenzierung nach Anbauweise. Damit lässt sich das Optimierungspotenzial erkennen und in der Zeitreihenstudie auch besser sichtbar machen. Allerdings sind zusätzliche Informationen über den Anteil (und dessen zeitlichen Verlauf) der verschiedenen Anbauweisen erforderlich. Neben ausgewählten Nahrungsmitteln (wie Kaffee, Kakao, Soja) sollte insbesondere auch die Baumwolle im Fokus stehen.

#### *Zusätzliche Indikatoren zu Human- und Ökotoxizität*

In der vorliegenden Studie wurden mehrere thematische Fussabdrücke adressiert. Die Bereiche Humantoxizität und Ökotoxizität werden damit jedoch nicht beziehungsweise nur über die Gesamtumweltbelastungsindikatoren abgedeckt. In einem internationalen Projekt zur Harmonisierung von Umweltindikatoren nimmt sich derzeit eine der fünf thematischen Task Forces den Themen Human- und Ökotoxizität an. Es ist deshalb zu erwarten, dass in rund einem Jahr Konsensindikatoren empfohlen und auch für Zeitreihenstudien zur Verfügung stehen werden. Wir empfehlen, bei Vorliegen dieser Indikatoren deren Eignung für die Zeitreihenstudie zu prüfen.

<sup>46</sup> [www.bluedot.world](http://www.bluedot.world), Zugriff am 18.10.2017

<sup>47</sup> In einem separaten Arbeitspapier werden die Ergebnisse der vorliegenden Studie mit Ergebnissen basierend auf umwelterweiterten, multiregionalen Input-Output-Tabellen verglichen.

---

*Faktor Mensch ist limitierend*

Bei der Zeitreihenstudie ist in erster Linie der Faktor Mensch limitierend. Die für jedes Jahr erarbeiteten Modelle der Schweizer Emissionen und des Schweizer Aussenhandels bedürfen informierter Entscheide bezüglich Vereinfachungen und Annahmen, geeigneter Sachbilanzdaten und einer umfangreichen Prüfung auf mathematische Korrektheit und Plausibilität. Diese Aufgaben lassen sich nicht an Maschinen delegieren. Einer Verfeinerung und Detaillierung bezüglich Raum und Zeit sind deshalb Grenzen gesetzt.

---

# Literatur

Ang B. W. (2004): Decomposition analysis for policy making in energy: which is the preferred method? *In: Energy Policy*, **32**, pp. 1131 – 1139.

Ang B. W. (2005): The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide. *In: Energy Policy*, **33**, pp. 867 – 871.

ARE (2016): Perspektiven des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs bis 2040: Hauptbericht. (engl.: Transport Outlook 2040) Federal Office for Spatial Development ARE, Bern.

AUE (2017): Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein (RÜS). Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt, retrieved from: [www.aue.bs.ch/rheinberichte](http://www.aue.bs.ch/rheinberichte)

BAFU (2010): Stickstoffflüsse in der Schweiz. Stoffflussanalyse für das Jahr 2005. Bundesamt für Umwelt, retrieved from: [www.bafu.admin.ch/uw-1018-d](http://www.bafu.admin.ch/uw-1018-d)

BAFU (2012): Swiss Greenhouse Gas Inventory 1990–2010: National Inventory Report and CRF tables 2012. Resubmission to the United Nations Framework Convention on Climate Change. File CHE-2012-2010-v2.1.xls, April 2012. Bundesamt für Umwelt, Bern, retrieved from: [www.bafu.admin.ch/climatereporting/00545/11894/index.html?lang=en](http://www.bafu.admin.ch/climatereporting/00545/11894/index.html?lang=en)

BAFU (2016a): Grüne Wirtschaft: Massnahmen des Bundes für eine ressourcenschonende, zukunftsfähige Schweiz; Bericht an den Bundesrat. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.

BAFU (2016b): Behandlung von Sonderabfällen. Bundesamt für Umwelt, Bern, retrieved from: [www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/zustand/daten/Abfallstatistiken\\_2015.html](http://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/zustand/daten/Abfallstatistiken_2015.html)

BAFU (2016c): Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2014: National Inventory Report 2016. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, retrieved from: [www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch) > Topics > Topic Climate

BAFU, EAWAG and WSL (2016): Nationale Daueruntersuchung Fließgewässer (NADUF), retrieved from: [www.eawag.ch/de/abteilung/wut/schwerpunkte/chemie-wasserressourcen/naduf/](http://www.eawag.ch/de/abteilung/wut/schwerpunkte/chemie-wasserressourcen/naduf/)

BAFU and BLW (2016): Umweltziele Landwirtschaft. Statusbericht 2016. Umwelt-Wissen Nr. 1633. Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Bern, retrieved from: [www.bafu.admin.ch/uw-1633-d](http://www.bafu.admin.ch/uw-1633-d)

BAFU (2017a): Entwicklung der Emissionen von Treibhausgasen seit 1990, retrieved from: [www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/daten-indikatoren-karten/daten/treibhausgasinventar.html](http://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/daten-indikatoren-karten/daten/treibhausgasinventar.html)

BAFU (2017b): Switzerland's Informative Inventory Report 2017 (IIR) – Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. INF-RAS consulting group, Zurich & Federal Office for the Environment FOEN, Air Pollution Control and Chemicals Division, Berne, retrieved from: [www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/emissionsinformationssystem-der-schweiz-emis.html#-1067282357](http://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/emissionsinformationssystem-der-schweiz-emis.html#-1067282357).

Benini L., Mancini L., Sala S., Manfredi S., Schau E. M. and Pant R. (2014): Normalisation method and data for Environmental Footprints. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Ispra (VA), IT, retrieved from: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/normalisation-method-and-data-environmental-footprints>.

BFE (2012): Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2011. Bundesamt für Energie (BFE), Bern, retrieved from: [www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00631/index.html?lang=de&dossier\\_id=00763](http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00631/index.html?lang=de&dossier_id=00763).

BFE (2016a): Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2015. Bundesamt für Energie BFE, Bern, CH, retrieved from: [www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_448053209.pdf&endung=Schweizerische%20Elektrizit%E4tsstatistik%202015](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_448053209.pdf&endung=Schweizerische%20Elektrizit%E4tsstatistik%202015)

BFE (2016b): Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2015. Bundesamt für Energie (BFE), Bern, retrieved from: [www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00631/index.html?lang=de&dossier\\_id=05071](http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00631/index.html?lang=de&dossier_id=05071)

BFE (2016c): Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien 2015. Bundesamt für Energie, Bern, retrieved from: [www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00543/?dossier\\_id=00772&lang=de](http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00543/?dossier_id=00772&lang=de)

BFS (2013): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung – Bruttoinlandprodukt nach Verwendungsarten. Bundesamt für Statistik, Bern, Schweiz, retrieved from: [www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/04/02/01/key/bip\\_nach\\_verwendungsarten.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/04/02/01/key/bip_nach_verwendungsarten.html)

BFS (2015a): Der Material-Fussabdruck der Schweiz. In: *BFS Aktuell* (ed. BFS), retrieved from: [www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/umweltgesamtrechnung/materialfluesse.assetdetail.350078.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/umweltgesamtrechnung/materialfluesse.assetdetail.350078.html)

BFS (2015b): Durchschnittliche Wohnfläche pro Bewohner in den bewohnten Wohnungen<sup>1</sup>) nach Altersklassen der Haushaltsmitglieder und nach Kanton. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel, retrieved from: [www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/1643572/master](http://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/1643572/master)

BFS (2016): Arealstatistik Standard – Kantone und Grossregionen nach 27 Klassen. Bundesamt für Statistik (BFS), retrieved from: [www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/bodennutzung-bedeckung/gesamtspektrum-regionalen-stufen/Kantone.assetdetail.1420958.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/bodennutzung-bedeckung/gesamtspektrum-regionalen-stufen/Kantone.assetdetail.1420958.html)

BFS (2017a): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung – Produktionskonto nach Branchen. Bundesamt für Statistik BFS, Neuchâtel, retrieved from: [www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/04/02/02/key/nach\\_branchen.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/04/02/02/key/nach_branchen.html)

BFS (2017b): Energieeinsatzkonten der Haushalte und der Wirtschaft. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel, retrieved from: [www.pxweb.bfs.admin.ch/Selection.aspx?px\\_language=de&px\\_db=px-x-0204000000\\_106&px\\_tableid=px-x-0204000000\\_106/px-x-0204000000\\_106.px&px\\_type=PX](http://www.pxweb.bfs.admin.ch/Selection.aspx?px_language=de&px_db=px-x-0204000000_106&px_tableid=px-x-0204000000_106/px-x-0204000000_106.px&px_type=PX)

BFS (2017c): Materialflüsse in der Schweiz in Rohstoff-äquivalenten und versteckte Flüsse durch Importe. Bundesamt für Statistik, retrieved from: [www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/ressourcen/umweltindikatorensystem/nutzung-natuerliche-ressourcen/materialverbrauch.assetdetail.2965825.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/ressourcen/umweltindikatorensystem/nutzung-natuerliche-ressourcen/materialverbrauch.assetdetail.2965825.html)

BFS (2017d): Tabellen zu den Ausgleichspositionen zwischen dem Treibhausgas- und Luftschadstoff-Inventar und den Luftemissionskonten (AEA). Bundesamt für Statistik, retrieved from: [www.bfs.admin.ch/bfs/de/home.assetdetail.3522462.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home.assetdetail.3522462.html)

BFS (2017e): Materialflusskonten – Indikatoren. Bundesamt für Statistik, retrieved from: [www.pxweb.bfs.admin.ch/Selection.aspx?px\\_language=de&px\\_db=px-x-0204000000\\_103&px\\_tableid=px-x-0204000000\\_103\px-x-0204000000\\_103.px&px\\_type=PX](http://www.pxweb.bfs.admin.ch/Selection.aspx?px_language=de&px_db=px-x-0204000000_103&px_tableid=px-x-0204000000_103\px-x-0204000000_103.px&px_type=PX)

BFS (2018): Mehr als 60% des Treibhausgas-Fussabdrucks entstehen im Ausland. In: *BFS Aktuell*. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel, Schweiz, retrieved from: [www.statistik.ch](http://www.statistik.ch)

BLW (2016): Agrarbericht 2016. Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Bern, retrieved from: [www.blw.admin.ch/dokumentation/00018/00498/index.html?lang=de](http://www.blw.admin.ch/dokumentation/00018/00498/index.html?lang=de)

- BLW (2017): Agrarbericht 2016: Verkaufte Mengen an Pflanzenschutzmitteln in Tonnen Wirkstoff pro Jahr retrieved from: [www.agrarbericht.ch/de/umwelt/wasser/einsatz-von-pflanzenschutzmitteln](http://www.agrarbericht.ch/de/umwelt/wasser/einsatz-von-pflanzenschutzmitteln)
- Boulay A. – M., Bare J., Benini L., Berger M., Lathuillière M., Manzardo A., Margni M., Motoshita M., Núñez M., Pastor A. V., Ridoutt B., Oki T., Worbe S. and Pfister S. (2017): The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on Available Water REmaining (AWARE). In: *The International Journal of Life Cycle Assessment*, pp. 1 – 11, 10.1007/s11367-017-1333-8.
- Bringezu S. (2015): Possible Target Corridor for Sustainable Use of Global Material Resources. In: *Resources*, 4(2015), pp. 25 – 54, doi:10.3390/resources4010025.
- Bundesrat S. (2012): Faktenblatt 1. Erste Massnahmen Energiestrategie 2050.
- Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft (2016): Energiegesetz, EnG, vom 30. September 2016, Bern.
- Chaudhary A., Verones F., de Baan L. and Hellweg S. (2015): Quantifying Land Use Impacts on Biodiversity: Combining Species–Area Models and Vulnerability Indicators. In: *Environmental Science & Technology*, 49(16), pp. 9987 – 9995.
- Chaudhary A., Pfister S. and Hellweg S. (2016): Spatially Explicit Analysis of Biodiversity Loss due to Global Agriculture, Pasture and Forest Land Use from a Producer and Consumer Perspective. In: *Environmental Science & Technology*, 50, pp. 3928–3936.
- Dao H., Friot D., Peduzzi P., Chatenoux B., De Bono A. et Schwarzer S. (2015): Environmental limits and Swiss footprints based on Planetary Boundaries. UNEP/GRID-Geneva & University of Geneva, commissioned by the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN), Geneva, Switzerland.
- de Haan P. and Zah R. (2013): Chancen und Risiken der Elektromobilität in der Schweiz. vdf Hochschulverlag AG, Zürich.
- ecoinvent Centre (2010): ecoinvent data v2.2, ecoinvent reports No. 1 – 25. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Duebendorf, Switzerland, retrieved from: [www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org).
- EnDK (2016): Gebäudepolitik 2050 – Ein Leitbild der EnDK zur langfristigen Entwicklung der inter-kantonalen Gebäudepolitik. Konferenz Kantonaler Energiedirektoren, EnDK, Bern.
- EnergieSchweiz für Gemeinden, Stadt Zürich and Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA (2014): Bilanzierungskonzept 2000-Watt-Gesellschaft, 3. Überarbeitete Fassung. EnergieSchweiz für Gemeinden, Stadt Zürich, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, Ettenhausen.
- Europäische Kommission (2014): Gut leben innerhalb der Belastbarkeitsgrenzen unseres Planeten. Amt für Veröffentlichungen, Brüssel.
- European Commission (2013): Commission Recommendation of 9 April 2013 on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations. Official Journal of the European Union.
- EUROSTAT (2013): EXTRA EU27 trade since 1999 by mode of transport (NSTR), retrieved from: [www.appssso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?query=BOOKMARK\\_DS-022469\\_QID\\_-53E0B381\\_UID\\_-3F171EB0&layout=PERIOD,L,X,0;REPORTER,L,Y,0;PARTNER,L,Z,0;PRODUCT,L,Z,1;FLOW,L,Z,2;TRANSPORT\\_MODE,L,Z,3;INDICATORS,L,Z,4;&rankName1=REPORTER\\_1\\_2\\_0\\_1&rStp=&cStp=&rDCh=&cDCh=&rDM=true&cDM=true&codelab=L&wai=false&time\\_mode=FIXED&lang=en](http://www.appssso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?query=BOOKMARK_DS-022469_QID_-53E0B381_UID_-3F171EB0&layout=PERIOD,L,X,0;REPORTER,L,Y,0;PARTNER,L,Z,0;PRODUCT,L,Z,1;FLOW,L,Z,2;TRANSPORT_MODE,L,Z,3;INDICATORS,L,Z,4;&rankName1=REPORTER_1_2_0_1&rStp=&cStp=&rDCh=&cDCh=&rDM=true&cDM=true&codelab=L&wai=false&time_mode=FIXED&lang=en)
- EUROSTAT (2017): EXTRA EU27 trade since 1999 by mode of transport (NSTR), retrieved from: [www.ec.europa.eu/eurostat/de/data/database](http://www.ec.europa.eu/eurostat/de/data/database)

- EZV (2017): Datenbank Swiss-Impex. Eidgenössische Zollverwaltung EZV, Bern, retrieved from: [www.swiss-impex.admin.ch](http://www.swiss-impex.admin.ch)
- FAO (2016): AQUASTAT Main Database, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), retrieved from: [www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en)
- FAOSTAT (2017): FAOSTAT Agricultural Data retrieved from: [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org)
- Fischer N. and Pfammatter M. (2013): Schweizerische Aussenhandelsstatistik: Übergang zum Ursprungslandprinzip. In: *Die Volkswirtschaft*, **3**, pp. 39 – 42.
- Flughafen Zürich AG (2016): Zahlen und Fakten 2015, Zürich.
- Frischknecht R., Althaus H. – J., Bauer C., Doka G., Heck T., Jungbluth N., Kellenberger D. and Nemecek T. (2007a): The environmental relevance of capital goods in life cycle assessments of products and services. In: *Int. J. LCA*, **12**(Special Issue 1), pp. 7 – 17, retrieved from: DOI: [dx.doi.org/10.1065/lca2007.02.309](https://doi.org/10.1065/lca2007.02.309)
- Frischknecht R., Jungbluth N., Althaus H. – J., Bauer C., Doka G., Dones R., Hellweg S., Hirschler R., Humbert S., Margni M. and Nemecek T. (2007b): Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods.ecoinvent report No. 3, v2.0. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH, retrieved from: [www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org)
- Frischknecht R. and Büsser Knöpfel S. (2013): Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit. Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz. Umwelt-Wissen Nr. 1330. Bundesamt für Umwelt, Bern, retrieved from: [www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch) > Publikationen, Medien > Publikationen
- Frischknecht R., Nathani C., Büsser Knöpfel S., Itten R., Wyss F. and Hellmüller P. (2014): Entwicklung der weltweiten Umweltauswirkungen der Schweiz; Umweltauswirkungen von Konsum und Produktion von 1996 bis 2011. treeze Ltd/Rütter Soceco AG, commissioned by the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN), Uster/Rüschlikon.
- Frischknecht R., Nathani C., Stolz P., Wyss F. and Itten R. (2015a): Extension of a Disaggregated Input-Output Table with Environmental Data for the Year 2008. treeze Ltd/Rütter Soceco AG, commissioned by the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN), Uster/Rüschlikon, Switzerland.
- Frischknecht R., Itten R. and Wyss F. (2015b): Life Cycle Assessment of Future Photovoltaic Electricity Production from Residential-scale Systems Operated in Europe. International Energy Agency, Geneva.
- Frischknecht R., Wyss F., Büsser Knöpfel S., Lützkendorf T. and Balouktsi M. (2015c): Cumulative energy demand in LCA: the energy harvested approach. In: *The International Journal of Life Cycle Assessment*, **20**(7), pp. 957 – 969, [10.1007/s11367-015-0897-4](https://doi.org/10.1007/s11367-015-0897-4), retrieved from: [www.dx.doi.org/10.1007/s11367-015-0897-4](https://www.dx.doi.org/10.1007/s11367-015-0897-4)
- Frischknecht R., Messmer A., Stolz P. and Tuchschnid M. (2016): mobitool – Grundlagenbericht. Hintergrund, Methodik & Emissionsfaktoren. Schweizerische Bundesbahnen SBB, Bundesamt für Energie BFE, Swisscom, Öbu, Bern, retrieved from: [www.mobitool.ch/typo\\_static/fileadmin/tools/mobitool-Hintergrundbericht.pdf](http://www.mobitool.ch/typo_static/fileadmin/tools/mobitool-Hintergrundbericht.pdf)
- Frischknecht R. (2016a): Modelling national footprints Improvement potentials in quantifying biodiversity losses due to land use and applying regionally differentiated data. treeze, Uster.
- Frischknecht R. (2016b): Comparison and expert statement on the ecological footprint 2011 of Switzerland. treeze, Uster.
- Frischknecht R. and Jolliet O. (ed.) (2017): Global Guidance on Environmental Life Cycle Impact Assessment Indicators, Volume 1. United Nations Environment Programme, UNEP, Paris.



Frischknecht R., Nathani C., Alig M., Stolz P., Tschümperlin L. and Hellmüller P. (2018): Umweltfussabdrücke des Schweizer Konsums; Technischer Bericht. treeze Ltd/ Rütter Soceco AG, commissioned by the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN), Uster/Rüschlikon.

Global Footprint Network (2017): National Footprint Accounts 2017 Edition: Switzerland. Global Footprint Network, Oakland, retrieved from: [www.footprintnetwork.org/2017/01/10/switzerland/](http://www.footprintnetwork.org/2017/01/10/switzerland/)

Goedkoop M., Heijungs R., Huijbregts M. A. J., De Schryver A., Struijs J. and van Zelm R. (2009): ReCiPe 2008 – A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition. Report I: Characterisation, NL, retrieved from: [lcia-recipe.net](http://lcia-recipe.net)

Heeren N. (2017): Modelling Environmental Impacts of Buildings – Energy, Material, and Dynamics. ETH Zurich, Zurich.

Hügi M., Gerber P., Hauser A., Laube A., Quartier R., Schenk K. and Wysser M. (2008): Abfallwirtschaftsbericht 2008. Zahlen und Entwicklungen der schweizerischen Abfallwirtschaft 2005–2007. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, Schweiz.

IEA (2012): Energy Technology Perspectives 2012. International Energy Agency, Paris, France, retrieved from: [www.iea.org/etp](http://www.iea.org/etp)

IEA (2016): Electricity Information 2016 Edition – Database Documentation, retrieved from: [www.stats.oecd.org/OECDStat\\_Metadata/ShowMetadata.ashx?Dataset=ELE\\_HEAT\\_GEN&ShowOnWeb=true&Lang=en](http://www.stats.oecd.org/OECDStat_Metadata/ShowMetadata.ashx?Dataset=ELE_HEAT_GEN&ShowOnWeb=true&Lang=en)

Intraplan consult GmbH (2015): Entwicklung des Luftverkehrs in der Schweiz bis 2030. Nachfrageprognose, München.

IPCC (2007): The IPCC fourth Assessment Report – Technical Summary. Cambridge University Press., Cambridge.

Iten R., Wunderlich A., Sigrist D., Jakob M., Catenazzi G. and Reiter U. (2017): Auswirkungen eines subsidiären Verbots fossiler Heizungen. Grundlagenbericht für die Klimapolitik nach 2020. INFRAS und TEP Energy, Zürich.

Jakob M., Catenazzi G., Forster R., Egli T., Kaiser T., Looser R., Melliger M., Nägeli C., Reiter U., Soini M. and Sunarjo B. (2016): Erweiterung des Gebäudeparkmodells gemäss SIA-Effizienzpfad Energie. TEP Energy und Lemon Consult, Zürich.

Jungbluth N., Nathani C., Stucki M. and Leuenberger M. (2011): Environmental impacts of Swiss consumption and production: a combination of input-output analysis with life cycle assessment. Environmental studies no. 1111. ESU-services Ltd. & Rütter + Partner, commissioned by the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN), Bern, CH, retrieved from: [www.esu-services.ch/projects/iaa/or](http://www.esu-services.ch/projects/iaa/or)  
[www.umwelt-schweiz.ch](http://www.umwelt-schweiz.ch)

Jungbluth N., Eggenberger S. and Keller R. (2015): Ökoprofil von Ernährungsstilen. Projektbericht. ESU-services GmbH, Zürich.

KBOB, eco-bau and IPB (2016): KBOB Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2016; Grundlage für die KBOB-Empfehlung 2009/1:2016: Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand 2016. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, retrieved from: [www.lc-inventories.ch](http://www.lc-inventories.ch)

Keller A., Rossier N. and Desaulles A. (2005): Schwermetallbilanzen von Landwirtschaftsparzellen der Nationalen Bodenbeobachtung (Anhang). 54. Agroscope FAL Reckenholz, retrieved from: [www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/stobobio/boden/nabo/anhang\\_128\\_sr54.pdf](http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/stobobio/boden/nabo/anhang_128_sr54.pdf)

Messmer A. and Frischknecht R. (2016): Umweltbilanz Strommix Schweiz 2014. treeze Ltd., Uster.

- Müller F., Kosmol J., Keßler H., Angrick M. and Rechenberg B. (2017): Dematerialization—A Disputable Strategy for Resource Conservation Put under Scrutiny. *In: Resources*, **6**(4), pp., doi:10.3390/resources6040068.
- NAGRA (2016): Technischer Bericht 16-01: Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen. Nationale Gesellschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, nagra, Wettingen, retrieved from: www.nagra.ch
- Nathani C., Schmid C. and van Nieuwkoop R. (2011): Schätzung einer Input-Output-Tabelle der Schweiz 2008. Bundesamt für Statistik BFS, Neuchâtel CH.
- Nemecek T., Bengoa X., Lansche J., Mouron P., Riederer E., Rossi V. and Humbert S. (2015): Methodological Guidelines for the Life Cycle Inventory of Agricultural Products. Quantis and Agroscope, Lausanne and Zurich, Switzerland.
- OECD (2003): Environmental Performance Reviews: Water; Performance and Challenges in OECD Countries. Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD, Paris.
- OSPAR Commission (2003): Nutrients in the Convention area: Inputs of Nutrients into the Convention area. Implementation of PARCOM Recommendation 88/2 and 89/. *In: Eutrophication and Nutrients Series*.
- OSPAR Commission (2006): Nutrients in the Convention Area: Assessment of Implementation of PARCOM Recommendations 88/2, 89/4 and 92/7.
- OSPAR Commission (2008): Nutrients in the Convention area – Assessment of Implementation of PARCOM Recommendations 88/2 and 89/4.
- Pfister S., Bayer P., Koehler A. and Hellweg S. (2011): Environmental Impacts of Water Use in Global Crop Production: Hotspots and Trade-Offs with Land Use. *In: Environmental Science & Technology*, **45**, pp. 5761 – 5768, 10.1021/es1041755.
- Potting J., Nierhoff N., Montevecchi F., Antikainen R., Colgan S., Hauser A., Günther J., Wuttke J., Jørgensen Kjær B. and Hanemaaijer A. (2017): Input to the European Commission from European EPAs about monitoring progress of the transition towards a circular economy in the European Union. European Network of the Heads of Environment Protection Agencies (EPA Network) – Interest group on Green and Circular Economy, Austria, Cyprus, Denmark, Ireland, Finland, Belgium, Germany, Latvia, the Netherlands, Portugal, Slovakia, Switzerland.
- Prognos (2012): Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050; Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000 – 2050. Bundesamt für Energie, BFE, Bern.
- Rockström J., Steffen W., Noone K., Persson Å., Chapin F. S., Lambin E. F., Lenton T. M., Scheffer M., Folke C., Schellnhuber H. J., Nykvist B., Wit C. A. d., Hughes T., Leeuw S. v. d., Rodhe H., Sörlin S., Snyder P. K., Costanza R., Svedin U., Falkenmark M., Karlberg L., Corell R. W., Fabry V. J., Hansen J., Walker B., Liverman D., Richardson K., Crutzen P. and Foley J. A. (2009): A safe operating space for humanity. *In: Nature*, **462**(24. September 2009), pp. 472 – 475.
- Schoer K., Giegrich J., Kovanda J., Lauwigi C., Liebich A., Buyny S. and Matthias J. (2012): Conversion of European product flows into raw material equivalents. ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg, Heidelberg, DE.
- Schweizerische Eidgenossenschaft (2018): Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (Stand am 1. Januar 2018). 101. Schweizerischer Bundesrat, Bern.
- Schweizerischer Bundesrat (2009): Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes, Bern.
- Schweizerischer Bundesrat (2016a): Strategie Nachhaltige Entwicklung 2016 – 2019. Bundesamt für Raumentwicklung ARE, Bern.
- Schweizerischer Bundesrat (2016b): Bericht 2016 über die Luftfahrtspolitik der Schweiz (Lupo 2016), Bern.

---

SNB (2017): Zahlungsbilanz der Schweiz. Schweizerische Nationalbank SNB, Zürich, retrieved from: <https://data.snb.ch/de/topics/aube#!/cube/bopovera>

Steffen W., Richardson K., Rockström J., Cornell S. E., Fetzer I., Bennett E. M., Biggs R., Carpenter S. R., de Vries W., de Wit C. A., Folke C., Gerten D., Heinke J., Mace G. M., Persson L. M., Ramanathan V., Reyers B. and Sörlin S. (2015): Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *In: Science*, **347**(6223), pp. 736 – 747.

Stolz P., Messmer A., Frischknecht R. and Tuchschnid M. (2016): mobitool-Faktoren v2.0: Umweltdaten und Emissionsfaktoren von mobitool (ed. treeze Ltd.). Schweizerische Bundesbahnen SBB, Bundesamt für Energie BFE, Bundesamt für Umwelt BAFU, Swisscom, Öbu, Bern, retrieved from: [www.mobitool.ch/admin/data/files/marginal\\_download/file\\_de/30/mobitool-faktoren-v2.0.xlsm?lm=1479747288](http://www.mobitool.ch/admin/data/files/marginal_download/file_de/30/mobitool-faktoren-v2.0.xlsm?lm=1479747288)

Stricks V., Hinterberger F. and Moussa J. (2016): Developing targets for global material use, working paper. Sustainable Europe Research Institute (SERI), Vienna.

swissgrid (2016): Cockpit Stromkennzeichnung Schweiz, Stand Mai 2016. Swissgrid AG, Zürich.

treeze Ltd. (2017): Life cycle inventory database: datasets compliant with ecoinvent protocol v2 and provided in EcoSpold v1 data format. treeze Ltd., Uster, CH, retrieved from: [www.treeze.ch](http://www.treeze.ch).

Tukker A., Bulavskaya T., Giljum S., de Koning A., Lutter S., Simas M., Stadler K. and Wood R. (2014): The Global Resource Footprint of Nations; Carbon, water, land and materials embodied in trade and final consumption calculated with EXIOBASE 2.1. CML, TNO, WU, NTNU, Leiden/Delft/Vienna/Trondheim.

United Nations (2015): Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015: Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations General Assembly, New York, USA.

Wiebe K. S. and Yamano N. (2016): Estimating CO<sub>2</sub> Emissions Embodied in Final Demand and Trade Using the OECD ICIO 2015: Methodology and Results.

Wyss F. and Frischknecht R. (2013): Life Cycle Assessment of Electricity Mixes according to the Energy Strategy 2050. Fachstelle nachhaltiges Bauen, Amt für Hochbauten, Stadt Zürich, Zürich.