

## **Studie: Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz Monetarisierung von Umwelt-, Unfall- und Gesundheitseffekten**

Der Verkehr verursacht volkswirtschaftliche Kosten, die nicht durch die Verkehrsteilnehmenden selbst gedeckt, sondern von der Allgemeinheit getragen werden. Diese Kosten beliefen sich in der Schweiz im Jahr 2010 auf 9,4 Milliarden Franken, wie die aktuellste Studie im Auftrag des Bundesamts für Raumentwicklung ARE ergab. Mit 7,7 Milliarden Franken fällt v.a. der Strassenverkehr mit hohen Umwelt- und Gesundheitskosten ins Gewicht (Luftverschmutzung, CO<sub>2</sub>-Ausstoss, Unfälle, Lärm). Erstmals wurden neben dem Strassen- und Schienenverkehr auch die externen Kosten des Luft-, Schiffs-, Velo- und Fussverkehrs erhoben. Dabei zeigte sich beim Fuss- und Veloverkehr eine positive Gesamtbilanz: 900 Millionen Franken externen Kosten (v.a. Unfallfolgekosten) stehen 1,3 Milliarden Franken Nutzen gegenüber (v.a. durch die geringere Belastung des Gesundheitssystems). Auch der Berner Verkehrstag 2014 wird sich mit den Kosten der Mobilität beschäftigen. Diskutiert werden Fragen zur Nutzerfinanzierung im ÖV und MIV: Wie viel ist uns unsere Mobilität wert? Ist Mobility Pricing eine realistische Option in der Schweiz? Was lehren uns die Erfahrungen aus dem Ausland? (Sprachen: de, fr, en)

### Weitere Informationen:

ARE: Kosten des Verkehrs [www.are.admin.ch/themen/verkehr/00252/00472/index.html?lang=de](http://www.are.admin.ch/themen/verkehr/00252/00472/index.html?lang=de)

Berner Verkehrstag am 22. August 2014 in Bern:

[www.bernerverkehrstag.ch](http://www.bernerverkehrstag.ch)

Mobilservice NEWS Dossier „Externe Effekte: Wie viel Verkehr wirklich kostet“ (Februar 2013):

[www.mobilservice.ch/mobilservice/akten/mobilitaet/news-datenbank.html?&fa\\_view\\_generalfolder\\_module\\_2065](http://www.mobilservice.ch/mobilservice/akten/mobilitaet/news-datenbank.html?&fa_view_generalfolder_module_2065)

## **Étude: coûts externes des transports en Suisse Impacts sur l'environnement, les accidents et la santé monétarisés**

Les transports engendrent des coûts économiques qui ne sont pas couverts par les usagers des transports eux-mêmes, mais par la collectivité. En 2010, ces coûts se sont élevés à 9,4 milliards de francs en Suisse, comme l'a révélé une étude toute récente menée sur mandat de l'Office fédéral du développement territorial. Avec 7,7 milliards de francs, le trafic routier pèse lourd dans la balance, avec d'importants coûts environnementaux et de santé (pollution de l'air, émissions de CO<sub>2</sub>, accidents, bruit). Pour la première fois, en plus du transport routier et ferroviaire, les coûts externes du trafic aérien, fluvial, cycliste et piétonnier ont été relevés. La mobilité douce présente un bilan positif: 900 millions de francs de coûts externes (avant tout liés aux accidents) contre 1,3 milliards de bénéfices (grâce aux avantages globaux en termes de santé publique). La journée bernoise des transports 2014 se penchera elle aussi sur les coûts de la mobilité. Les questions du financement des TP et du TIM par les usagers seront discutées: Quelle valeur donnons-nous à notre mobilité? Le Mobility Pricing est-il une alternative réaliste pour la Suisse? Qu'apprenons-nous des expériences menées à l'étranger? (Langues: de, fr, en)

### Pour plus d'informations:

ARE: Coûts des transports [www.are.admin.ch/themen/verkehr/00252/00472/index.html?lang=fr](http://www.are.admin.ch/themen/verkehr/00252/00472/index.html?lang=fr)

Journée bernoise des transports, le 22 août 2014 à Berne:

[www.bernerverkehrstag.ch](http://www.bernerverkehrstag.ch)

Dossier ACTUALITÉ de Mobilservice «Effets externes: ce que le trafic coûte réellement» (fév. 2013):

[www.mobilservice.ch/mobilservice/dossiers/mobilitte/tous-dossiers-mobilites.html?&fa\\_view\\_generalfolder\\_module\\_2065](http://www.mobilservice.ch/mobilservice/dossiers/mobilitte/tous-dossiers-mobilites.html?&fa_view_generalfolder_module_2065)

31.07.2014



## Die Bundesbehörden der Schweizerischen Eidgenossenschaft

### Die externen Verkehrskosten betragen rund neun Milliarden Franken pro Jahr

**Ittigen, 30.06.2014 - Die Umwelt-, Gesundheits- und Unfallfolgekosten des Schweizer Verkehrssystems betragen im Jahr 2010 9,4 Milliarden Franken. Dies ergab eine Studie, die im Auftrag des Bundesamts für Raumentwicklung ARE erstellt wurde. Erstmals wurden neben den externen Kosten des Strassen- und Schienenverkehrs auch diejenigen des Luft-, Schiffs-, Velo- und Fussverkehrs erhoben.**

Der Verkehr verursacht volkswirtschaftliche Kosten, die nicht durch die Verkehrsteilnehmer selbst gedeckt, sondern von der Allgemeinheit getragen werden. Ins Gewicht fallen vor allem Umwelt- und Gesundheitskosten (Luftverschmutzung, CO<sub>2</sub>-Ausstoss, Unfälle, Lärm). Der Bund ist gesetzlich verpflichtet, die externen Kosten periodisch nach neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen zu erheben.

Nach einer vom Bundesamt für Raumentwicklung ARE bei den Beratungsbüros Ecoplan und Infrac in Auftrag gegebenen Studie belaufen sich die externen Kosten des gesamten Verkehrs 2010 auf 9,4 Milliarden Franken. Dabei dominiert der Strassenverkehr. Er verursachte externe Kosten von 7,7 Milliarden Franken, während auf den Schienenverkehr 730 und auf die Luftfahrt 920 Millionen entfielen. Der grosse Unterschied erklärt sich einerseits durch den hohen Anteil der Strasse am gesamten Verkehrsvolumen: 68 Prozent der gefahrenen Personenkilometer (Personenverkehr) und 57 Prozent der Tonnenkilometer (Güterverkehr) werden auf der Strasse abgewickelt. Andererseits verursacht der Strassenverkehr mehr Schadstoffe und birgt ein höheres Unfallrisiko. Dank der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA) deckt der schwere Güterverkehr auf der Strasse seine Kosten zu einem hohen Teil selber.

Erstmals wurden die externen Kosten auch für weitere Verkehrsmittel erhoben. So fallen 900 Millionen Franken auf den Langsamverkehr (Velo- und Fussverkehr). Hier überwiegen die Unfallkosten. Dem stehen hohe externe Nutzen von 1,3 Milliarden Franken gegenüber (regelmässige Velofahrende und Fussgänger sind durchschnittlich gesünder, was unter anderem zu einer geringeren Belastung des Gesundheitssystems führt). Ebenfalls rund 900 Millionen Franken externe Kosten weist der Luftverkehr aus, davon sind zwei Drittel auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoss zurückzuführen. Dem Schiffsverkehr sind rund 60 Millionen Franken externe Kosten anzurechnen. Mit dem Schiff werden landesweit allerdings auch nur eine relativ geringe Anzahl an Personen und Gütern transportiert.

Die Entwicklung der externen Kosten im Strassenverkehr wird seit 2005 regelmässig erhoben und zeigt keinen eindeutigen Trend. Einerseits haben sich einige methodische Anpassungen, zum Beispiel auf Grund neuer Erkenntnisse über die Gesundheitswirkungen von Luftschadstoffen, kostensenkend ausgewirkt. Andererseits hat beispielsweise eine steigende Zahl von durch Verkehr belasteten Wohnungen zu Kostensteigerungen geführt. Im Schienenverkehr sind die externen Kosten um 60 Prozent höher als 2005, insbesondere wegen der Überarbeitung der Methode im Lärmbereich.

Das Bundesamt für Statistik (BFS) wird im Rahmen der Publikation «Kosten und Finanzierung des Verkehrs» (ehem. «Transportrechnung») einen Gesamtüberblick über alle Kosten des Verkehrs (die externen Kosten sind ein Teil davon) und deren Finanzierung publizieren.

---

#### Zusätzliche Verweise:

[Studie](#) <sup>(1)</sup>

[ARE: Kosten und Nutzen des Verkehrs](#) <sup>(2)</sup>

---

#### Adresse für Rückfragen:

Ueli Balmer, stellvertretender Sektionschef Verkehrspolitik,  
Bundesamt für Raumentwicklung ARE,  
Tel. 079 943 25 41

---

#### Herausgeber:

Bundesamt für Raumentwicklung  
Internet: <http://www.are.admin.ch> <sup>(3)</sup>

Bundesamt für Umwelt BAFU  
Internet: <http://www.bafu.admin.ch> <sup>(4)</sup>



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Bundesamt für Raumentwicklung ARE**  
**Office fédéral du développement territorial ARE**  
**Ufficio federale dello sviluppo territoriale ARE**  
**Uffizi federal da svilup dal territori ARE**

b a s e s

## **Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs in der Schweiz**

Strassen-, Schienen-, Luft- und Schiffs-  
verkehr 2010 und Entwicklungen seit  
2005

**Impressum****Herausgeber**

Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)  
Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)

**Autorin**

Christina Hürzeler ARE

**Grundlage**

Ecoplan/Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010. Monetarisierung von Umwelt-, Unfall- und Gesundheitseffekten. Bern, Zürich, Altdorf, im Auftrag des ARE .

**Grafiken**

SIRKOM GmbH, 3184 Wünnewil

**Produktion**

Rudolf Menzi, Stabstelle Kommunikation ARE

**Zitierweise**

Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2014), Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs in der Schweiz. Strassen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehr 2010 und Entwicklungen seit 2005

**Bezugsquelle**

Elektronische Version unter [www.are.admin.ch](http://www.are.admin.ch). Auch in Französisch, Italienisch und Englisch (September 2014) erhältlich.

06.2014

## **Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs in der Schweiz**

Strassen-, Schienen-, Luft- und Schiffs-  
verkehr 2010 und Entwicklungen seit  
2005

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
1. Einleitung	4
1.1 Warum diese Berechnungen?	4
1.2 Was sind «externe Kosten und Nutzen des Verkehrs»?	4
1.3 Wo liegt das Problem?	4
2. Methodik	5
2.1 Überarbeitung Methodik und Berechnung der Daten 2010	5
2.2 Die drei Sichtweisen	5
2.3 Abgrenzungen	6
2.4 Grundsätze der Berechnungen	8
2.5 Internalisierungsbeiträge	9
3. Übersicht über die Resultate 2010 aus Sicht Verkehrsträger	9
3.1 Gesamte externe Kosten und Nutzen	9
3.2 Externe Kosten und Nutzen pro Personen- und Tonnenkilometer	11
4. Die einzelnen Bereiche	12
4.1 Gesundheitskosten durch Luftverschmutzung	12
4.2 Gebäudeschäden durch Luftverschmutzung	13
4.3 Weitere durch Luftverschmutzung verursachte Kosten	13
4.4 Lärm	15
4.5 Klima	16
4.6 Natur und Landschaft	17
4.7 Vor- und nachgelagerte Prozesse	18
4.8 Unfälle	19
4.9 Gesundheitsnutzen im Langsamverkehr	19
4.10 Weitere Kosten	20
5. Entwicklungen der externen Kosten seit 2005	22
6. Externe Kosten und Nutzen aus Sicht Verkehrsteilnehmende	24
7. Externe Kosten aus Sicht Verkehrsart: Schwerverkehr	24
Anhang: Abkürzungsverzeichnis	

## Vorwort

Ein gut funktionierendes Verkehrssystem ist für unsere Gesellschaft unabdingbar. Es ermöglicht den Austausch von Waren und Dienstleistungen sowie die Personenmobilität, wie sie unsere Gesellschaft heute prägen. Aber was kostet uns diese Mobilität? Die vorliegende Broschüre beschreibt den Teil der Kosten, der in den Bereichen Umwelt, Unfälle und Gesundheit anfällt und von den Verkehrsnutzerinnen und -nutzer nicht direkt bezahlt wird. Es handelt sich dabei um die externen Kosten. Sie sind aufzuzeigen, um zusammen mit den von den Verkehrsteilnehmenden getragenen Kosten einen Gesamtüberblick über alle für die Gesellschaft anfallenden Mobilitätskosten zu erhalten. Nur auf dieser Basis können entsprechende Schlüsse für die Verkehrspolitik in Richtung einer nachhaltigeren Entwicklung gezogen werden.

Das Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) präsentiert mit dieser Broschüre aktuelle Berechnungen der externen Kosten. Diese betragen für das Schweizer Verkehrssystem im Jahr 2010 rund 9.4 Milliarden Franken und wurden insbesondere durch die Luftverschmutzung, den CO<sub>2</sub>-Ausstoss, Unfälle und Lärm verursacht. Ein Grossteil der externen Kosten ist dem motorisierten privaten Personenverkehr anzulasten. Allerdings fliessen diese berechneten Kosten nicht in die Bestimmung des Preises unserer Fahrten ein, sie werden von der Allgemeinheit getragen und veranlassen uns, mobiler zu sein, als wir das bei voller Kostenübernahme wären.

Zum ersten Mal wird für die Schweiz auch ein externer Nutzen der Mobilität ausgewiesen: Zu Fuss gehen und Velo fahren generiert einen beträchtlichen Gesundheitsnutzen für die Allgemeinheit. Wenn man diesen in Geldwert umrechnet, beläuft er sich für das Jahr 2010 auf 1.3 Milliarden Franken.

Die Erfahrung bei der Berücksichtigung von externen Kosten ist positiv. Im Jahr 2001 wurde die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) eingeführt, bei deren Berechnung auch die externen Kosten berücksichtigt wurden. Diese hat wesentlich zur Effizienzsteigerung im Schwerverkehr beigetragen. Daher wird es auch in Zukunft im Interesse einer nachhaltigen Entwicklung der Schweiz liegen, Wege zu einer weiteren Internalisierung externer Kosten im Verkehr zu suchen und diese umzusetzen.

Hauke Fehlberg

Vizedirektor des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE)

## 1. Einleitung

### 1.1 Warum diese Berechnungen?

Die vorliegende Broschüre vermittelt einen Überblick über die vom schweizerischen Verkehrssystem verursachten externen Kosten und Nutzen im Umwelt-, Gesundheits-, und Unfallbereich. Sie gibt Auskunft darüber, wie und in welcher Grössenordnung in den erwähnten Bereichen Kosten durch die Mobilität entstehen, die nicht direkt von den Nutzerinnen und Nutzern des Verkehrs getragen werden. Sie zeigt ebenfalls auf, wo es im Verkehrssystem zu einem relevanten und quantifizierbaren externen Nutzen kommt.

Diese Berechnungen sind ein Beitrag zu einer umfassenden Betrachtung der Kosten und Nutzen der Mobilität. Sie bilden eine wichtige Informationsgrundlage in der Diskussion über eine nachhaltige Mobilität. Zudem fliessen sie in die Transportrechnung des Bundesamtes für Statistik (BFS)<sup>1</sup> ein, in welcher die von den Nutzern selber getragenen und die hier ermittelten externen Kosten sowie die Finanzierung des Verkehrs umfassend dargestellt werden.

Die externen Kosten spielen auch im Kontext der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA) eine wichtige Rolle. Gemäss dem entsprechenden Bundesgesetz (SVAG) bezweckt die LSVA eine langfristige Deckung der Infrastrukturkosten sowie der externen Kosten, die der Allgemeinheit durch den Schwerverkehr entstehen<sup>2</sup>. Dazu muss die Höhe dieser externen Kosten beziffert werden können.

### 1.2 Was sind «externe Kosten und Nutzen des Verkehrs»?

Der Verkehr bzw. die Mobilität verursacht eine Reihe von Kosten und Nutzen. Ein Teil davon ist für die Verkehrsteilnehmenden direkt spürbar: die Kosten für Benzin oder Zugbillet, oder der Nutzen, mit dem Auto oder Zug bequem an seinen Arbeitsort zu gelangen. Mit der Bezahlung von Benzin oder Zugbillet übernimmt der Verkehrsteilnehmende einen Teil der von ihm verursachten Kosten. Durch das Benzintanken wird beispielsweise die Mineralölsteuer entrichtet; die daraus erzielten Einnahmen werden teilweise für Unterhalt, Betrieb und Bau von Strassen verwendet. Auch das Zugbil-

lett ist ein Beitrag an die Schieneninfrastruktur oder an den Betrieb des Rollmaterials. Diese direkt bezahlten Kosten werden als interne oder private Kosten bezeichnet.

Daneben gibt es auch Kosten, welche zwar durch die Mobilität verursacht werden, die sich aber nicht in den Kosten für die Mobilität widerspiegeln, da die Verkehrsteilnehmenden dafür nicht direkt bezahlen müssen. Verkehrslärm beispielsweise beeinträchtigt die Lebensqualität und die Gesundheit von Menschen, die in der Nähe von Schiene, Strasse oder Flughafen wohnen. Dies hat Kosten zur Folge, die zum Beispiel in Form von Krankheiten und Spitalaufenthalten anfallen. Oder die Verkehrsunfälle verursachen beträchtliche Ausgaben in unserem Sozialversicherungssystem. Diese Kosten schlagen sich aber nicht im Preis für die Mobilität nieder und werden daher als externe Kosten bezeichnet.

In der vorliegenden Broschüre wird erstmals auch ein externer Nutzen ausgewiesen. Externe Nutzen sind das Gegenstück zu den externen Kosten: Durch ein bestimmtes Mobilitätsverhalten wird ein Nutzen erzeugt, der über den persönlichen Nutzen der betreffenden Verkehrsteilnehmenden hinausgeht. Dies ist beim Langsamverkehr der Fall, bei dem durch die körperliche Betätigung Nutzen entstehen, welche positive Effekte für die ganze Gesellschaft haben: weniger Krankheiten und dadurch produktivere Mitarbeitende sowie weniger Kosten im Gesundheitswesen und den Sozialversicherungen.

Die externen Effekte – also die externen Kosten und Nutzen – fallen somit bei Dritten, der Allgemeinheit oder zukünftigen Generationen an. Die Verkehrsteilnehmenden beziehen sie deswegen nicht in ihr Kalkül ein, wenn sie die Kosten und Nutzen ihres persönlichen Mobilitätsverhaltens abwägen.

### 1.3 Wo liegt das Problem?

Das Vorliegen von externen Effekten bedeutet, dass das Verursacherprinzip nicht konsequent umgesetzt wird und ein Marktversagen vorliegt. Der Preis der Mobilität ist zu günstig, gemessen an den Kosten, die bei voller Umsetzung des Verursacherprinzips von den Verkehrsteilnehmenden getragen werden müssten. Damit werden falsche Anreize gesetzt. Die Menschen sind mobiler, als sie es bei der vollen Umsetzung des Verursacherprinzips wären. Das ist volkswirtschaft-

<sup>1</sup> Die Transportrechnung des BFS wird zukünftig unter dem Titel 'Kosten und Finanzierung des Verkehrs' publiziert werden.

<sup>2</sup> Artikel 1 SVAG, Systematische Sammlung SR 641.81.



lich nicht optimal und trägt zu einer Verschwendung von Ressourcen bei.

Liegen externe *Nutzen* vor, hat dies den gegenteiligen Effekt: Im Falle der externen Gesundheitsnutzen des Langsamverkehrs wäre es aus volkswirtschaftlicher Sicht wünschenswert, wenn die Menschen (auf den dafür geeigneten Distanzen) mehr zu Fuss oder per Velo unterwegs wären.

Damit in einer Volkswirtschaft die Ressourcen optimal eingesetzt werden, sollten die externen Kosten bzw. Nutzen internalisiert werden, d.h. sie sind denjenigen anzulasten bzw. gutzuschreiben, die sie verursachen.

## 2. Methodik

### 2.1 Überarbeitung Methodik und Berechnung der Daten 2010

Das Gesetz zur LSVA fordert, dass die Berechnungen der externen Effekte dem aktuellen Stand der Wissenschaft entsprechen. Deshalb müssen die verwendeten Methoden und Datengrundlagen regelmässig aktualisiert und – wenn nötig – angepasst werden. Eine Methodenüberarbeitung wurde für das Berichtsjahr 2005 vorgenommen. Eine weitere Überarbeitung wurde für das Berichtsjahr von den Beratungsbüros Ecoplan und Infrac 2010 im Auftrag des ARE durchgeführt und im April 2014 abgeschlossen. Die vorliegende Publikation präsentiert die wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeiten, resp. des daraus hervorgegangenen Methodenberichts.<sup>3</sup> Gegenüber den Berechnungen der externen Kosten 2005-2009<sup>4</sup> werden für das Jahr 2010 neben den Verkehrsträgern Strasse und Schiene neu auch der Luft- und der Schiffsverkehr ausgewiesen.

### 2.2 Die drei Sichtweisen

Die Höhe der externen Kosten oder Nutzen ist immer auch abhängig von der Definition, resp. der Sichtweise, was als systemintern und was als systemextern angesehen wird. Die externen Effekte des Verkehrs können aus drei verschiedenen Sichtweisen bestimmt werden: aus Sicht Verkehrsträger, aus Sicht Verkehrsteilnehmende und aus Sicht Verkehrsart.

#### **Sicht Verkehrsträger**

Hier wird der gesamte Verkehrsträger (z.B. die Strasse oder die Schiene) als eine Einheit betrachtet. Innerhalb des Verkehrsträgers werden alle Kosten, welche von den Nutzerinnen und Nutzern dieses Verkehrsträgers selber getragen werden, als intern angesehen (z.B. Kosten eines Strassenverkehrsunfalls zwischen Auto und Velo, die das Unfallopfer selber trägt). Als extern gelten nur jene Kosten, die ausserhalb des Verkehrsträgers anfallen. Dies sind beispielsweise die lärmbedingten Kosten für die Anwohnenden, die Kosten infolge der Luftverschmutzung und derjenige Teil der Unfallkosten, der von den Sozialversicherungen – also der Allge-

---

<sup>3</sup> Ecoplan, Infrac (2014): Externe Effekte des Verkehrs 2010. Monetarisierung von Umwelt-, Unfall- und Gesundheitseffekten. Publiziert unter ARE, Themen, Verkehrspolitik, Kosten und Nutzen.

<sup>4</sup> ARE (2012), Externe Kosten 2005-2009. Berechnung der externen Kosten des Strassen- und Schienenverkehrs in der Schweiz.

meinheit – übernommen wird. In dieser Broschüre wird hauptsächlich diese Sichtweise dargestellt, insbesondere trifft dies auf die Ergebnisse in den Kapiteln 3 und 4 zu. Auf die Sichtweise Verkehrsträger stützt sich auch die Transportrechnung des BFS.

#### **Sicht Verkehrsteilnehmende**

Bei dieser Sicht wird für die Abgrenzung von internen und externen Effekten vom einzelnen Verkehrsteilnehmenden ausgegangen. Alle Kosten, die dieser nicht direkt selbst trägt, gelten als extern. Es spielt dabei keine Rolle, wo diese Kosten anfallen (z.B. bei anderen Verkehrsteilnehmenden, beim Steuerzahler oder bei einem Unternehmen). Bei dieser Sicht steht die volkswirtschaftlich effiziente Nutzung der Verkehrsinfrastruktur im Zentrum der Kostenermittlung. Die Resultate gemäss dieser Sichtweise werden im Kapitel 6 dargestellt. Unterschiede zur Sicht Verkehrsträger ergeben sich vor allem bei den Unfallkosten.

#### **Sicht Verkehrsart: Schwerverkehr**

Hier steht die Verkehrsart Strassenschwerverkehr im Zentrum. Als extern gelten hierbei alle Kosten, die nicht innerhalb des Schwerverkehrs anfallen. Im Gegensatz zur Sicht Verkehrsträger werden also Kosten, die ein Lastwagen an einem Personenwagen verursacht, als extern betrachtet. Im Unterschied zur Sicht Verkehrsteilnehmende werden jedoch Kosten, die ein Lastwagen an einem Sattelschlepper verursacht, als intern betrachtet (denn sowohl Lastwagen wie auch Sattelschlepper gehören zum Schwerverkehr). Aufgrund eines Entscheids des Bundesgerichts<sup>5</sup> ist diese Sichtweise für die Berechnung der externen Kosten des Schwerverkehrs zwecks Bestimmung der Abgabehöhe der LSVA massgebend. Die Resultate werden im Kapitel 7 dargestellt.

## **2.3 Abgrenzungen**

#### **Räumliche Abgrenzung**

Die Berechnung der externen Effekte erfolgt in den Bereichen Strassen- und Schienenverkehr grundsätzlich gemäss dem Territorialprinzip, wobei sich diese Abgrenzung auf den Ort der Verursachung bezieht: Es wird untersucht, wie stark der Verkehr in der Schweiz die Lebensqualität beeinträchtigt, unabhängig davon, ob von dieser Beeinträchtigung Bewohnerinnen und Bewohner innerhalb oder ausserhalb der Schweiz betroffen sind. Als Beispiel für eine Beeinträchti-

gung ausserhalb der Schweiz seien die Klimakosten erwähnt: Diese basieren auf den vom Verkehr in der Schweiz verursachten Treibhausgasemissionen. Die Klimafolgeschäden sind jedoch ein globales Phänomen: Die ermittelten Kosten weisen den Anteil des Schweizer Verkehrs an den globalen Klimafolgeschäden aus. Der Grossteil der berechneten externen Kosten fällt aber innerhalb der Schweiz an.

Im Luft- und Schiffsverkehr wird das sogenannte Halbstreckenprinzip angewendet, da dies den Eigenheiten der Verkehrsträger, welche internationales Territorium (insb. Ozeane) überqueren, eher gerecht wird. Das Halbstreckenprinzip erfasst alle zurückgelegten Strecken ab der Schweiz bis zur Hälfte der Strecke zum ausländischen Ziel und ab der Hälfte der Strecke vom ausländischen Ausgangspunkt bis in die Schweiz. Beim Verkehr innerhalb der Schweiz wird die gesamte Strecke berücksichtigt. Würden alle Länder eine Rechnung für den Luft- und Schiffsverkehr gemäss dem so definierten Halbstreckenprinzip erstellen, wären alle Strecken vollständig abgedeckt, also auch diejenigen über resp. auf den Ozeanen.

---

<sup>5</sup> Entscheid BGE 136 II 337.

### Abgrenzung der Verkehrsträger

Die folgenden Verkehrsträger mit ihren Unterkategorien werden in den Berechnungen berücksichtigt:

Abbildung 1: Verkehrsträger

Verkehrsträger	Personen/Güterverkehr	Fahrzeugkategorien
<b>Strassenverkehr</b>		
Motorisierter privater Personenverkehr (Mot. priv. PV)		Personenwagen
		Gesellschaftswagen (Car)
Langsamverkehr (LV)		Motorrad
		Motorfahrrad / E-Bike <sup>6</sup>
		Velo / Pedelecs
Öffentlicher Personenverkehr (ÖPV Strasse)		Fahrzeug ähnliche Geräte
		Fussgänger
		Bus
		Trolleybus
Güterverkehr (GV Strasse)		Tram
		Lieferwagen
		Lastwagen( LW)
		Sattelschlepper (SS)
<b>Schienenverkehr</b>		
Öffentlicher Personenverkehr (ÖPV Schiene)		
Güterverkehr (GV Schiene)		
<b>Luftverkehr</b>		
Privater Personenverkehr		Priv. General Aviation
		Helikopter
Öffentlicher Personenverkehr (ÖPV Luftverkehr)		Personenanteil Linien- und Charterverkehr
		Öffentl. General Aviation
Güterverkehr (GV Luftverkehr)		Belly Freight im Linien- und Charterverkehr / Frachtflüge
		Helikopter
<b>Schiffsverkehr</b>		
Öffentlicher Personenverkehr (ÖPV Schiff)		
Güterverkehr CH und Rhein (GV Schiff)		

### Thematische Abgrenzung

Insgesamt werden externe Kosten in 12 Bereichen berechnet. Sie decken alle berechenbaren externen Umwelt-, Unfall- und Gesundheitskosten des Verkehrs in der Schweiz ab. Es handelt sich um folgende Bereiche:

- Luftverschmutzungsbedingte Gesundheitsschäden, Gebäudeschäden, Ernteauffälle, Waldschäden und Biodiversitätsverluste (5 Bereiche)
- Lärm

- Klima
- Natur und Landschaft
- Bodenschäden durch toxische Stoffe
- Vor- und nachgelagerte Prozesse
- Unfälle
- Zusatzkosten in städtischen Räumen

Ebenfalls quantifiziert werden, wie bereits erwähnt, die externen Gesundheitsnutzen des Langsamverkehrs. Denn für den Langsamverkehr hat eine Studie von BFS und ARE<sup>7</sup> ergeben, dass neben externen Kosten auch externe Gesundheitsnutzen identifizierbar und monetarisierbar sind. Diese Grundlagen wurden in die vorliegenden Berechnungen integriert.

Es ist unbestritten, dass das Verkehrssystem generell nicht nur Kosten verursacht, sondern in vielfältiger Weise auch Nutzen generiert. Umstrittener ist, in welchem Ausmass die Verkehrsaktivitäten und -infrastrukturen zu *externen* Nutzen führen. Untersuchungen im Auftrag von ARE und ASTRA<sup>8</sup> kamen zum Ergebnis, dass es nur sehr wenige als extern zu qualifizierende Nutzen des Verkehrs gibt. Als Beispiel ist das geringere Leid zu erwähnen, wenn dank rascherem Notfalltransport ein Unfallopfer gerettet werden kann. Dieser externe Nutzen wird aber als gering eingeschätzt. Generell lässt sich sagen, dass der grösste Teil des Nutzens des Verkehrs als *interner* Nutzen direkt bei den Verkehrsteilnehmenden anfällt, wie z.B. Zeitersparnisse. Bei Nutzen, die *Dritten* zufallen, wie z.B. günstigere Lebensmittel im Einkaufszentrum, handelt es sich in den meisten Fällen um Markteffekte, die einen normalen Anpassungsprozess darstellen. Sie gelten nicht als extern.

Diskutiert wird jedoch zunehmend die Bedeutung von sogenannten «wider economic benefits». Dies sind Wachstumseffekte, die entstehen, wenn dank verbesserter Erreichbarkeit bestimmter Gebiete ein grösserer Arbeits-, Zuliefer- und Absatzmarkt entsteht. In der Folge haben Nachfrager und Anbieter eine grössere Auswahl. Damit kann es zu produktiveren Kombinationen von Produktionsfaktoren kommen (sogenannte «agglomeration effects»). In der Fachwelt be-

<sup>6</sup> Pedelecs: Elektrovelos mit einer Motorunterstützung bis 500 Watt (25 km/h), E-Bikes: Elektrovelos mit einer Motorunterstützung zwischen 500 und 1000 Watt (25 bis. 45 km/h).

<sup>7</sup> Ecoplan, ISPMZ (2013), Integration des Langsamverkehrs in die Transportrechnung. Veröffentlichung voraussichtlich Ende 2014.

<sup>8</sup> ARE, ASTRA (2006), Die Nutzen des Verkehrs. Synthese der Teilprojekte 1-4.

steht noch kein Konsens darüber, ob diese Effekte – oder zumindest Teile davon – als extern zu betrachten sind.

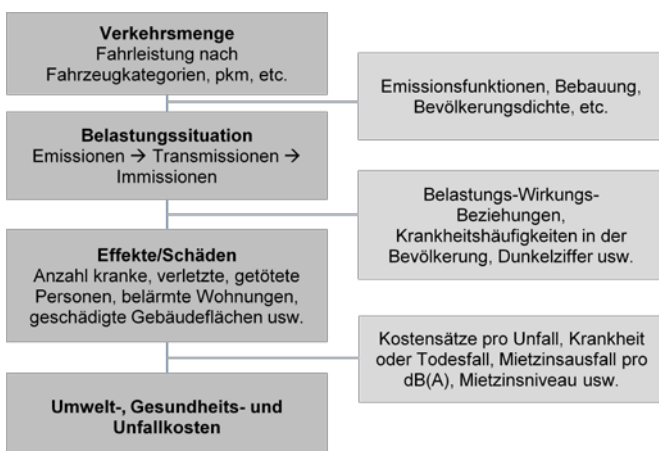
## 2.4 Grundsätze der Berechnungen

### Vorgehen

Ausgangslage für die Berechnung der externen Effekte bilden die Verkehrsmengen bzw. die Verkehrsleistungen im Strassen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehr. Daraus wird die Belastungssituation abgeschätzt. Je nach Kostenbereich sind für diese Schätzungen Emissionsfunktionen und Daten zur Bebauung, Bevölkerungsdichte, etc. nötig.

In einem nächsten Schritt werden die daraus resultierenden Effekte bzw. Schäden ermittelt. Dabei handelt es sich je nach Kostenbereich z.B. um die Zahl der zusätzlichen kranken, verletzten oder getöteten Personen, um die Anzahl belärmter Wohnungen oder um das Ausmass geschädigter Gebäudeflächen. Um diese Effekte bestimmen zu können, werden Belastungs-Wirkungs-Beziehungen, Krankheitshäufigkeiten in der Bevölkerung, Dunkelziffern im Unfallgeschehen und weitere Grundlagen verwendet. Schliesslich werden die Schäden in Geldeinheiten quantifiziert. Dazu werden je nach Kostenbereich spezifische Kostensätze pro Unfall, Krankheits- bzw. Todesfall oder Mietzinsausfälle pro Dezibel Lärm verwendet und mit den ermittelten Schäden verknüpft.

Abbildung 2: Vorgehen bei der Berechnung



Um die internationale Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erleichtern werden sämtliche Kostenberechnungen auf der Basis von Faktorpreisen (Preise ohne indirekte Steuern wie z.B. Mehrwertsteuer) vorgenommen.

### Bewertungsmethoden

In erster Priorität wird die Bewertung anhand von Preisen vorgenommen, die auf Märkten beobachtbar sind, da diese die Knappheit der verbrauchten Ressourcen bzw. die Wertschätzung der Gesellschaft für ein bestimmtes Gut am besten reflektieren. Liegen keine direkt beobachtbaren Marktpreise vor – was insbesondere bei Umweltqualitäten oft der Fall ist – sind folgende Bewertungsmethoden möglich:

- **Schadenskosten-Ansatz:** Bei diesem Ansatz wird versucht, den entstehenden Schaden (z.B. durch Luftverschmutzung, Lärm oder Unfälle) abzuschätzen.
- **Vermeidungskosten-Ansatz:** Bei diesem Ansatz werden die Kosten von Massnahmen ermittelt, welche die Entstehung von Schäden verhindern würden. Es wird also untersucht, wie teuer es wäre, den Schaden zu vermeiden.
- **Reparaturkosten- oder Ersatzkosten-Ansatz:** In einem dritten Ansatz werden die Kosten von Massnahmen ermittelt, die den entstandenen Schaden reparieren oder das beschädigte Gut ersetzen.

### Umgang mit Unsicherheiten

Die Berechnung der externen Effekte kann nicht ohne Annahmen und Vereinfachungen vorgenommen werden. Grundsätzlich wird folgendermassen mit Unsicherheiten umgegangen: Falls ein eindeutiger «best guess» vorliegt, wird dieser Wert verwendet. Ist dies nicht der Fall, beruht der verwendete Wert auf einer vorsichtigen Schätzung («at least»-Ansatz), d.h. überall dort, wo Annahmen zu machen und Vereinfachungen vorzunehmen sind, erfolgen diese so realistisch wie möglich, im Zweifelsfall jedoch im konservativen Sinne. Konkret führt dieses Vorgehen eher zu einer Unter- als einer Überschätzung der tatsächlichen externen Effekte.

### Nicht berücksichtigte Kostenbereiche

Generell gilt es festzuhalten, dass mit den heute verfügbaren Methoden und Datengrundlagen nur ein Teil der externen Effekte des Verkehrs auf Umwelt und Gesundheit quantifiziert werden kann. So sind z.B. Risiken durch Energiebereitstellung – wie beim Atomstrom – oder Unfallrisiken bei Ölförderung und -transport, Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes oder Gewässerschäden und Schäden durch Erschütterungen nicht erfasst.

Des Weiteren kommen in praktisch jedem der in Kapitel 4 vorgestellten Kostenbereiche Schäden vor, die wegen feh-

lender Quantifizierbarkeit nicht in den Berechnungen berücksichtigt sind. Beispielsweise werden nur Lärmauswirkungen am Wohnort mit einbezogen; doch Lärm führt auch zu Belästigungen in Schutz- und Erholungsgebieten oder an Arbeitsplätzen und in Schulen. Oder die Luftverschmutzung führt nicht nur an Wohn- und Arbeitsgebäuden zu Schäden, sondern auch an Bau- und Kulturdenkmälern. Es ist aber schwierig, den immateriellen Teil des Wertes dieser Gebäude und Denkmäler zu bestimmen.

Somit stellen die gesamten Berechnungen eher eine Unter- als Überschätzung der effektiven realen externen Auswirkungen des Verkehrs dar.

## 2.5 Internalisierungsbeiträge

Wie in Kapitel 1.3 erwähnt, wäre es volkswirtschaftlich optimal, wenn die externen Effekte internalisiert würden. Damit würden bei der Abwägung, ob man beispielsweise eine Zug- oder Autofahrt unternehmen will, *alle* Kosten und Nutzen einbezogen. Dies geschieht aber nur, wenn sich die externen Kosten und Nutzen auch im Preis der Mobilität widerspiegeln. Im Schweizer Verkehrssystem wurden 2010 folgende Massnahmen angewendet, um einen Teil der externen Kosten zu internalisieren:

- Luftverkehr: Emissionsabhängige Landegebühr und Lärmgebühr
- Strassen-, Schienen- und Schiffsverkehr: Klimarappen
- Strassen- und Schienenverkehr (Bau von Infrastrukturen): Ersatzmassnahmen für den Naturschutz und ökologischer Ausgleich
- Schwerverkehr: LSVA
- Unfallkosten: Verursachergerechte Versicherungsleistungen

Diese Internalisierungsbeiträge wurden in den vorliegenden Berechnungen, wo zurechenbar, von den ursprünglichen Ergebnissen in Abzug gebracht. Einzig die LSVA wird bei den einzelnen Kostenbereichen in Kapitel 4 nicht in Abzug gebracht, da die Einnahmen der LSVA nicht spezifisch auf die Kostenbereiche zurechenbar sind. Die Höhe des Internalisierungsbeitrags der LSVA wird jedoch im Kapitel 3 ersichtlich.

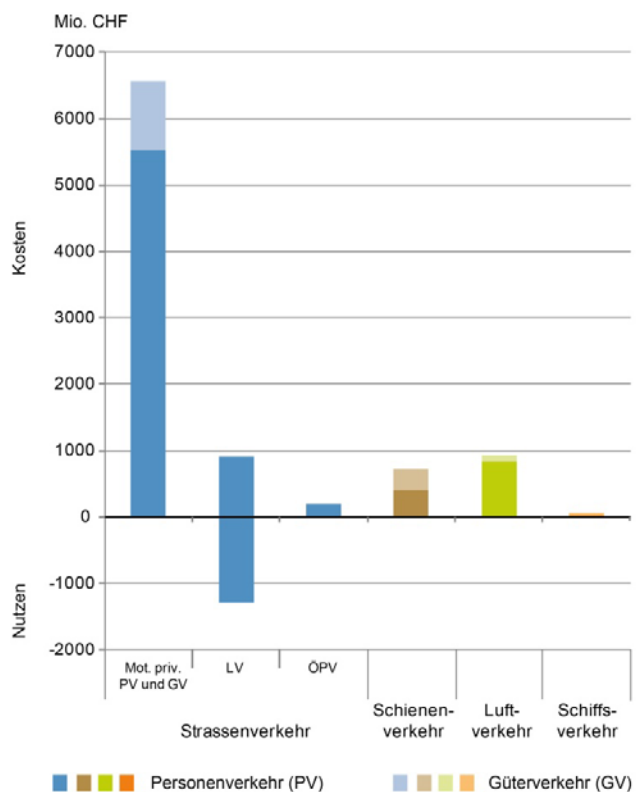
## 3. Übersicht über die Resultate 2010 aus Sicht Verkehrsträger

### 3.1 Gesamte externe Kosten und Nutzen

Insgesamt belaufen sich die externen Kosten des Schweizer Verkehrssystems im Jahr 2010 auf 9.4 Mrd. CHF. Der Strassenverkehr verursachte mit 82% bzw. 7.7 Mrd. CHF den Grossteil dieser Kosten. An zweiter Stelle folgt der Luftverkehr mit einem Anteil von 9% oder 0.9 Mrd. CHF. Der Schienenverkehr ist für Kosten in der Höhe von 0.7 Mrd. CHF (8%) verantwortlich, während für den Schiffsverkehr externe Kosten von rund 60 Mio. CHF (knapp 1%) ausgewiesen werden.

Abbildung 3a: Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs 2010 (Sicht Verkehrsträger)

Strassen- / Schienenverkehr: Territorialprinzip<sup>9</sup>,  
Luft- / Schiffsverkehr: Halbstreckenprinzip<sup>10</sup>



<sup>9</sup> Territorialprinzip : Verkehr innerhalb der Schweizer Grenzen.

<sup>10</sup> Halbstreckenprinzip: Verkehr innerhalb der Schweizer Grenzen sowie halbe Flug- bzw. Schifffstrecke von der Schweiz in die Auslandsdestination und umgekehrt (vgl. Kap. 2.3).

Ein Anteil von 84% der externen Kosten geht zu Lasten des Personenverkehrs, 16% zu Lasten des Güterverkehrs. Im Langsamverkehr wurden 2010 ausserdem externe Gesundheitsnutzen von 1.3 Mrd. CHF generiert.

Zu beachten ist, dass die Verkehrsleistungen der einzelnen Verkehrsträger sehr unterschiedlich sind. Auf der Strasse werden deutlich mehr Personen- und Tonnenkilometer zurückgelegt als bei den anderen Verkehrsträgern.

### Abbildung 3b: Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs 2010 (Sicht Verkehrsträger)<sup>11</sup>

Strassen- / Schienenverkehr: Territorialprinzip<sup>9</sup>,  
Luft- / Schiffsverkehr: Halbstreckenprinzip<sup>10</sup>

Externe Kosten in Mio. CHF	Personen- verkehr		Güter- verkehr	Total
	Mot. priv. PV	LV		
Strassenverkehr	5 525	900	1 045	7 664
	ÖPV	194		
Schienenverkehr		410	317	727
Luftverkehr		842	77	919
Schiffsverkehr		31	27	57
<b>Total externe Kosten</b>		<b>7 901</b>	<b>1 466</b>	<b>9 367</b>
Gesundheitsnutzen Langsamverkehr		-1 281		-1 281

Die höchsten externen Kosten fallen in den Bereichen Klima, Unfälle, Lärm und luftverschmutzungsbedingte Gesundheitsschäden mit je 1.8 bis 2 Mrd. CHF an. Durch vor- und nachgelagerte Prozesse sowie im Bereich Natur und Landschaft entstanden weitere Kosten von je ca. 0.9 Mrd. CHF. Auf die Gebäudeschäden entfallen noch ca. 0.4 Mrd. CHF, alle übrigen Kostenbereiche liegen je unter 150 Mio. CHF. Von diesen Kosten abgezogen wurde ein Anteil der LSVA-Einnahmen von 720 Mio. CHF<sup>12</sup>.

### Abbildung 4: Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs 2010 nach Kategorien (Sicht Verkehrsträger)

Strassen- / Schienenverkehr: Territorialprinzip<sup>9</sup>,  
Luft- / Schiffsverkehr: Halbstreckenprinzip<sup>10</sup>

in Mio. CHF	Strasse		Schiene	Luft	Schiff	Total
	Mot. priv. PV u.GV	LV				
Gesundheitsschäden Luftverschmutzung	1 444	- 60	185	37	29	1 756
Gebäudeschäden Luftverschmutzung	297	- 12	38	8	6	362
Ernteauffälle Luftverschmutzung	52	- 4	1	2	1	59
Waldschäden Luftverschmutzung	45	- 3	1	1	1	51
Biodiversitätsverluste Luftverschmutzung	134	- 7	2	3	3	148
Lärm	1 427	- 37	269	66	0	1 799
Klima	1 234	- 26	4	686	8	1 959
Natur und Landschaft Bodenschäden durch toxische Stoffe	750	10	10	119	6	900
Vor- und nachgelagerte Prozesse	704	34	20	48	108	917
Unfälle	980	856	7	4	2	1 850
Zusatzkosten in städtischen Räumen	109	- 3	32	0	0	144
Abzug LSVA-Anteil	-720	-	-	-	-	-720
<b>Total</b>	<b>6 570</b>	<b>900</b>	<b>194</b>	<b>727</b>	<b>919</b>	<b>9 367</b>
Gesundheitsnutzen Langsamverkehr	-	-1 281	-	-	-	-1 281

<sup>11</sup> In dieser und allen nachfolgenden Abbildungen können sich Rundungsdifferenzen in den Totalen ergeben.

<sup>12</sup> Berechnung des LSVA-Anteils 2010: LSVA-Reinertrag von 1 490 Mio. CHF minus Anteil für Strassenzwecke von 369 Mio. CHF (siehe Strassenrechnung 2012 des BFS) minus vom Schwerverkehr verursachte Stauzeitkosten von 401 Mio. CHF ergibt 720 Mio. CHF.

### 3.2 Externe Kosten und Nutzen pro Personen- und Tonnenkilometer

Werden die gesamten externen Kosten der Verkehrsträger auf ihre in einem Jahr erbrachten Verkehrsleistungen bezogen, so erhält man für den Personenverkehr die externen Kosten pro Personenkilometer (Pkm), für den Güterverkehr die externen Kosten pro Tonnenkilometer (tkm). Diese sagen aus, wie hoch die durchschnittlichen externen Kosten für den Transport einer Person resp. einer Tonne eines Gutes über einen Kilometer ausfallen.

#### Personenverkehr

Im Personenverkehr verursachte der motorisierte Privatverkehr im Jahr 2010 externe Kosten von 5.7 Rp. pro Pkm, und liegt somit etwas höher als der öffentliche Strassenverkehr mit 4.8 Rp. pro Pkm. Bei Letzterem ist zu erwähnen, dass es auf Basis der verfügbaren Daten nicht möglich war, zwischen dem städtischen öffentlichen Verkehr und den Überlandbussen zu unterscheiden. Für den städtischen öffentlichen Verkehr allein wäre aufgrund der bedeutend höheren Auslastung von einem tieferen Kostensatz auszugehen.

Der Schienenverkehr löste mit 2.3 Rp. pro Pkm die geringsten kilometerbezogenen Kosten aus. Der Luftverkehr liegt – bei 2.7 Rp. pro Pkm – nur wenig darüber, dies aufgrund der grossen Distanzen und der hohen Auslastung. Die höchsten externen Kosten pro Pkm verzeichnete der Schiffsverkehr mit 19 Rp. pro Pkm, dies aufgrund der hohen Emissionen von Luftschadstoffen und Klimagasen, bei gleichzeitig relativ wenigen bzw. kurzen zurückgelegten Strecken.

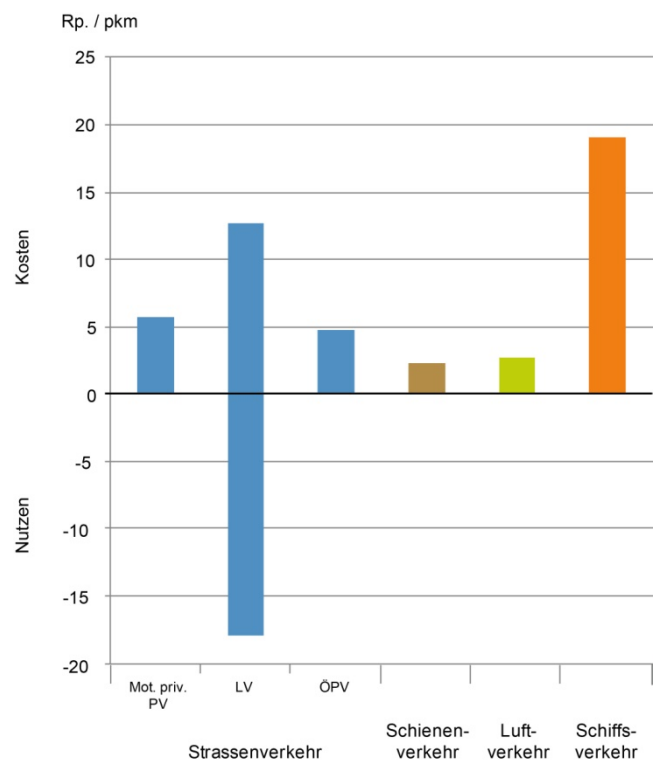
Ebenfalls vergleichsweise geringe Distanzen werden mit dem Langsamverkehr zurückgelegt, was sich unter anderem in hohen externen Kosten pro Pkm niederschlägt. Diese betragen 12.6 Rp. pro Pkm. Es sind praktisch ausschliesslich externe Unfallkosten (vom Langsamverkehr verschuldete Unfälle) die hier zu Buche schlagen. Gleichzeitig generiert der Langsamverkehr auch externe Gesundheitsnutzen von 18 Rp. pro Pkm.

Die einzelnen Verkehrsträger und Fahrzeugkategorien sind jedoch nur bedingt vergleichbar. Das heisst, ein Vergleich ist primär für Verkehre mit ähnlichen Streckenlängen sinnvoll, z.B. der Vergleich Strasse – Schiene für verschiedene städtische Fahrzeugkategorien oder der Vergleich von Verkehrsträgern für Langstrecken. Ebenso muss beachtet werden,

dass die ausgewiesenen Beträge Durchschnittswerte über die unterschiedlich dicht besiedelten Gebiete der Schweiz darstellen. In gewissen Kostenbereichen, wie z.B. beim Lärm, wären die Kosten pro Kilometer innerorts höher.

**Abbildung 5: Personenverkehr: Externe Kosten und Nutzen pro Personenkilometer 2010 (Sicht Verkehrsträger)**

Strassen- / Schienenverkehr: Territorialprinzip<sup>9</sup>,  
Luft- / Schiffsverkehr: Halbstreckenprinzip<sup>10</sup>



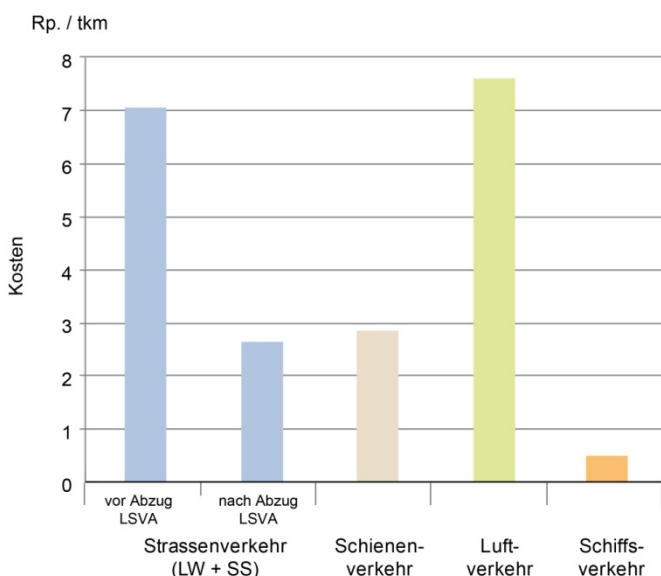
## Güterverkehr

Beim Güterverkehr verursachte der Strassenschwerverkehr, d.h. die Lastwagen und die Sattelschlepper, im Jahr 2010 Kosten von 7.1 Rp. pro tkm<sup>13</sup>. Davon werden durch die LSVA 4.4 Rp. pro tkm internalisiert. Die Kosten des Schienengüterverkehrs belaufen sich auf 2.8 Rp. pro tkm. Im Luftverkehr resultieren externe Kosten von 7.6 Rp. pro tkm und im Schiffsverkehr auf dem Rhein 0.5 Rp. pro tkm<sup>14</sup>.

Beim Vergleich der Verkehrsträger im Güterverkehr ist zu beachten, dass der Wert der Güter pro Tonne sehr unterschiedlich ist (z.B. Massengüter im Schiffsverkehr, hochwertige Güter im Luftverkehr). Ebenso muss, wie beim Personenverkehr, beachtet werden, dass die ausgewiesenen Beiträge Durchschnittswerte über die unterschiedlich besiedelten Gebiete der Schweiz darstellen. Innerorts wären die Kosten pro Kilometer in gewissen Kostenbereichen höher.

### Abbildung 6: Güterverkehr: Externe Kosten pro Tonnenkilometer 2010 (Sicht Verkehrsträger)

Strassen- / Schienenverkehr: Territorialprinzip<sup>9</sup>  
Luft- / Schiffsverkehr: Halbstreckenprinzip<sup>10</sup>



<sup>13</sup> Nicht berücksichtigt sind hier die Lieferwagen: Sie verursachen unter anderem aufgrund der geringen Transportmengen mit 53 Rp. / tkm die höchsten externen Kosten und entrichten keine LSVA.

<sup>14</sup> Der Güterverkehr auf Seen mit 46 Rp. / tkm wird in der Abbildung nicht dargestellt, da nur zwei Prozent der geleisteten Güterverkehrsleistung im Schiffsverkehr auf Seen erfolgt.

## 4. Die einzelnen Bereiche

### 4.1 Gesundheitskosten durch Luftverschmutzung

Der Verkehr ist eine bedeutende Quelle der Luftverschmutzung. Er setzt u.a. grosse Mengen an gesundheitsschädigenden Feinstaubpartikeln frei, einerseits durch Verbrennungsabgase und andererseits durch Pneu-, Bremsklotz- sowie Fahrleitungsabriebe und Aufwirbelungen.

Gemäss einer Vielzahl von epidemiologischen Untersuchungen bewirkt die Schadstoffbelastung bei der betroffenen Bevölkerung eine Beeinträchtigung des Gesundheitszustandes. Diese Beeinträchtigung kann sich in zusätzlichen Krankheitsfällen äussern sowie die Lebenserwartung der betroffenen Personen verkürzen.

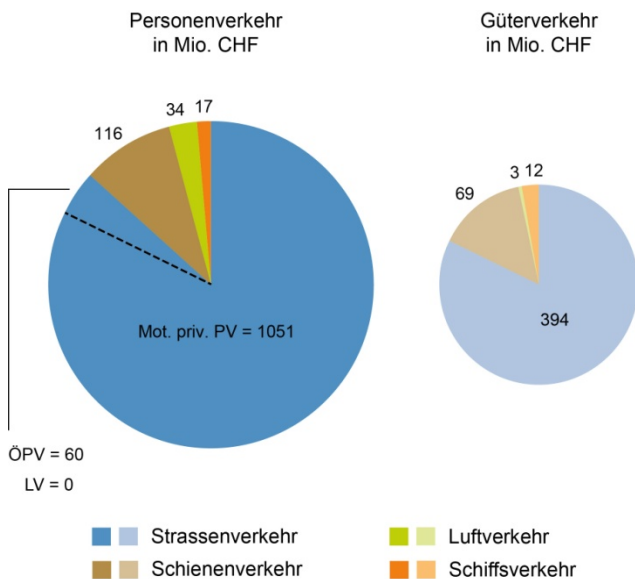
Grundlage für die Ermittlung der Gesundheitskosten ist die Kenntnis über die aktuelle verkehrsbedingte Schadstoffbelastung der Bevölkerung<sup>15</sup>. Auf dieser Basis und mit dem Wissen um den Zusammenhang zwischen Schadstoffbelastung und der Krankheitshäufigkeit bzw. der Sterblichkeit der Menschen in der Schweiz lässt sich die Zahl der luftverschmutzungsbedingten Krankheits- und Todesfälle bestimmen. Daraus werden die Gesundheitskosten ermittelt, die sich aus den medizinischen Behandlungskosten, den Produktionsausfällen, den Wiederbesetzungskosten der Arbeitgeber sowie den immateriellen Kosten zusammensetzen.

Gesamthaft fallen durch die Luftbelastung des Verkehrs externe Gesundheitskosten von 1756 Mio. CHF an. Davon verursacht der Strassenverkehr insgesamt 1505 Mio. CHF (86%) und der Schienenverkehr 185 Mio. CHF (oder 11%), während im Luft- und Schiffsverkehr vergleichsweise geringe Kosten auftreten (37 resp. 29 Mio. CHF, bzw. je knapp 2%).

<sup>15</sup> Als Leitschadstoff wird PM10 verwendet (Feinstaubpartikel mit einem Durchmesser von maximal 10 µm).



**Abbildung 7: Externe Gesundheitskosten aufgrund der Luftverschmutzung 2010<sup>16</sup>**



Im Luftverkehr wird ein Teil der Kosten der Luftverschmutzung durch emissionsabhängige Landegebühren internalisiert. Die Einnahmen aus diesen Landegebühren betrugen 2010 knapp 4 Mio. CHF. Ohne diese Internalisierung würden sich die durch den Flugverkehr verursachten Gesundheitskosten aufgrund der Luftverschmutzung auf 41 Mio. CHF belaufen.

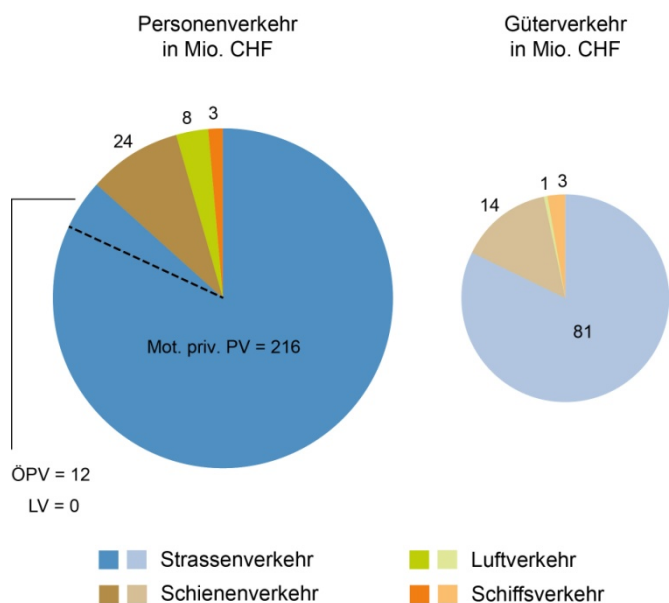
## 4.2 Gebäudeschäden durch Luftverschmutzung

Die vom Verkehr ausgestossenen Feinstaubpartikel (PM10) schaden nicht nur der menschlichen Gesundheit, sie verschmutzen und beschädigen auch Gebäudefassaden.

Basierend auf systematischen Untersuchungen und Expertengesprächen wurde ermittelt, wie sich die erhöhte Feinstaubbelastung auf den Fassadenzustand auswirkt. Die externen Kosten durch Gebäudeschäden infolge der Luftverschmutzung zeigen auf, wie viel mehr für Reinigung, Reparatur und Renovation von Fassaden aufgewendet werden

muss, verglichen mit einem Zustand ohne PM10-Emissionen des Verkehrs.

**Abbildung 8: Externe Kosten durch Gebäudeschäden infolge der Luftverschmutzung 2010**



Insgesamt fallen durch die Emissionen des Schweizer Verkehrs externe Gebäudekosten von 362 Mio. CHF an. Die Verteilung ist gleich wie bei den Gesundheitskosten aufgrund der Luftverschmutzung: Der Strassenverkehr verursacht 86% (310 Mio. CHF), der Schienenverkehr 11% (38 Mio. CHF). Die von Luft- und Schiffsverkehr verursachten Gebäudeschäden liegen mit knapp je 2% deutlich tiefer (bei 8 resp. 6 Mio. CHF).

## 4.3 Weitere durch Luftverschmutzung verursachte Kosten

### Ernteausfälle

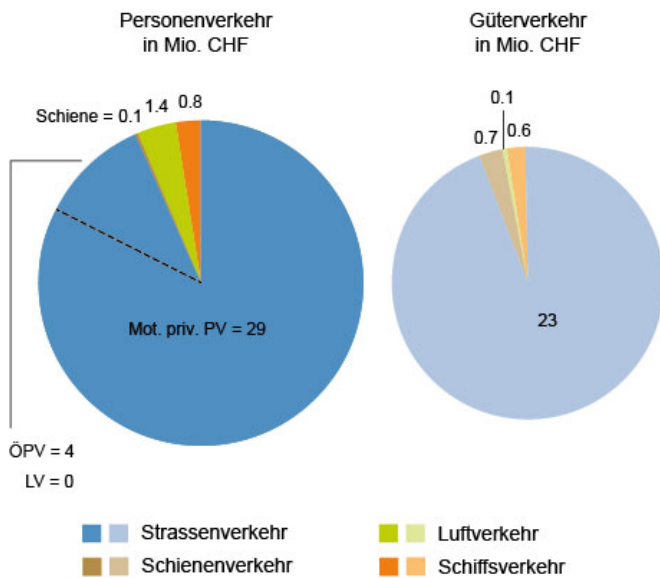
Luftschadstoffemissionen des Verkehrs können Pflanzen in verschiedener Weise schädigen und so zu Ernteverlusten in der Landwirtschaft führen. Die vom Verkehr ausgestossenen Stickoxide bilden zusammen mit flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) unter dem Einfluss der Sonnenstrahlen bodennahes Ozon. Die negative Wirkung von Ozon auf Nutzpflanzen ist wissenschaftlich gut belegt. Als starkes Oxidationsmittel kann Ozon bei Pflanzen zu Schädigungen von Membranen führen und so die Photosynthese und Transpiration hemmen. Diese Schäden führen bei längerer

<sup>16</sup> Beim Güterverkehr Strasse wurde kein Anteil LSVA in Abzug gebracht, da sich die Einnahmen der LSVA nicht spezifisch auf die einzelnen Kostenbereiche zurechnen lassen. Dies gilt für alle Kostenbereich im Kap. 4. Der Internalisierungsbeitrag der LSVA wird jedoch im Kap. 3 ersichtlich.

Ozonexposition insgesamt zu einem verminderten Pflanzenwachstum und damit zu Ernteverlusten in der Landwirtschaft.

Mit Hilfe der bekannten Beziehungen zwischen Ozondosis und Ernteertrag wird der prozentuale Rückgang der Erträge aus verschiedenen Nutzpflanzenarten berechnet. Diese mengenmässigen Ernteverluste werden monetarisiert, indem die Mengen mit den Produzentenpreisen der entsprechenden Nutzpflanzen multipliziert werden.

**Abbildung 9: Weitere externe Kosten der Luftverschmutzung 2010: Ernteaussfälle**



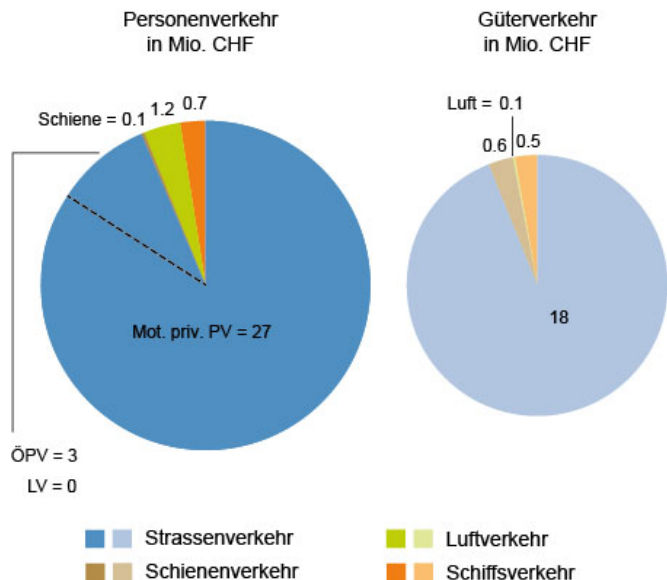
Insgesamt betragen die Ernteaussfälle durch verkehrsbedingtes Ozon im Jahre 2010 59 Mio. CHF. Der Anteil des Strassenverkehrs an diesen Kosten beträgt 94% (56 Mio. CHF), die anderen Verkehrsträger verursachten zusammen die restlichen 3 Mio. CHF (1% der Schienenverkehr, knapp 3% der Luftverkehr und 2% der Schiffsverkehr).

### Waldschäden

Während im vorangegangenen Abschnitt die Auswirkungen der Luftschadstoffe auf die Landwirtschaft im Zentrum standen, fokussiert dieser Abschnitt auf das Ökosystem Wald. Die Verkehrsemissionen von Stickoxiden, Ammoniak und Schwefeldioxid führen im Wald zu übermässigem Nährstoffeintrag (Eutrophierung), Bodenversauerung und Ozonbelastung. Als Folge davon sind Störungen des Wachstums in Stamm, Trieben und Wurzeln sowie Beeinträchtigungen des Nährstoffhaushalts der Pflanzen nachgewiesen.

Für eine Reihe der Einflüsse von Luftschadstoffen auf den Wald sind keine quantitativen Aussagen möglich. Einzig das reduzierte Holzwachstum wegen Ozonbelastung und Bodenversauerung sowie das erhöhte Windwurfisiko wegen Bodenversauerung lassen sich quantifizieren und in Kosten ausdrücken: Berechnet werden die Schadenskosten für die Forstwirtschaft.

**Abbildung 10: Weitere externe Kosten der Luftverschmutzung 2010: Waldschäden**



Die Waldschäden durch die verkehrsbedingten Emissionen betragen 2010 51 Mio. CHF, wovon 48 Mio. CHF bzw. 94% vom Strassenverkehr verursacht werden. Die Kosten der restlichen Verkehrsträger zusammen belaufen sich insgesamt auf 3 Mio. CHF (Schiene: 1%, Luftverkehr: knapp 3%, Schiffsverkehr: 2%).

### Biodiversitätsverluste

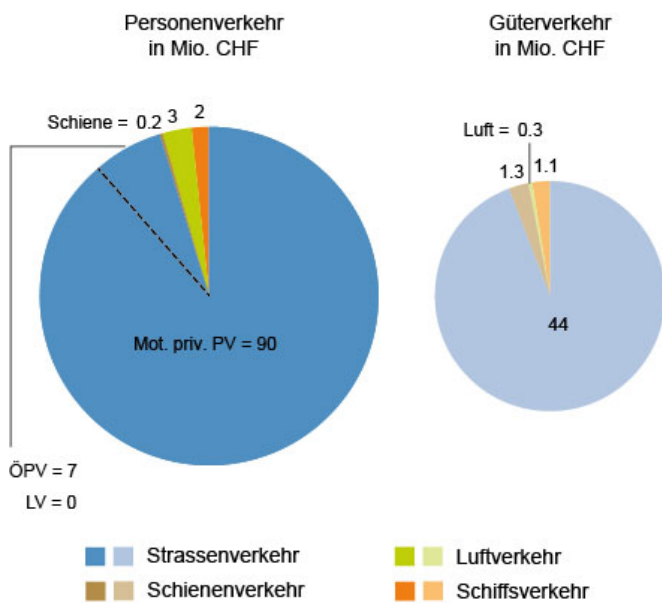
Für das Jahr 2010 werden erstmals auch Biodiversitätsverluste aufgrund verkehrsbedingter Luftverschmutzung berechnet. Im Fokus sind hier Biodiversitätsverluste, die in natürlichen Ökosystemen entstehen. Sie gehen ebenfalls – wie bei Ernteverlusten und Waldschäden – auf Eutrophierung und Versauerung zurück.

Die Eutrophierung hat bei Landökosystemen eine Abnahme von verschiedenen Pflanzenarten zur Folge, da nährstoffliebende Pflanzenarten die übrigen Arten verdrängen. Dieselbe Wirkung hat die Versauerung: Auf versauerten Böden ist das

Gedeihen vieler grundsätzlich standorttypischer Pflanzenarten gehemmt.

Für die Berechnung der Kosten der Biodiversitätsverluste wird die verkehrsbedingte Emissionsmenge an versauernden und eutrophierenden Luftschadstoffen mit einem Kostensatz für die Biodiversitätsverluste pro Tonne dieser Schadstoffemissionen multipliziert. Der Kostensatz beruht auf dem Ersatzkosten-Ansatz.

**Abbildung 11: Weitere externe Kosten der Luftverschmutzung 2010: Biodiversitätsverluste**



Die Gesamtkosten der Biodiversitätsverluste über alle Verkehrsträger betragen 2010 148 Mio. CHF. Davon verursachte der Strassenverkehr 141 Mio. CHF (95%). Dem Schienenverkehr sind 2 Mio. CHF (1%), dem Luft- und Schiffsverkehr sind je 3 Mio. CHF (je 2%) anzurechnen.

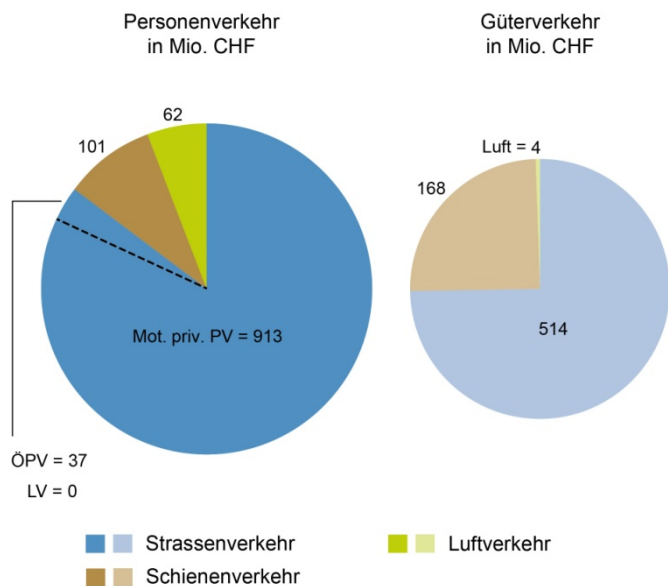
## 4.4 Lärm

Lärm wird von den Betroffenen einerseits bewusst als störend oder belästigend wahrgenommen, andererseits hat er gesundheitliche Folgen, welche dem Grossteil der Bevölkerung nicht bewusst sind.

Bewusst wahrgenommen werden beispielsweise Störungen durch einzelne Zugdurchfahrten oder Autos. Diese Störungen beeinträchtigen die Konzentration oder Kommunikation sowie die Ruhe und Erholung und verursachen Schlafunterbrüche. Da es keinen beobachtbaren Preis für Ruhe gibt, werden die Kosten dieser Belästigungen über den Wertverlust von belärmten Wohnungen berechnet: Die Überlegung dabei ist, dass Wohnungen mit einer Lärmbelastung weniger stark nachgefragt werden, und daher auf dem Wohnungsmarkt einen geringeren Marktwert erzielen als vergleichbare Wohnungen an ruhiger Wohnlage. Diese Preisdifferenz wird als Schätzung für die Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung für Ruhe verwendet.

Die Lärmbelastung kann neben den beschriebenen, bewusst empfundenen Belästigungen bei den Betroffenen auch zu gesundheitlichen Problemen führen, welche weniger bewusst mit dem Verkehrslärm in Zusammenhang gebracht werden. Es sind dies insbesondere körperliche und psychische Krankheiten. Sie ergeben sich meist aufgrund von mittel- bis langfristig auftretenden Lärmbelastungen. Die Gesundheitskosten aufgrund der Lärmbelastung basieren auf epidemiologischen Studien, welche den Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und Gesundheitsschäden aufzeigen. Die Kosten werden anschliessend analog den Gesundheitskosten durch Luftverschmutzung bestimmt.

**Abbildung 12: Externe Lärmkosten 2010**



Die gesamten Lärmkosten infolge des Verkehrs im Jahr 2010 betragen 1799 Mio. CHF. Der Strassenverkehr ist mit 1464 Mio. CHF für den Grossteil der Kosten verantwortlich (81%), während auf den Schienenverkehr 270 Mio. CHF (15%) und auf den Luftverkehr 66 Mio. CHF (4%) entfallen. Von den gesamten Kosten sind 1053 Mio. CHF (59%) auf Belästigungen zurückzuführen und 746 Mio. CHF (41%) auf Gesundheitsschäden. Für den Schiffsverkehr wurden keine Lärmkosten berechnet, da er im Vergleich mit den anderen Verkehrsträgern keine relevanten Lärmemissionen an Wohnorten erzeugt.

Im Luftverkehr wird ein Teil der Lärmkosten durch lärmabhängige Lande- und Passagiergebühren internalisiert. Die Einnahmen belaufen sich 2010 auf 34 Mio. CHF und stammen zum grössten Teil von den Landesflughäfen Zürich und Genf, in geringem Ausmass werden sie auch auf Regionalflugplätzen erhoben. Ohne diese Internalisierung würden die Lärmkosten infolge des Luftverkehrs 100 Mio. CHF betragen.

## 4.5 Klima

Verkehrsaktivitäten führen zu Emissionen von Treibhausgasen, insbesondere durch die Verbrennung von fossilen Treibstoffen wie Benzin, Diesel oder Kerosin. Diese Treibhausgasemissionen (vorwiegend CO<sub>2</sub>) haben eine Veränderung des Klimas zur Folge. Die Auswirkungen sind vielfältig. Wissenschaftlich belegt sind unter anderem:

- Anstieg des Meeresspiegels infolge globaler Temperaturerhöhung
- Beeinträchtigung der Nahrungsmittelproduktion durch zunehmende Extremwetterereignisse (Dürren, Starkniederschläge, Wirbelstürme, Zunahme von Schädlingen, etc.); z.T. auch Ertragszunahme durch moderaten Temperaturanstieg
- Zunehmende Extremwetterereignisse können überdies zu Schäden an Infrastrukturen, Unfällen von Menschen, veränderter Wasserverfügbarkeit (z.B. Wasserknappheit) und anderen Schäden führen
- Gesundheitsschäden: direkte Wirkungen durch extreme Wetterereignisse, die das Risiko von Herz-Kreislaufkrankungen oder Asthma erhöhen (z.B. Hitze) oder aber zu Unfällen oder Wasserverunreinigungen führen können
- Schäden an Ökosystemen und Verminderung der biologischen Vielfalt

Möglich ist überdies eine grosse Zahl indirekter Folgen, u.a. durch grosse Migrationsbewegungen von Menschen als Folge verschlechterter Klima- und Lebensbedingungen oder unbewohnbar gewordener Gebiete. Ebenso werden nebst der Landwirtschaft – je nach Region – verschiedene andere Wirtschaftszweige sehr stark von den Klimaänderungen betroffen sein, z.B. der Tourismus oder die Fischerei.

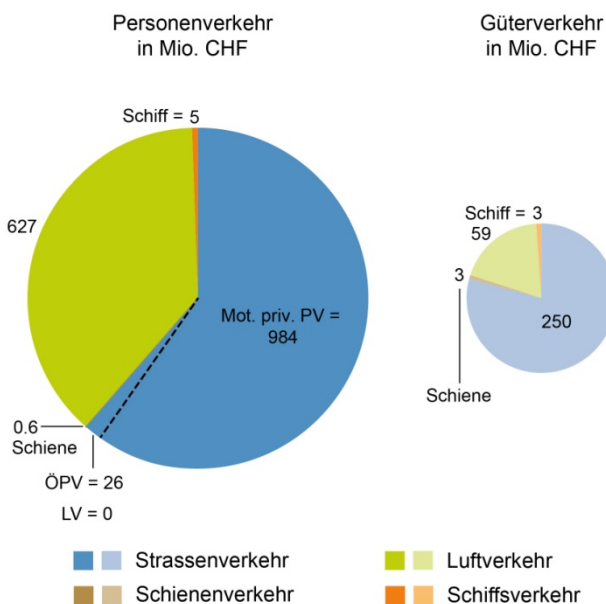
Die Forschung im Bereich der Quantifizierung der Folgen des Klimawandels hat sich in den letzten Jahren stark entwickelt. Dennoch sind die Unsicherheiten insbesondere in Bezug auf die langfristigen Folgen und Schäden erheblich, da beispielsweise die Kosten infolge irreversibler Kippeffekte (z.B. Golfstrom) nicht verlässlich berechnet werden können.

Der zentrale Punkt bei der Berechnung der klimabedingten externen Kosten ist die Frage, wie hoch der Kostensatz einer ausgestossenen Tonne CO<sub>2</sub> ist. Die vorliegenden Berechnungen orientieren sich dazu an folgenden Grundsätzen:

- Gemäss breitem Konsens in der Forschung wird davon ausgegangen, dass sich das Klima im weltweiten Durchschnitt nicht mehr als 2 Grad Celsius über das Niveau vor der Industrialisierung erwärmen sollte, damit die negativen Effekte des Klimawandels nicht zu gross werden.
- Der Kostensatz drückt aus, wie viel es kostet, eine Tonne CO<sub>2</sub>-Ausstoss zu vermeiden, wenn die erwähnte 2-Grad-Limite eingehalten werden soll (sog. Vermeidungskostenansatz).

Basierend auf internationalen Studien zu den globalen Vermeidungskosten wird für das Jahr 2010 von einem mittleren Wert von 107 CHF pro Tonne CO<sub>2</sub><sup>17</sup> ausgegangen. Dieser Kostensatz wird mit der Menge des ausgestossenen CO<sub>2</sub> der einzelnen Verkehrsträger multipliziert.

**Abbildung 13: Externe Klimakosten 2010**



Für das Jahr 2010 ergeben sich bei diesem mittleren CO<sub>2</sub>-Kostensatz externe Klimakosten des Verkehrs von 1959 Mio. CHF. Knapp zwei Drittel dieser Kosten, nämlich 1261 Mio. CHF, entfallen auf den Strassenverkehr, gut ein Drittel, 686 Mio. CHF, auf den Luftverkehr. Schienen- und Schiffsverkehr verursachen nur sehr geringe (direkte) Klimakosten von 4 Mio. CHF resp. 8 Mio. CHF. Die Klimaschäden für die Bereitstellung des Bahnstroms werden bei den vor- und nachgelagerten Prozessen in Kapitel 4.7 berücksichtigt.

Augrund der Unsicherheiten bei der Bestimmung des CO<sub>2</sub>-Kostensatzes werden nebst dem Hauptergebnis (basierend auf dem mittleren CO<sub>2</sub>-Kostensatz) als Sensitivität auch die Bandbreiten der möglichen Klimakosten angegeben, wenn ein tieferer bzw. ein höherer CO<sub>2</sub>-Kostensatz (61 resp. 188 CHF pro t CO<sub>2</sub>) verwendet würde. Wird mit dem tieferen CO<sub>2</sub>-Kostensatz gerechnet, betragen die gesamten Klima-

kosten knapp 1.1 Mrd. CHF, das heisst sie liegen 45% tiefer als das Hauptergebnis. Wird andererseits der hohe CO<sub>2</sub>-Kostensatz angewandt, ergeben sich Klimakosten von gut 3.5 Mrd. CHF im Jahr 2010 (80% höher als das Hauptergebnis).

Mit dem Klimarappen entrichtete der Strassenverkehr 2010 einen Internalisierungsbeitrag in der Höhe von 105 Mio. CHF. Ohne diese Internalisierung wären für den Strassenverkehr Klimakosten von 1365 Mio. CHF auszuweisen. Auch auf dem Schienen- und Schiffsverkehr wurde der Klimarappen erhoben, wobei die Einnahmen deutlich tiefer liegen als beim Strassenverkehr, nämlich bei 0.3 Mio. CHF resp. 0.6 Mio. CHF.

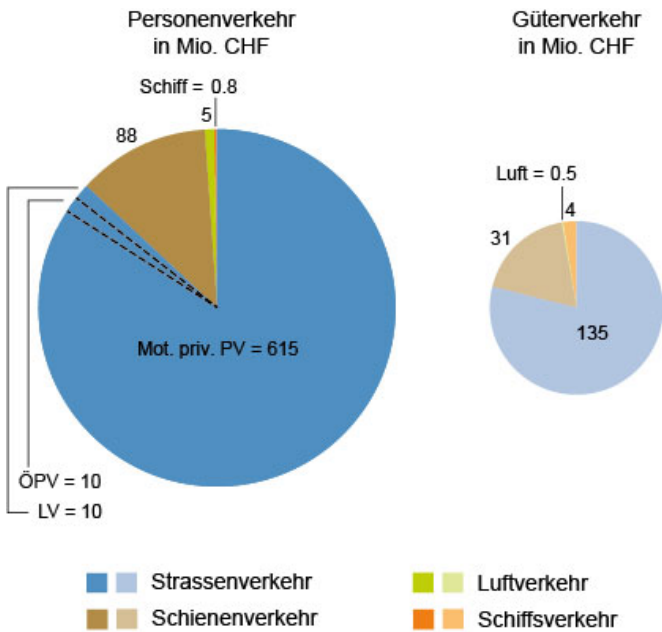
## 4.6 Natur und Landschaft

Der Verkehr hat neben den bereits erwähnten Luftverschmutzungsschäden noch weitere Auswirkungen auf Natur und Landschaft. Bau und Betrieb von Verkehrsinfrastrukturen führen zu Zerschneidungen und Verlusten von Lebensräumen für Fauna und Flora, zu sogenannter Habitatfragmentierung und zu Habitatverlusten. Die Habitatfragmentierung wird nur bei den Verkehrsträgern Strasse und Schiene als genügend relevant eingestuft, um deren Kosten zu berechnen.

Die Berechnung der Kosten infolge Habitatfragmentierung und -verlusten basieren auf dem Ersatzkosten-Ansatz. Bezüglich der Habitatfragmentierung wurden die Kosten bestimmt, die für die Erstellung von Defragmentierungsbauwerken (Überführungen, Unterführungen, Durchlässe) notwendig wären. Hinsichtlich der Habitatverluste wurde ermittelt, was es kosten würde, die verlorenen Biotop- bzw. Ökosystemflächen anderswo wieder herzustellen. Eingerechnet sind Kosten für Landerwerb, Instandstellung und Pflege der Ersatzflächen.

<sup>17</sup> Genau genommen bezieht sich der Kostensatz auf die Menge an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (CO<sub>2</sub>-eq). Die Daten der Emissionsmengen der verschiedenen Verkehrsträger liegen in CO<sub>2</sub>-eq vor.

**Abbildung 14: Externe Kosten im Bereich Natur und Landschaft 2010**



Im Jahr 2010 entstehen durch das Schweizer Verkehrssystem im Bereich Natur und Landschaft externe Kosten von insgesamt 900 Mio. CHF. Der Strassenverkehr verursacht mit 770 Mio. CHF den Grossteil dieser Kosten (86%), auf den Schienenverkehr entfallen 119 Mio. CHF (13%). Dem Luftverkehr und dem Schiffsverkehr sind 6 Mio. CHF respektive 5 Mio. CHF anzurechnen.

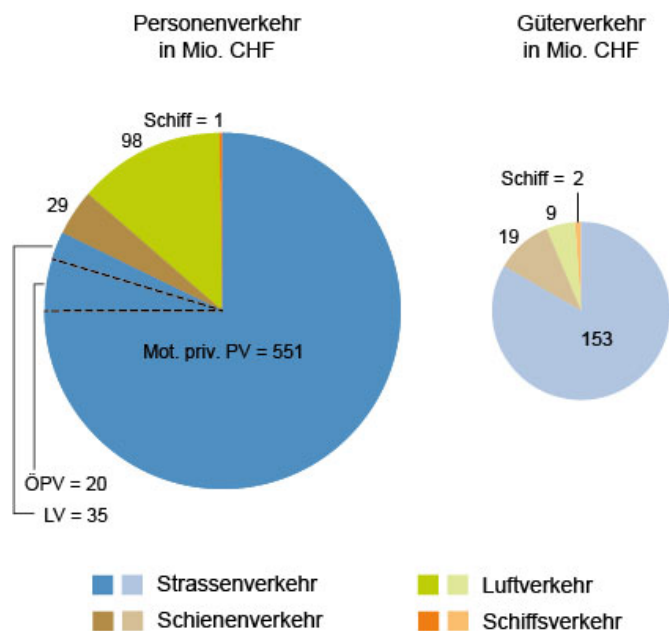
#### 4.7 Vor- und nachgelagerte Prozesse

Bei der Bereitstellung der Antriebsenergie für die Fahrzeuge sowie bei Bau, Unterhalt und Entsorgung von Fahrzeugen und Verkehrsinfrastrukturen treten zahlreiche Umweltbelastungen auf. So entstehen beispielsweise bei der Gewinnung und Aufbereitung von Treibstoffen oder dem Unterhalt von Verkehrsinfrastrukturen verschiedene Schadstoffemissionen. Diese Emissionen und die daraus hervorgehenden Schäden stammen aus Prozessen, die der Verkehrsaktivität vor- oder nachgelagert sind, und somit ursächlich dem Verkehr zuzuordnen sind.

Aufgrund der starken Vernetzung der Weltwirtschaft treten die Umweltbelastungen aus den vor- und nachgelagerten Prozessen global auf, die Bewertung der Schäden ist jedoch stark vom regionalen bzw. nationalen Kontext abhängig. Aus

Gründen der Machbarkeit fokussiert der vorliegende Berechnungsansatz auf die wichtigsten globalen Umweltbelastungen, die der Schweizer Verkehr verursacht, und bei denen mit pauschalen Kostensätzen aus internationalen Studien gerechnet werden kann. Dies trifft insbesondere auf den Kostensatz für den CO<sub>2</sub>-Ausstoss zu (107 CHF pro Tonne CO<sub>2</sub>, siehe Kapitel 4.5). Im Gegensatz zu den bisherigen Berechnungen werden neu aber auch die Effekte anderer Schadstoffemissionen wie Stickoxide, Feinstaub, Schwefeldioxid und flüchtige organische Verbindungen einbezogen. Aus einem EU-Projekt liegen Kostensätze für die Bewertung der Schäden aus diesen Luftschadstoffen vor.<sup>18</sup> Die Kostensätze beziehen sich auf die nördliche Hemisphäre, weil die meisten Vorprozesse dort stattfinden.

**Abbildung 15: Externe Kosten der vor- und nachgelagerten Prozessen 2010**



Die Kosten für vor- und nachgelagerte Prozesse 2010 betragen 917 Mio. CHF, wovon 758 Mio. CHF (83%) beim Strassenverkehr und 108 Mio. CHF (12%) beim Luftverkehr anfallen. Der Schienenverkehr verursacht 48 Mio. CHF (5%), der Anteil des Schiffsverkehrs beträgt 3 Mio. CHF und liegt somit unter einem Prozent.

<sup>18</sup> Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart (2012), basierend auf EU-Studie HEIMTSA (2011).

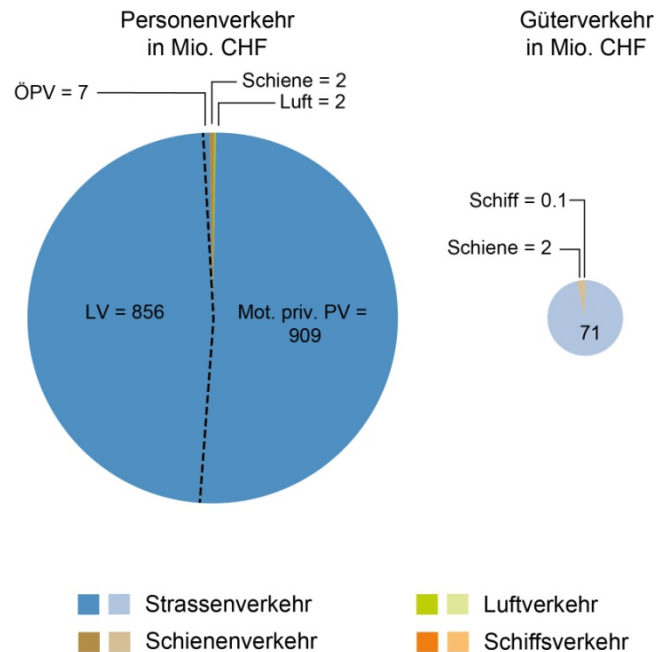
## 4.8 Unfälle

Die Verkehrsunfälle verursachen Kosten, die teilweise von den Verkehrsteilnehmenden selbst oder ihren Motorfahrzeughaftpflichtversicherungen getragen werden. Teilweise werden sie aber auch auf andere Verkehrsteilnehmende und die Allgemeinheit überwältzt. Letzteres sind externe Kosten, die sich aus folgenden Bestandteilen zusammensetzen:

- Leistungen aus der Invalidenversicherung, der Alters- und Hinterlassenenversicherung sowie von weiteren Versicherungen, die für Unfallschäden aufkommen, aber keine verkehrsspezifischen Prämien erheben (d.h. Versicherungen, für deren Prämienhöhe es keine Rolle spielt, ob bzw. wie intensiv die Versicherten am Verkehr teilnehmen).
- Produktionsausfälle, Wiederbesetzungskosten der Arbeitgeber
- Administrative Kosten bei Versicherungen
- Polizei- und Rechtsfolgekosten, welche nicht über Verkehrseinnahmen oder Verkehrsrechtsschutzversicherungen abgedeckt werden.

Für die Berechnung der externen Unfallkosten werden die Anzahl Unfälle, unter Einschluss der polizeilich nicht registrierten Unfälle und Opfer (sog. Dunkelziffer), die verursachende Fahrzeugkategorie, die Anzahl der Verletzten und die Schwere ihrer Verletzungen sowie die Anzahl Todesfälle erhoben. Aus diesen Angaben und den Kostensätzen für die externen Kosten pro Opfer können die externen Unfallkosten bestimmt werden.

Abbildung 16: Externe Kosten Unfallkosten 2010



Die externen Unfallkosten entstehen praktisch ausschliesslich im Strassenverkehr und belaufen sich auf insgesamt 1843 Mio. CHF (99.7%), wobei die drei Kategorien Langsamverkehr, Personenwagen und Motorräder (856 Mio. CHF, 591 Mio. CHF resp. 258 Mio. CHF)<sup>19</sup> die Hauptverursacher sind. Auf alle anderen Verkehrsträger entfällt weniger als ein Prozent der externen Unfallkosten 2010: auf den Schienenverkehr 4 Mio. CHF, den Luftverkehr 2 Mio. CHF und den Schiffsverkehr 0.1 Mio. CHF.

## 4.9 Gesundheitsnutzen im Langsamverkehr

Die körperliche Aktivität im Langsamverkehr wirkt sich positiv auf die menschliche Gesundheit aus. Personen, die im Alltag regelmässig zu Fuss oder mit dem Velo unterwegs sind, sind im statistischen Durchschnitt weniger krank und leben länger. Epidemiologische Studien zeigen auf, dass ein Zusammenhang besteht zwischen körperlicher Aktivität im Langsamverkehr und einem verringerten Risiko bezüglich Diabetes, Herz-Kreislaufkrankungen, verschiedenen Krebsarten, Demenz und Depression.

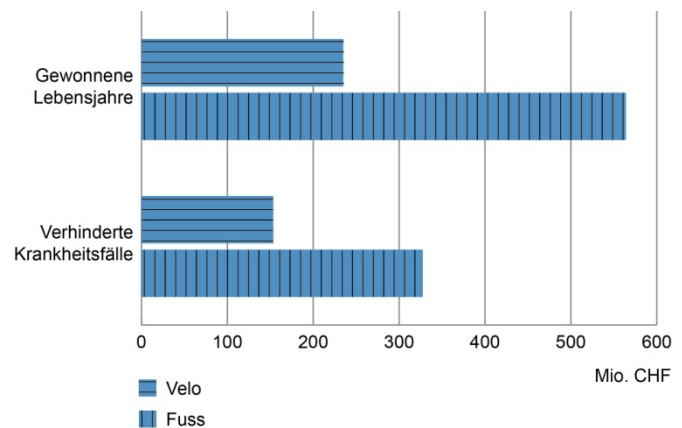
<sup>19</sup> Dabei ist in Erinnerung zu rufen, dass aus Sicht Verkehrsträger Unfallkosten zwischen den Fahrzeugkategorien des Strassenverkehrs (z.B. Unfälle zwischen Fussgänger und PW) nicht als externe Kosten gelten.

Der Grossteil des Nutzens aus der körperlichen Aktivität im Langsamverkehr ist intern. Schliesslich profitiert diejenige Person, die körperlich aktiv ist, zuallererst selber von ihrer besseren Gesundheit. Zum Teil kommen die positiven Auswirkungen aber auch Dritten zugute: Der verbesserte Gesundheitszustand führt zu einer Reduktion von Krankheitsfällen, und somit zu Einsparungen bei den medizinischen Heilungskosten. Ferner reduzieren sich dadurch die Produktionsausfälle und die Kosten für die Wiederbesetzung von Arbeitsstellen. Die so eingesparten Kosten müssten ansonsten Krankenkassen (im Fall der medizinischen Heilungskosten), die Gesellschaft (bei Nettoproduktionsausfällen) und Arbeitgeber (Kosten von Stellenwiederbesetzungen) übernehmen. Zudem können durch die Vermeidung von frühzeitigen Todesfällen Hinterlassenenrenten (Witwen-, Witwer- und Waisenrenten) eingespart werden, die von der AHV und somit von der Allgemeinheit zu bezahlen wären.

Die Vermeidung dieser Kosten führt zu realen Ressourceneinsparungen bei Dritten, da sie ausserhalb des persönlichen Nutzens der Fussgängerin oder des Velofahrers liegen. Damit stellen sie einen externen Nutzen dar, welcher nicht in die persönlichen Abwägungen der Langsamverkehrsteilnehmenden einfließt.

Die Bewertungsmethodik orientiert sich am Vorgehen zur Berechnung der Gesundheitskosten durch Luft- und Lärmbelastung. Die gewonnenen Lebensjahre und die verhinderten Krankheitsfälle errechnen sich aus dem Ausmass der körperlichen Betätigung im Langsamverkehr und den Belastungs-Wirkungs-Beziehungen zwischen Bewegung und verschiedenen Krankheitsbildern. Pro vermiedenem Krankheitsfall bzw. gewonnenem Lebensjahr wird mit denselben Kostensätzen gerechnet wie bei den Gesundheitskosten durch Luft- und Lärmbelastung.

**Abbildung 17: Externe Nutzen durch Langsamverkehrsaktivitäten<sup>20</sup> 2010**



Insgesamt werden durch die Aktivitäten im Langsamverkehr 1281 Mio. externe Nutzen erzeugt. Die zu Fuss Gehenden tragen 892 Mio. CHF (70%) dazu bei, die Velofahrenden 389 Mio. CHF (30%).

## 4.10 Weitere Kosten

### Bodenschäden durch toxische Stoffe

Die vom Verkehr erzeugten Abgase schädigen den Boden über die in Kapitel 4.3 quantifizierten Waldschäden hinaus. Konkret wird die Bodenqualität auch durch Schwermetalle beeinträchtigt. Diese Bodenverschmutzungen entstehen entlang von Verkehrswegen durch die Emission von Schwermetallen und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und verursachen relevante externe Kosten.

Die Berechnung dieser Kosten erfolgt anhand eines Reparaturkostenansatzes. Dabei werden die Kosten für die Sanierung der mit Schwermetallen bzw. PAK verschmutzten Böden berechnet. Diese Berechnungsmethodik basiert auf der Überlegung, dass Böden mit einer Schadstoffbelastung oberhalb eines bestimmten Grenzwertes langfristig nicht mehr fruchtbar sind und eine potenzielle Gefährdung für Pflanzen, Tiere und allenfalls auch für Menschen darstellen können. Diese Kosten wurden nur für den Strassen- und Schienenverkehr berechnet, da der Luft- wie auch der Schiffsverkehr nicht relevant sind als Emittenten der betreffenden Schadstoffe.

<sup>20</sup> Zu fahrzeugähnlichen Geräten sind keine Daten vorhanden.



Im Jahr 2010 betragen die externen Kosten durch Bodenschäden 142 Mio. CHF. Davon sind dem Strassenverkehr 118 Mio. CHF (83%) und dem Schienenverkehr die restlichen 24 Mio. CHF (17%) zuzurechnen.

#### **Zusatzkosten in städtischen Räumen: Beeinträchtigung von Ortsbild und Aufenthaltsqualität**

Aus Sicht Verkehrsträger entstehen in städtischen Räumen durch die Beeinträchtigung von Ortsbild und Aufenthaltsqualität externe Kosten. Stark belastete Verkehrsachsen innerhalb von dicht besiedelten Gebieten können zu visuellen Beeinträchtigungen, einer Verminderung der Aufenthaltsqualität sowie generell einer Reduktion der Lebensqualität führen. Letzteres drückt sich in potenziellen Sicherheitsrisiken (gefühlte Sicherheit), Lärm bei Aufenthalt im Freien sowie durch Trennwirkungen aus.

Viele aktuell durchgeführte Aufwertungsprojekte von Ortsdurchfahrten (bspw. im Rahmen der Agglomerationsprogramme des Bundes) zeigen den steigenden Problemdruck auf. Konkret geht es bei diesen Projekten unter anderem um Betriebs- und Gestaltungskonzepte, Massnahmen zur Erhöhung der sicheren Koexistenz zwischen motorisiertem Verkehr und Langsamverkehr, Gestaltung der Fahrbahn sowie um Grünraummassnahmen. Die getätigten Investitionen in solche Aufwertungsprojekte widerspiegeln die politische und gesellschaftliche Zahlungsbereitschaft zur Reparatur bzw. Verminderung dieser Schäden.

Für die Bewertung der Kosten wird deshalb ein Reparaturkostenansatz verwendet, der auf die realisierten Aufwertungs- und Sanierungsprojekte im Rahmen der Agglomerationsprogramme des Bundes zurückgreift. Dieser Kostensatz wird auf denjenigen Teil des Strassennetzes angewendet, der zu den Hauptverkehrsachsen innerhalb des Siedlungsgebietes gehört und gemäss Verkehrsmodellierung des Bundes mit durchschnittlich 10000 Fahrzeugen pro Tag und mehr belastet ist.

Die Beeinträchtigung von Ortsbild und Aufenthaltsqualität wurde nur für den Strassenverkehr quantifiziert und belief sich 2010 auf 112 Mio. CHF. Auf Grund der geringen Relevanz und der schwierigen Zuordnung der Kosten wurde auf eine entsprechende Berechnung für den Schienenverkehr verzichtet.

#### **Zusatzkosten in städtischen Räumen: Trennwirkungen**

In städtischen Räumen kommt es zudem zu Trennwirkungen, indem für Langsamverkehrsteilnehmende bei der Querung von Strassen und Schienen Wartezeiten entstehen. Diese Zeitverluste werden mit einem Schadenskostenansatz monetarisiert. Die zwei wichtigsten Inputgrössen sind hier die erlittenen Zeitverluste sowie der Zeitkostensatz, nach welchem diese Verluste bewertet werden. Für Letzteren wird auf die Norm des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS) für Zeitkostenansätze im Personenverkehr<sup>21</sup> zurückgegriffen (für das Jahr 2010: 20.1 CHF pro Stunde).

Aus Sicht Verkehrsträger sind diese Trennwirkungen zwischen Langsamverkehr und motorisiertem Strassenverkehr intern (der Langsamverkehr gehört zum selben Verkehrsträger wie der motorisierte Strassenverkehr), zwischen Langsamverkehr und Schienenverkehr jedoch extern (hier handelt es sich um verschiedene Verkehrsträger). Daher werden aus Sicht Verkehrsträger an dieser Stelle nur externe Kosten für den Schienenverkehr ausgewiesen. Sie belaufen sich für das Jahr 2010 auf 33 Mio. CHF.

---

<sup>21</sup> SN 641 822a (2009).

## 5. Entwicklungen der externen Kosten seit 2005

Bei der Beurteilung der Entwicklungen der externen Kosten zwischen 2005 und 2010 ist zu berücksichtigen, dass zwischen den Berechnungen 2005-2009 und den Berechnungen 2010 eine Methodenüberarbeitung stattgefunden hat (siehe Kapitel 2.1). Ein Vergleich der Zahlen über die Zeit von 2005-2010 ist somit mit Vorsicht zu interpretieren, da Veränderungen zwischen 2009 und 2010 vor allem auf neue methodische Aspekte und überarbeitete Datengrundlagen zurückzuführen sind. Zudem umfassten die Berechnungen zu den externen Kosten 2005-2009 bisher lediglich den Schienen- und Strassenverkehr, während der Langsamverkehr nicht als eigene Kategorie ausgewiesen wurde. Die Entwicklungen der externen Kosten im vorliegenden Kapitel beziehen sich somit nur auf den Strassen- und Schienenverkehr.

### Neue Kosten- und Nutzenbereiche

Neu wurden für das Jahr 2010 Biodiversitätsverluste aufgrund der Luftverschmutzung und die externen Gesundheitsnutzen des Langsamverkehrs berechnet.

### Neue Kostenbestandteile in bestehenden Kostenbereichen

In drei Kostenbereichen werden für 2010 neue Kostenbestandteile ausgewiesen:

- Natur und Landschaft: Neu werden Habitatverluste auch innerhalb von Siedlungen berücksichtigt.
- Vor- und nachgelagerte Prozesse: Neben den CO<sub>2</sub>-Emissionen werden zusätzliche Luftschadstoffe berücksichtigt (Stickoxide, Feinstaub, Schwefeldioxid und flüchtige organische Verbindungen).
- Zusatzkosten in städtischen Räumen: Neu wird die Beeinträchtigung des Ortsbildes berücksichtigt. Die Trenneffekte jedoch fallen bei der Sicht Verkehrsträger für den Strassenverkehr weg.

### Entwicklungen der Grundlagendaten

Zwischen 2005 und 2010 haben sich folgende Faktoren, welche nicht ursächlich mit dem Verkehrsgeschehen zusammenhängen, kostentreibend ausgewirkt:

- Steigende Preise (z.B. Nominallohne und Immobilienpreise resp. Mieten)
- Bevölkerungszunahme
- Zunahme der Anzahl Wohnungen

Diese Faktoren hatten sowohl für den Strassen- wie für den Schienenverkehr einen kostensteigernden Effekt, insbesondere in den Bereichen Luftverschmutzung, Lärm und Unfälle.

### Entwicklungen im Strassenverkehr

Im Strassenverkehr liegen die berechneten Werte der externen Kosten für 2010 insgesamt auf einem etwas höheren Niveau als für 2005, im Vergleich zum Höchstwert – der 2007 erreicht wurde – sind sie leicht gesunken. Dies ist auf verschiedene, teilweise gegenläufige Effekte zurückzuführen, von denen einige bereits im vorangehenden Abschnitt erwähnt wurden. Spezifisch auf den Strassenverkehr bezogen sind aber nachfolgende Einflussfaktoren zu erwähnen:

Eine kostensenkende Wirkung hatte die Revision der Fahrleistungsdaten des BFS; insbesondere wurden die Fahrleistungen des motorisierten Personenverkehrs deutlich nach unten korrigiert. Dies wirkt sich vor allem in den Bereichen Klima, Ernteauffälle und Waldschäden aus.

Auch die Häufigkeit und Schwere der Unfälle im Strassenverkehr hat deutlich abgenommen, mit einer kostensenkenden Wirkung auf die Unfallkosten von über 400 Mio. CHF.

Die methodischen Anpassungen hatten folgende Effekte:

- Abnahme der ausgewiesenen Gesundheitskosten infolge der Luftbelastung um ca. 430 Mio. CHF aufgrund des neu tiefer geschätzten Belastungs- Wirkungszusammenhangs zwischen Luftbelastung und verlorenen Lebensjahren sowie aufgrund von Veränderungen der PM10 - Immissionsmodellrechnungen (dem Strassenverkehr wird neu ein kleinerer Anteil an PM10-Immissionen zugeschrieben).
- Durch den Einbezug des Langsamverkehrs werden nun auch Sport- und Freizeitunfälle mit berücksichtigt, sofern sie sich auf der Strasse ereignen. Dadurch erhöhten sich die Unfallkosten um 250 Mio. CHF.

- Zunahme der ausgewiesenen Lärmkosten um ca. 140 Mio. CHF. Die neue (tiefere) Lärmschwelle und ein neuer (geringerer) Kostensatz pro dBA Lärm, sowie die neue Lärmmodellierung mit aktuelleren Daten führen im Strassenverkehr insgesamt zu einer Kostensteigerung.
- Zunahme der ausgewiesenen Kosten der Klimaschäden um ca. 100 Mio. CHF aufgrund des höheren Klimakostensatzes. Neu basiert der Kostensatz auf den Vermeidungskosten und nicht mehr auf einer Kombination von Vermeidungs- und Schadenskosten.

**Abbildung 18: Externe Kosten des Strassenverkehrs 2005-2010 (Sicht Verkehrsträger) in Mio. CHF**

Strasse	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Gesundheitsschäden						
Luftverschmutzung	1 834	1 897	1 937	1 939	1 970	1 505
Gebäudeschäden						
Luftverschmutzung	274	284	294	302	298	310
Ernteauffälle Luftverschmutzung	63	70	68	63	49	56
Waldschäden Luftverschmutzung	64	84	80	45	37	48
Biodiversitätsverluste						
Luftverschmutzung	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	141
Lärm	1 101	1 135	1 174	1 218	1 262	1 463
Klima	1 256	1 285	1 292	1 209	1 210	1 261
Natur und Landschaft <sup>22</sup>	687	717	748	764	747	770
Bodenschäden durch toxische Stoffe	107	115	121	122	119	118
Vor- und nachgelagerte Prozesse <sup>23</sup>	593	626	631	601	604	758
Unfälle	2 017	2 078	2 156	2 073	2 076	1 843
Zusatzkosten in städtischen Räumen	78	79	82	85	87	112
<b>Total (ohne Abzug LSVA)</b>	<b>8 074</b>	<b>8 370</b>	<b>8 583</b>	<b>8 421</b>	<b>8 459</b>	<b>8 385</b>
Internalisierung durch Anteil LSVA	-582	-656	-690	-802	-787	-720
<b>Total (mit Abzug LSVA)</b>	<b>7 492</b>	<b>7 714</b>	<b>7 893</b>	<b>7 619</b>	<b>7 672</b>	<b>7 665</b>

M = Methodenüberarbeitung

<sup>22</sup> 2010: inkl. 10 Mio. CHF verursacht durch LV.

<sup>23</sup> 2010: inkl. 34 Mio. CHF verursacht durch LV.

## Entwicklungen im Schienenverkehr

Im Schienenverkehr nahmen die Kosten zwischen 2005 und 2010 insgesamt zu. Folgende methodenbedingte Gründe sind dafür verantwortlich:

- Zunahme der ausgewiesenen Lärmkosten um ca. 180 Mio. CHF. Die Tatsache, dass die Bewertung der Lärmauswirkungen hauptsächlich auf dem Nachtlärm (statt wie bisher auf den Taglärm) basiert, erhöht die externen Lärmkosten infolge des Schienenverkehrs, weil der Nachtlärm im Schienenverkehr – im Gegensatz zum Strassenverkehr – nur unbedeutend unter dem Taglärm liegt. Dies und die neue (tiefere) Lärmschwelle, der neue (geringere) Kostensatz pro dBA Lärm sowie die neue Lärmmodellierung mit aktuelleren Daten führen in der Summe zu einer Kostensteigerung im Schienenverkehr.
- Zunahme der ausgewiesenen Kosten aufgrund der Luftverschmutzung (betr. Gesundheit und Gebäude) um ca. 60 Mio. CHF. Neue Modellrechnungen zu den PM10-Immissionen ergaben 2010 einen höheren Anteil des Schienenverkehrs an den PM10-Immissionen.

**Abbildung 19: Externe Kosten des Schienenverkehrs 2005-2010 (Sicht Verkehrsträger) in Mio CHF**

Schiene	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Gesundheitsschäden						
Luftverschmutzung	120	122	128	134	141	185
Gebäudeschäden						
Luftverschmutzung	15	16	17	18	19	38
Ernteauffälle Luftverschmutzung	2	1	1	1	1	1
Waldschäden Luftverschmutzung	2	1	1	1	1	1
Biodiversitätsverluste						
Luftverschmutzung	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2
Lärm	74	76	79	82	85	269
Klima	7	3	3	3	3	4
Natur und Landschaft	110	115	121	124	121	119
Bodenschäden durch toxische Stoffe	33	35	36	37	36	24
Vor- und nachgelagerte Prozesse	41	41	41	41	41	48
Unfälle	5	7	5	7	3	4
Zusatzkosten in städtischen Räumen	20	21	21	22	23	32
<b>Total</b>	<b>429</b>	<b>438</b>	<b>453</b>	<b>470</b>	<b>474</b>	<b>727</b>

M = Methodenüberarbeitung

## 6. Externe Kosten und Nutzen aus Sicht Verkehrsteilnehmende

Wie in Kapitel 2.2 erwähnt, können externe Kosten auch aus Sicht Verkehrsteilnehmende berechnet werden. Bei dieser Sichtweise sind alle Kosten, die nicht vom Verursacher selber getragen werden, extern und es steht die volkswirtschaftlich effiziente Nutzung der Verkehrsinfrastruktur im Zentrum der Kostenermittlung.

Im Vergleich zur Sicht Verkehrsträger entstehen bei der Sicht Verkehrsteilnehmende bei allen Verkehrsträgern zusätzliche Unfallkosten (2010: Strasse +791 Mio. CHF, Schiene +14 Mio. CHF, Luftverkehr +4 Mio. CHF, Schiffsverkehr +0.3 Mio. CHF). Im Strassenverkehr kommen zudem die Trenneffekte in städtischen Räumen hinzu, die der motorisierte Verkehr dem Langsamverkehr verursacht (+158 Mio. CHF).

Gesamthaft fallen damit die externen Kosten 2010 aus Sicht Verkehrsteilnehmende um 967 Mio. CHF höher aus als aus Sicht Verkehrsträger und betragen rund 10.3 Mrd. CHF.

### Abbildung 20: Externe Kosten und Nutzen 2010 aus Sicht Verkehrsteilnehmende

Strassen- / Schienenverkehr: Territorialprinzip<sup>9</sup>,  
Luft- / Schiffsverkehr: Halbstreckenprinzip<sup>10</sup>

Externe Kosten in Mio. CHF	Personen- verkehr	Güterver- kehr	Total
Strassenverkehr	Mot. priv. PV	6 285	
	LV	942	1 161
	ÖPV	224	
Schienenverkehr	417	324	741
Luftverkehr	846	78	923
Schiffsverkehr	31	27	58
<b>Total externe Kosten</b>	<b>8 745</b>	<b>1 590</b>	<b>10 334</b>
Gesundheitsnutzen			
Langsamverkehr	-1 282		-1 282

## 7. Externe Kosten aus Sicht Verkehrsart: Schwerverkehr

Die externen Kosten aufgrund des Strassenschwerverkehrs werden, wie in Kapitel 2.2 erwähnt, aus Sicht Verkehrsart berechnet. Aus dieser Sicht gelten Kosten, welche der Schwerverkehr dem restlichen Strassenverkehr verursacht, auch als extern (vgl. Fussnote 5). Gegenüber der Sichtweise Verkehrsträger erhöhen sich die Kosten 2010 in den Bereichen Unfälle (+34 Mio. CHF) und städtische Räume (+10 Mio. CHF). Zudem treten bei dieser Sichtweise auch externe Stauzeitkosten auf, welche sich 2010 auf 401 Mio. CHF belaufen<sup>24</sup>. Unter die Kategorie Schwerverkehr (im Sinne des SVAG) fallen Cars, Lastwagen und Sattelschlepper.

### Abbildung 21: Externe Kosten 2010 des Schwerverkehrs aus Sicht Verkehrsart

in Mio. CHF	Total
Gesundheitsschäden Luftverschmutzung	287
Gebäudeschäden Luftverschmutzung	59
Ernteauffälle Luftverschmutzung	18
Waldschäden Luftverschmutzung	15
Biodiversitätsverluste Luftverschmutzung	34
Lärm	389
Klima	173
Natur und Landschaft	94
Bodenschäden durch toxische Stoffe	44
Vor- und nachgelagerte Prozesse	108
Unfälle	56
Städtische Räume	16
Stauzeitkosten	401
<b>Zwischentotal</b>	<b>1 694</b>
<b>Anrechnung Anteil LSVA</b>	<b>-1 121</b>
<b>Total</b>	<b>573</b>

<sup>24</sup> ARE (2012), Neuberechnung der Stauzeitkosten. Schlussbericht.

Die externen Kosten als Folge des Schwerverkehrs – inklusive Stauzeitkosten und vor Anrechnung des LSVA-Anteils – betragen aus Sicht Verkehrsart 1694 Mio. CHF. Diesen externen Kosten steht ein Anteil der LSVA-Einnahmen von 1121 Mio. CHF<sup>25</sup> gegenüber, der einen Internalisierungsbeitrag an die externen Umwelt-, Gesundheits-, Unfall- und Staukosten darstellt. Es verbleiben 573 Mio. CHF nicht internalisierte externe Kosten. Um eine umfassende Sicht der vom Schwerverkehr verursachten und von ihm gedeckten Kosten zu erhalten, muss auch eine allfällige Überdeckung der Infrastrukturkosten mit einbezogen werden. Im Jahr 2010 belief sich diese auf ca. 400 Mio. CHF<sup>26</sup>.

---

<sup>25</sup> Berechnung: LSVA-Reinertrag von 1490 Mio. CHF minus Anteil für Strassenzwecke von 369 Mio. CHF ergibt 1121 Mio. CHF. Die Stauzeitkosten werden in Abb. 21 als Kostenbestandteil aufgeführt und daher hier nicht vom Reinertrag abgezogen.

<sup>26</sup> BFS (2012), Strassenrechnung der Schweiz 2010, publiziert im Dezember 2012. Die Strassenrechnung wird zurzeit überarbeitet; es könnte rückwirkend auf 2010 zu Datenanpassungen kommen.

## Anhang: Abkürzungsverzeichnis

AHV	Alters- und Hinterlassenenversicherung
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BFS	Bundesamt für Statistik
dBA	Schalldruckpegel in der Einheit Dezibel
GV	Güterverkehr
ISPMZ	Institut für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Zürich
LSVA	Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe
LV	Langsamverkehr
LW	Lastwagen
Mot. priv. PV und GV	Motorisierter privater Personen- und Güterverkehr
ÖPV	Öffentlicher Personenverkehr
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
Pkm	Personenkilometer
PM	Feinstaub (Particulate Matter; PM10: Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner gleich 10 Mikrometer)
PV	Personenverkehr
PW	Personenwagen
SN	Schweizer Norm
SS	Sattelschlepper
SVAG	Bundesgesetz über die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe
tkm	Tonnenkilometer
VOC	Volatile Organic Compounds (Flüchtige organische Verbindungen)
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute