



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

études

Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz

Aktualisierung für das Jahr 2005 mit
Bandbreiten

Zusammenfassung

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Raumentwicklung ARE
Bundesamt für Umwelt BAFU

Autoren

Ecoplan, Altdorf und Bern
Infras, Zürich

Heini Sommer, Gesamtprojektleitung, Ecoplan
Christoph Lieb, Hauptsachbearbeitung, Ecoplan
Markus Maibach, Projektleitung bei Infras
Christoph Schreyer, Infras
Daniel Sutter, Infras
Jürg Heldstab, Infras
Christian Marti, Infras
Helen Lückge, Infras

Reto Höin, Planteam GHS AG (Mengengerüst Lärm)
Martin Rööfli, Institut für Sozial- und Präventivmedizin, Universität Bern (Luftverschmutzungsbedingte Krankheits- und Todesfälle)
Matthias Haag, Wüest & Partner (Fassadenflächen 2005)

Begleitung seitens des Auftraggebers

Reto Lorenzi, Bundesamt für Raumentwicklung ARE
Nathalie Carron, Bundesamt für Raumentwicklung ARE
Ueli Balmer, Bundesamt für Raumentwicklung ARE
Rahel Galliker, Bundesamt für Strassen ASTRA
Markus Liechti, Bundesamt für Verkehr BAV
Sonia Pellegrini, Bundesamt für Umwelt BAFU
Andrea Lanz, Bundesamt für Statistik BFS
Jean-Marc Pittet, Bundesamt für Statistik BFS

Produktion

Stabsstelle Information ARE

Der Bericht gibt die Auffassung der Autoren wieder, die nicht notwendigerweise mit derjenigen der Auftraggeber oder der Begleitgruppe übereinstimmen muss.

Bezugsquelle

www.are.admin.ch

05.2008

Ausgangslage und Ziel

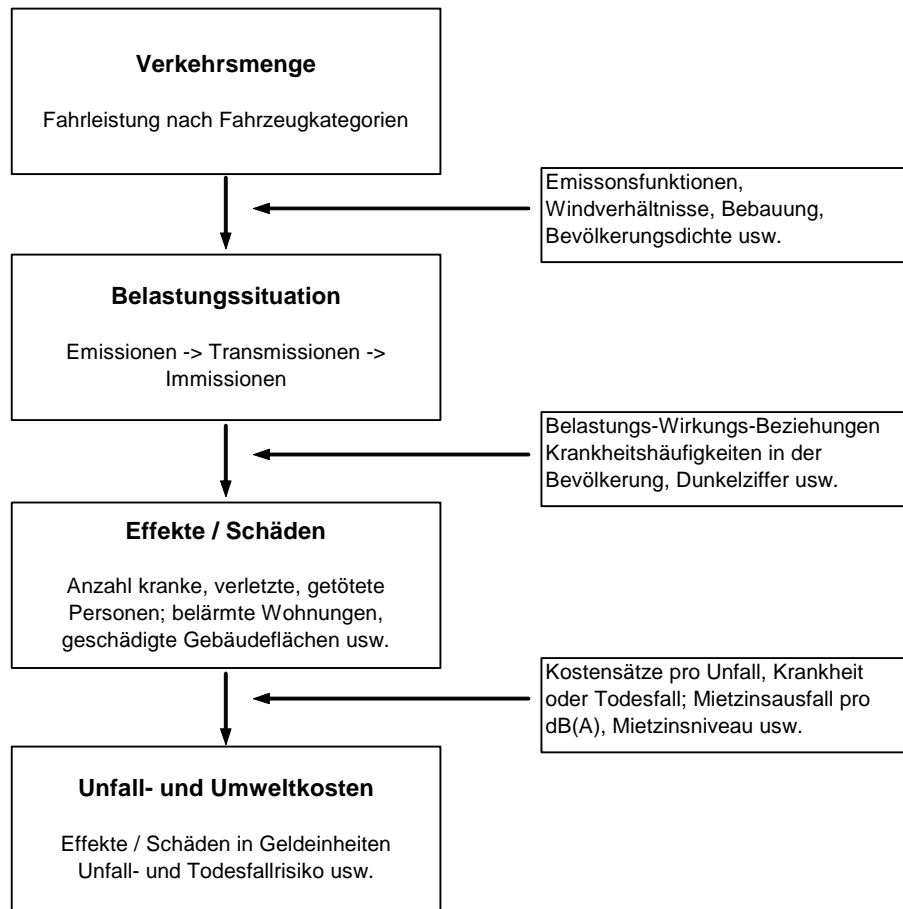
Gemäss Artikel 7 des Gesetzes über die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe vom 19. Dezember 1997 sind die externen Kosten und Nutzen des Verkehrs regelmässig aufzudatieren. Die Methodik der Aufdatierung muss dem jeweiligen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse entsprechen. Ausserdem haben die Bundesämter für Statistik und Raumentwicklung im Herbst 2006 erstmals eine integrale Transportrechnung für die Verkehrsträger Strasse und Schiene für das Jahr 2003 erstellt. Diese Rechnung, die neben den externen Kosten auch Betriebs- und Infrastrukturkosten enthält, soll für das Stichjahr 2005 aufdatiert werden. Beide Gründe haben zur vorliegenden Aktualisierung der externen Kosten des Verkehrs geführt.

Das **Ziel** der vorliegenden Arbeit ist es, die im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE) entstandenen Studien zu den **externen Kosten des Verkehrs** des Jahres 2000 **auf das Jahr 2005 aufzudatieren**. Die Aktualisierung erfolgt für die Verkehrsträger **Strasse** und **Schiene** separat. Die Kosten werden **differenziert nach Personen- und Güterverkehr** dargestellt. Für den Strassenverkehr wird zusätzlich eine Aufteilung der Kosten für verschiedene Fahrzeugkategorien vorgenommen. Ein weiterer Schwerpunkt dieses Projektes liegt auf dem Ausweis von **Bandbreiten** (oder 95%-Konfidenzintervallen), um die Unsicherheiten in einzelnen Annahmen der Berechnungen zu berücksichtigen.

Vorgehen bei der Berechnung der externen Kosten

Die Methodik zur Berechnung der externen Kosten des Verkehrs orientiert sich an der nachstehenden allgemeinen Systematik:

- Ausgangslage bilden die Verkehrsmengen im Strassen- und Schienenverkehr im Jahr 2005.
- Daraus wird die Belastungssituation abgeschätzt. Je nach Kostenbereich sind dafür Grundlagen wie Emissionsfunktionen, Windverhältnisse, Bevölkerungsdichte, Lärmschutzwände 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 oder um die Anzahl belärmter Wohnungen. Um diese Effekte bestimmen zu können, werden Belastungs-Wirkungs-Beziehungen, Überlebenswahrscheinlichkeiten und weitere Grundlagen verwendet.
- Schliesslich werden die Schäden in Geldeinheiten quantifiziert. Dazu werden je nach Kostenbereich spezifische Kostensätze pro Unfall, Verletzten, Krankheitsfall und verlorenes Lebensjahr sowie Mietzinsausfälle ermittelt und mit den ermittelten Schäden verknüpft.

Grafik 1: Allgemeine Systematik zur Berechnung von Unfall- und Umweltkosten

Sämtliche Ergebnisse werden als **Faktorkosten** ausgewiesen, d.h. die indirekten Steuern (z.B. MWST) werden herausgerechnet. Die Berechnung der Kosten erfolgt mit Ausnahme der Klimakosten nach dem **Territorialprinzip**: Es werden die Kosten in der Schweiz ermittelt, welche durch den Strassen- und Schienenverkehr entstehen. Für die Berechnung der Klimakosten wird ein globaler Ansatz verwendet, der die Schäden durch den Verkehr in der Schweiz berechnet. Bei der Berechnung werden auch Kosten berücksichtigt, die möglicherweise erst nach dem Jahr 2005 anfallen (z.B. medizinische Behandlungskosten, Produktionsausfall usw.), aber durch den Verkehr im Jahr 2005 verursacht werden.

In der Kurzfassung werden die **externen Kosten aus Sicht Verkehrsträger** ausgewiesen, d.h. es werden diejenigen Kosten ermittelt, die nicht vom Verursachenden selbst, sondern **von der Allgemeinheit getragen** werden. Bei der Sicht Verkehrsteilnehmende würden die externen Kosten höher ausfallen, weil dann zusätzlich auch jene Kosten zu berücksichtigen sind, die von anderen Verkehrsteilnehmern (nicht dem Verursacher, z.B. unschuldiges Unfallopfer) getragen werden.

Die Berechnungen beruhen auf dem **at least Ansatz**, d.h. überall wo Annahmen und Vereinfachungen vorgenommen werden, werden diese „so realistisch wie möglich, im Zweifelsfall

jedoch konservativ“ getroffen. Konkret bedeutet dies, dass bei Unsicherheiten vorsichtige Annahmen unterlegt werden, die eher zu einer Unter- als einer Überschätzung der tatsächlichen Kosten führen. Die Unsicherheiten werden mittels Bandbreiten quantifiziert.

Vorgehen bei der Aktualisierung

Für die Aktualisierung der Berechnungen wurden praktisch alle statistischen Grundlagen aus dem Jahr 2000 mit neuen Werten für das Jahr 2005 ersetzt. Nur bei einigen wenigen Daten musste aufgrund des sehr grossen Aufwandes und der beschränkten Ressourcen auf eine Aktualisierung verzichtet werden. Zudem wurden neue Forschungsergebnisse (z.B. die EU-Projekte IMPACT, HEATCO und CAFE CBA) ausgewertet und neue Datenquellen genutzt. Die wesentlichsten Aktualisierungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Allgemein: Anpassungen an das Preisniveau 2005, Berücksichtigung des Bevölkerungswachstums und der Erhöhung der Lebenserwartung.
- Unfälle: In einer Studie für die Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu) wurden Fortschritte in der Abstufung der Verletzungsschwere gemacht und das Wertgerüst wurde überarbeitet. Für den Schienenverkehr hat das Bundesamt für Verkehr (BAV) eine neue Datenbank zum Unfallgeschehen aufgebaut. Darin werden die Sachschäden umfassender als bisher erfasst und sie liefert zusätzliche Informationen zur Zuteilung auf die Verursacher.
- Lärm: Mit der Lärmdatenbank Schweiz (LDBS) steht ein neues Berechnungstool zur Verfügung, mit dem erstmals die verkehrliche Lärmbelastung in der Schweiz flächendeckend abgebildet werden kann. Bei der Bewertung der Mietzinsverluste durch den Lärm sind in den vergangenen Jahren diverse Studien für die Schweiz erschienen, die neue Erkenntnisse zum Einfluss des Lärms auf die Mietzins ermöglichen.
- Luftverschmutzung: Für alle Berechnungen wurden die aktuellen Emissions- und Immissionsberechnungen für das Jahr 2005 eingesetzt.
- Klima: Aufgrund neuerer Erkenntnisse internationaler Studien wurden die Kosten pro Tonne CO₂ angepasst. Dabei wird analog den Empfehlungen der EU zwischen einer kurzfristigen (mit tieferen Ansätzen) und langfristigen Betrachtungsweise (mit höheren Ansätzen) unterschieden. Da es für beide Betrachtungsweisen Argumente gibt, wird für die Berechnungen ein Mittelwert (90 CHF pro Tonne CO₂) eingesetzt.
- Kosten vor- und nachgelagerte Prozesse: Hier konnte auf die aktualisierte Ökobilanz-Datenbank von Ecoinvent zurückgegriffen werden, die teilweise deutlich veränderte Emissionen für verschiedene verkehrsrelevante Prozesse enthält. Ebenfalls aktualisiert wurden durch Ecoinvent die Emissionsdaten für die Bahnstromproduktion.

Ergebnisse

Gesamtverkehr

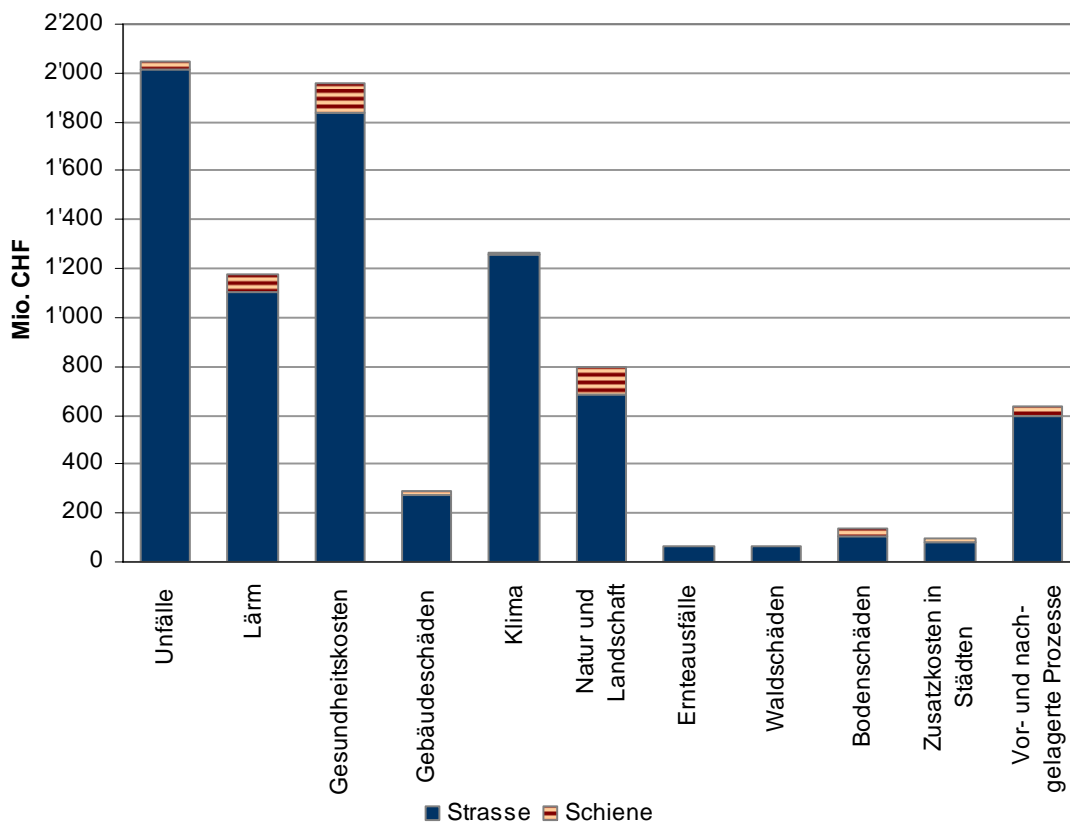
Tabelle 1 und Grafik 2 zeigen die Hauptergebnisse (Basisrechnung). Im Gesamtverkehr entstehen externe Kosten von 8.53 Mrd. CHF. Rund 95% dieser Kosten werden durch den Strassenverkehr verursacht, nur 5% entfallen auf den Schienenverkehr.

Tabelle 1: Externe Kosten des Verkehrs im Jahr 2005 in Mio. CHF (Basisrechnung)

	Strasse	Schiene	Total	Total in %
Unfälle (Sicht Verkehrsträger)	2'017	30	2'047	24.0%
Lärm	1'101	74	1'174	13.8%
Gesundheitskosten der Luftverschmutzung	1'834	120	1'954	22.9%
Gebäudeschäden der Luftverschmutzung	274	15	289	3.4%
Klima	1'256	7	1'264	14.8%
Natur und Landschaft	687	110	797	9.3%
Ernteauffälle	63	2	65	0.8%
Waldschäden	64	2	66	0.8%
Bodenschäden	107	33	140	1.6%
Zusatzkosten in städtischen Räumen	78	20	99	1.2%
Vor- und nachgelagerte Prozesse	593	41	634	7.4%
Total	8'074	455	8'529	100.0%
Anteil an Total	94.7%	5.3%	100.0%	

Bei der Bedeutung der verschiedenen Bereiche dominieren die Unfallkosten und die Gesundheitskosten der Luftverschmutzung, die zusammen 47% der Kosten (4.0 Mrd. CHF) verursachen. Auf Klima und Lärm entfallen je etwa 14% (1.2 Mrd. CHF) der Kosten.

Grafik 2: Externe Kosten des Verkehrs im Jahr 2005 in Mio. CHF



Strassenverkehr

In der Tabelle 2 werden die Ergebnisse des Strassenverkehrs auf die einzelnen Fahrzeugkategorien aufgeteilt. Auf den Personenverkehr entfallen 76% oder 6'134 Mio. CHF, auf den Güterverkehr 24% oder 1'941 Mio. CHF. Bei den einzelnen Fahrzeugkategorien sind die Personenwagen mit 57% dominant, gefolgt von den Lastwagen mit 10%, motorisierten Zweirädern (Motorräder und Mofas) mit 9%, Lieferwagen mit 8% sowie den Fahrrädern und Sattelschleppern mit je 6%.

Tabelle 2: Externe Kosten des Strassenverkehrs im Jahr 2005 in Mio. CHF

Personenverkehr	PW	Bus	Trolley	Tram	Car	MR	Mofa	Fahrrad	Fussgänger	Total
Unfälle (Sicht Verkehrsträger)	884	8			19	271	128	476	106	1'893
Lärm	501	25	0.3	1	12	227	1	0	0	768
Gesundheitskosten der Luftverschmutzung	922	66	6	n.v.	16	38		n.v.	0	1'047
Gebäudeschäden der Luftverschmutzung	127	9	n.v.	n.v.	2	5		n.v.	0	144
Klima	981	23	n.v.	n.v.	8	19		0	0	1'030
Natur und Landschaft	575	5	0	0	2	9		0	0	592
Ernteausfälle	26	4	n.v.	n.v.	1	1		0	0	33
Waldschäden	27	4	n.v.	n.v.	1	1		0	0	34
Bodenschäden	54	4	n.v.	n.v.	2	1		0	0	61
Zusatzkosten in städtischen Räumen	65	1	n.v.	n.v.	0.2	2		0	0	68
Vor- und nachgelagerte Prozesse	438	8	n.v.	n.v.	3	17		n.v.	0	466
Total	4'599	164.8			67	721		476	106	6'134
Anteil an Gesamttotal Strasse	57.0%	2.0%			0.8%	8.9%		5.9%	1.3%	76.0%

Güterverkehr	Li	LW	SS	Traktor, Arb.m.	Total	<i>Gesamttotal (PV + GV)</i>
Unfälle (Sicht Verkehrsträger)	63	30	16	16	124	2'017
Lärm	98	157	78	-0	333	1'101
Gesundheitskosten der Luftverschmutzung	252	353	182	n.v.	787	1'834
Gebäudeschäden der Luftverschmutzung	42	58	30	n.v.	130	274
Klima	81	95	50	n.v.	226	1'256
Natur und Landschaft	39	35	22	n.v.	95	687
Ernteausfälle	6	17	8	n.v.	31	63
Waldschäden	6	17	8	n.v.	31	64
Bodenschäden	9	24	13	n.v.	46	107
Zusatzkosten in städtischen Räumen	6	3	2	n.v.	10	78
Vor- und nachgelagerte Prozesse	40	53	34	n.v.	127	593
Total	642	840	443	16	1'941	8'074
Anteil an Gesamttotal Strasse	8.0%	10.4%	5.5%	0.2%	24.0%	100%

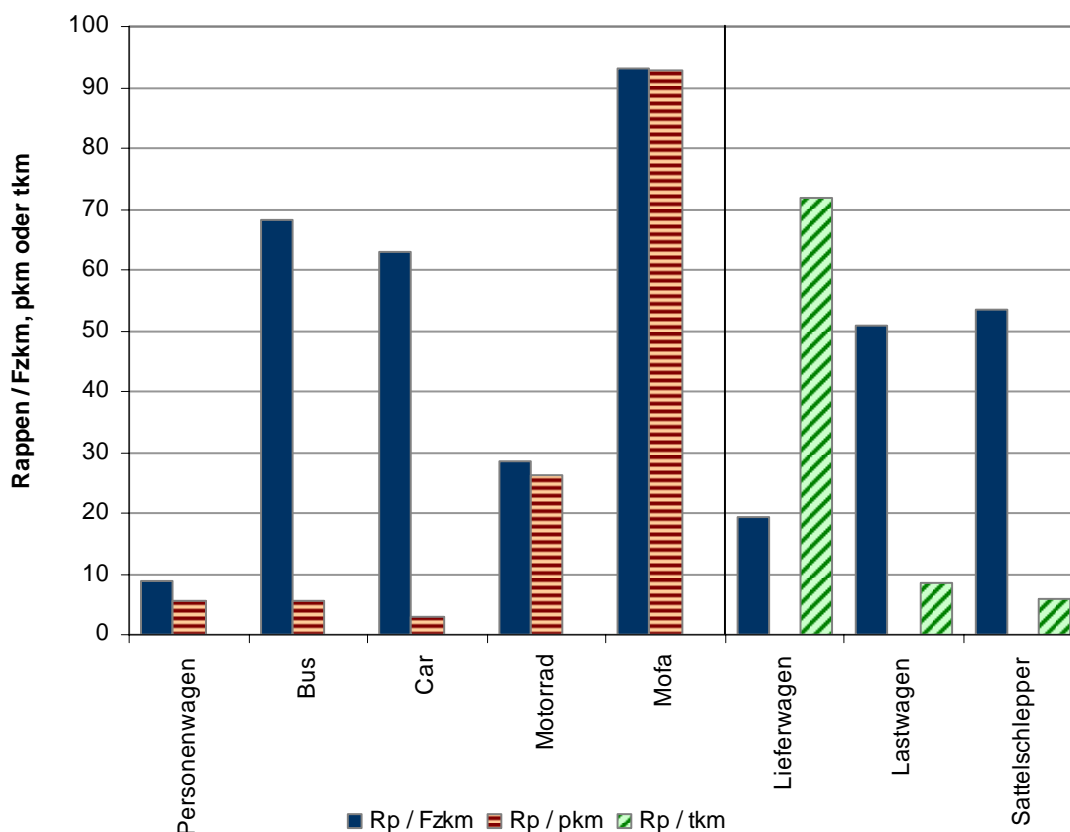
n.v. = nicht verfügbar, PW = Personenwagen, Bus = öffentlicher Bus, Car = Privatcar, MR = Motorrad, Li = Lieferwagen, LW = Lastwagen, SS = Sattelschlepper, Arb.m. = Arbeitsmaschine, PV = Personenverkehr, GV = Güterverkehr.

In der folgenden Grafik werden die Kosten pro Fzkm, pkm und tkm dargestellt. Pro Fzkm sind die Kosten der Personenwagen mit 9 Rp / Fzkm am tiefsten, gefolgt von den Lieferwagen mit 19 Rp / Fzkm. Motorräder und Mofas verursachen mit 28 bzw. 93 Rp / Fzkm deutlich höhere Kosten, was auf die wesentlich höheren Unfallkosten (insbesondere der Mofas) und die ho-

hen Lärmkosten der Motorräder zurückzuführen ist. Die grösseren Fahrzeuge – Busse, Cars, Lastwagen und Sattelschlepper – verursachen Kosten von 51 bis 68 Rp / Fzkm.

Grafik 3 zeigt auch, dass bezogen auf die pkm die Kosten von Cars mit 3.0 Rp / pkm am tiefsten sind, gefolgt von den öffentlichen Bussen und den Personenwagen mit je 5.5 Rp / pkm. Motorräder mit 26 Rp / pkm und insbesondere Mofas mit 93 Rp / pkm verursachen jedoch deutlich höhere externe Kosten (wiederum vor allem wegen den hohen Unfall- und Lärmkosten). Im Güterverkehr werden die Kosten auf die Tonnenkilometer bezogen. Die für den Warentransport eingesetzten Lastwagen und Sattelschlepper verursachen mit 9 bzw. 6 Rp / tkm deutlich tiefere Kosten als die Lieferwagen mit 72 Rp / tkm.

Grafik 3: Externe Kosten des Strassenverkehrs in Rappen pro Fzkm, pkm und tkm



Schienerverkehr

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse für den Schienenverkehr. Insgesamt entstehen externe Kosten von 455 Mio. CHF. Davon entfallen 56% oder 254 Mio. CHF auf den Personenverkehr, 39% oder 176 Mio. CHF auf den Güterverkehr und 6% oder 26 Mio. CHF auf durch Dritte (z.B. Reisende) verursachte Unfälle.

Tabelle 3: Externe Kosten des Schienenverkehrs im Jahr 2005 in Mio. CHF

	Personenverkehr	Güterverkehr	Dritte	Total
Unfälle (Sicht Verkehrsträger)	2	3	26	30
Lärm	53	20	-	74
Gesundheitskosten der Luftverschmutzung	55	65	-	120
Gebäudeschäden der Luftverschmutzung	8	7	-	15
Klima	1	6	-	7
Natur und Landschaft	73	37	-	110
Ernteausfälle	0	2	-	2
Waldschäden	0	2	-	2
Bodenschäden	21	12	-	33
Zusatzkosten in städtischen Räumen	17	4	-	20
Vor- und nachgelagerte Prozesse	23	18	-	41
Total	254	176	26	455
Anteil an Total	55.7%	38.6%	5.6%	100.0%

Im Schienenverkehr sind vor allem die Gesundheitskosten der Luftverschmutzung mit 27% sowie die Kosten für Natur und Landschaft mit 24% bedeutend. Auch der Lärm ist mit 16% ein wichtiger Kostenbestandteil.

Bezogen auf die Zugkm betragen die Kosten im Personenverkehr 155 Rp / Zugkm, im Güterverkehr sind es 505 Rp / Zugkm und damit 3.3-mal mehr.

Ein **Vergleich des Strassen- und Schienenverkehrs** zeigt, dass im Personenverkehr die Kosten pro pkm auf der Strasse 3.8-mal höher sind als auf der Schiene. Im Güterverkehr führt die Strasse zu 7-mal höheren Kosten pro tkm (es werden nur die tatsächlich transportierten Tonnen betrachtet).

Bandbreiten

Die Berücksichtigung von Unsicherheiten bei der Berechnung von externen Kosten des Verkehrs erfolgt in dieser expliziten und systematischen Weise erstmals. Dazu werden die Unsicherheiten so weit als möglich quantifiziert. Mittels einer Monte-Carlo-Simulation (mit einer Million Simulationen) wird jeweils das 95%-Konfidenzintervall ermittelt (mit 95%-iger Wahrscheinlichkeit, liegt das wahre Ergebnis innerhalb dieses Intervalls). Die wichtigsten Unsicherheiten sind dabei:

- Der VOSL (value of statistical life), der in den Bereichen Unfälle, Lärm und Gesundheitskosten einfließt, könnte auch um 50% tiefer oder um 100% höher liegen.
- Lärm: Die Lärmbelastung kann nur mit grossen Unsicherheiten bestimmt werden (ca. -60% bis +100% und mehr). Zudem kann auch die Abnahme der Mietzinse um 67% tiefer ausfallen oder um 50% höher.
- Gesundheitskosten des Lärms und der Luftverschmutzung: Die Belastungs-Wirkungs-Beziehungen der neun verschiedenen Krankheitsbilder schwanken um $\pm 15\%$ bis -100% und $+196\%$. Die verlorenen Lebensjahre, welche diese Kosten dominieren, schwanken um $\pm 47\%$.

- Klimakosten sowie vor- und nachgelagerte Prozesse: Der durch eine Tonne CO₂ entstehende und berechenbare Schaden könnte auch um 56% tiefer oder höher liegen. Die kurzfristige Betrachtungsweise bildet dabei den unteren, die langfristige Betrachtungsweise den oberen Wert.

Wie die folgende Tabelle zeigt, liegt das 95%-Konfidenzintervall im **Strassenverkehr zwischen 6.0 Mrd. CHF und 12.2 Mrd. CHF** (Schwankungsbreite –25% und +52%). Im **Schiennenverkehr** liegen die externen Kosten **zwischen 329 und 708 Mio. CHF** (Schwankungsbreite –28% und +56%). Die externen Kosten des Gesamtverkehrs liegen damit zwischen 6.4 und 12.9 Mrd. CHF (Schwankungsbreite –25% und +52%). Damit sind die Schwankungsbreiten im Strassen- und Schienenverkehr kleiner als in den meisten einzelnen Bereichen, denn hohe Ergebnisse beim einen externen Effekt und tiefe Ergebnisse beim anderen gleichen sich gegenseitig etwas aus.

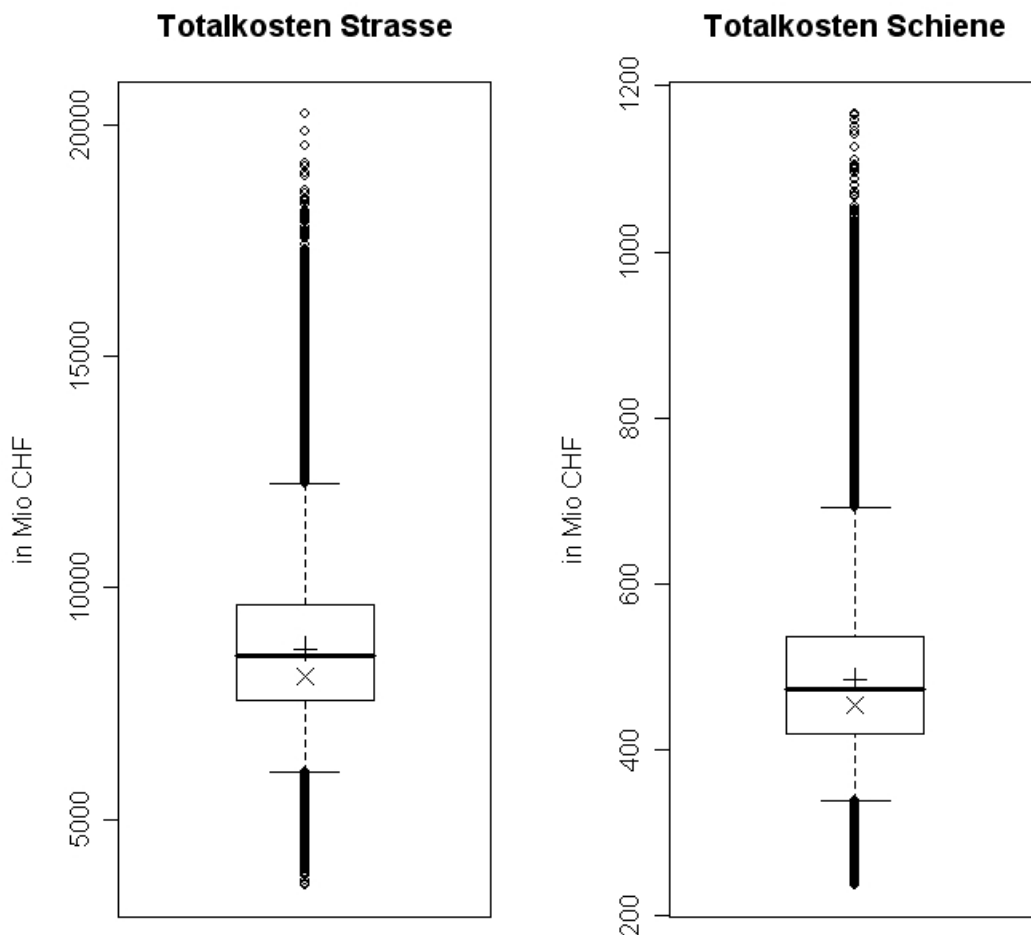
Tabelle 4: Ergebnisse der Monte-Carlo-Simulationen für die externen Kosten in Mio. CHF

	Basisrechnung	95%-Konfidenzintervall	95%-Konfidenzintervall
Strassenverkehr			
Unfälle (Sicht Verkehrsträger)	2'017	1'271 - 3'592	-37% - 78%
Lärm	1'101	367 - 2'587	-67% - 135%
Gesundheitskosten der Luftverschmutzung	1'834	885 - 3'974	-52% - 117%
Gebäudeschäden der Luftverschmutzung	274	169 - 391	-38% - 43%
Klima	1'256	558 - 1'963	-56% - 56%
Natur und Landschaft	687	483 - 891	-30% - 30%
Ernteauffälle	63	45 - 83	-29% - 32%
Waldschäden	64	41 - 95	-37% - 48%
Bodenschäden	107	47 - 225	-56% - 110%
Zusatzkosten in städtischen Räumen	78	35 - 132	-55% - 69%
Vor- und nachgelagerte Prozesse	593	262 - 934	-56% - 58%
Total	8'074	6'021 - 12'247	-25% - 52%
Schiennenverkehr			
Unfälle (Sicht Verkehrsträger)	30	20 - 49	-31% - 65%
Lärm	74	31 - 160	-58% - 117%
Gesundheitskosten der Luftverschmutzung	120	58 - 261	-52% - 117%
Gebäudeschäden der Luftverschmutzung	15	9 - 22	-39% - 43%
Klima	7	3 - 11	-56% - 56%
Natur und Landschaft	110	78 - 142	-29% - 29%
Ernteauffälle	1.8	1.3 - 2.3	-29% - 32%
Waldschäden	1.8	1.1 - 2.6	-36% - 48%
Bodenschäden	33	12 - 74	-65% - 124%
Zusatzkosten in städtischen Räumen	20	9 - 34	-55% - 69%
Vor- und nachgelagerte Prozesse	41	18 - 66	-56% - 60%
Total	455	329 - 708	-28% - 56%
Total Gesamtverkehr	8'529	6'378 - 12'934	-25% - 52%

Die Grafik 4 zeigt, dass die Kosten rechtsschief verteilt sind bzw. die Schwankungsbreite gegen oben grösser ist als gegen unten. Dies gilt nicht nur für das 95%-Konfidenzintervall, sondern auch für die Ausreisser ausserhalb dieses Intervalls, die unten nahe an der Intervallgrenze liegen, oben hingegen teilweise deutlich darüber sind. Die Grafik zeigt auch, dass die

Basisrechnung im Strassen- und Schienenverkehr unter dem Modus und dem Mittelwert der Verteilung liegt und somit eine vorsichtige Schätzung darstellt.

Grafik 4: Ergebnisse der Monte-Carlo-Simulationen für die externen Kosten in Mio. CHF



Erläuterung: Die Begrenzung der rechteckigen Box entspricht dem 25%- bzw. 75%-Quantil, d.h. 50% aller Simulationen liegen innerhalb der Box. Der Strich in der Box ist der Median (=50%-Quantil), das „+“-Zeichen der Mittelwert und das „x“-Zeichen das Ergebnis aus der Basisrechnung. Der untere bzw. obere Querstrich nach der gestrichelten Linie („Whisker“) ist das 2.5%- bzw. 97.5%-Quantil, so dass 95% innerhalb dieser Werte liegen. Die Kreise ausserhalb dieser Querstriche zeigen Ausreisser (da eine Million Simulationen durchgeführt wurden, gibt es relativ viele Ausreisser).

Zusätzliche Unterschätzungen

Nicht alle Unsicherheiten können quantifiziert und in die Monte-Carlo-Simulation aufgenommen werden. Die oben ausgewiesenen Werte und Bandbreiten **unterschätzen die wahren Kosten** aus folgenden Gründen:

- Allgemein: In vielen Bereichen wurden bei der **Wahl der Kostensätze** entsprechend dem at least Ansatz **vorsichtige** Schätzungen verwendet, obwohl teilweise auch deutlich höhere Kostensätze begründet werden könnten.

- Unfälle: Im **Schieneverkehr** wird das Unfallgeschehen (insbesondere die **Sachschäden**) noch immer nicht vollständig erfasst.
- Lärm: Es wurden **nur** die Auswirkungen des **Lärms am Wohnort** untersucht. Weitere Lärmkosten werden nicht berücksichtigt (Auswirkungen des Lärms in Schutz- und Erholungsgebieten, am Arbeitsplatz sowie in der Schule, Verluste durch Auszonung oder Nicht-Einzonung von Grundstücken, Kosten von Schallschutzmassnahmen, Lärmfluchtkosten, Baulärm).
- Lärm: Würde das **minimale Lärmniveau**, unter dem keine Mietzinsausfälle entstehen, von 55 dB(A) auf 50 dB(A) gesenkt – was manchmal empfohlen wird – so würden sich die Lärmkosten etwa verdoppeln.
- Luft: Die Gesundheitseffekte durch **Ozon** werden in dieser Arbeit nicht quantifiziert, da die für die Gesundheitsschäden nötigen Ozon-Expositionsdaten fehlen. Der Einbezug dürfte die Gesundheitskosten um ca. 10% erhöhen.
- Klima: Unwägbar **Grossrisiken** (wie beispielsweise unumkehrbare Klimaschocks, z.B. Kippen des Golfstroms) sind in den Berechnungen nicht berücksichtigt.
- **Vor- und nachgelagerte Prozesse**: Bei den vor- und nachgelagerten Prozessen werden ausschliesslich die Emissionen von Treibhausgasen erfasst. Die Emissionen weiterer Luftschadstoffe sowie eventuell auftretende Schäden an Gewässern und am Boden können auf Basis der vorhandenen Daten nicht quantifiziert werden.

Vergleich mit bisherigen Ergebnissen für das Jahr 2000

Wie die folgende Tabelle zeigt, haben sich die Berechnungen der externen Kosten des **Strassenverkehrs** zwischen 2000 und 2005 **um 25% erhöht** (von 6'451 auf 8'074 Mio. CHF, diejenigen des **Schieneverkehrs** lediglich um **9%** (von 417 auf 455 Mio. CHF). Es ist aber zu betonen, dass es sich bei diesen Zunahmen um reale Änderungen (z.B. Preisniveau, Bevölkerungswachstum) und methodische Anpassungen (z.B. Lärmdatenbank Schweiz, Anpassung des Kostensatzes pro Tonne CO₂ aufgrund neuer Forschungsergebnisse) handelt. Die Zunahmen dürfen somit nicht einfach in die Zukunft fortgeschrieben werden. Die wichtigsten Gründe für die Zunahme der externen Kosten lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Tabelle 5: Vergleich der externen Kosten im Jahr 2000 und 2005 in Mio. CHF

	2000	2005	Veränderung
Strassenverkehr	6'451.1	8'074.3	25.2%
Schieneverkehr	417.3	455.0	9.0%

- Allgemein: Die Preisanpassungen zwischen 2000 und 2005 führen zu ca. 8% höheren Kosten. Teuerungsbereinigt bleiben die Kosten des Schieneverkehrs also etwa konstant. Die Nettoproduktionsausfälle (als Teil der Unfallkosten, Lärmkosten und Gesundheitskos-

ten) nehmen zusätzlich um 18% zu, da das BFS neu auch die betrieblichen Vorsorgeansprüche mit berücksichtigt.

- Unfälle: Die Sachschäden im Schienenverkehr werden neu deutlich besser erfasst.
- Lärm: Die Lärmdatenbank Schweiz weist für den Strassenverkehr wesentlich höhere Lärmbelastungen aus als die bisherigen Hochrechnungen, für den Schienenverkehr jedoch deutlich tiefere. Ausserdem wird aufgrund neuer Studien die Abnahme der Mietzinse pro dB(A) Lärm um 25% verringert.
- Gesundheitskosten: Das Bevölkerungswachstum und die erhöhte Lebenserwartung führen beide zu höheren Gesundheitskosten durch die Luftverschmutzung.
- Gebäudeschäden: Zunahme der exponierten Fassadenfläche aufgrund der Bautätigkeit.
- Klima: Erhöhung des Kostensatzes pro Tonne CO₂ aufgrund aktueller internationaler Studien zu Schadensszenarien (z.B. Stern Report oder IPCC) sowie neuen Berechnungen für Vermeidungsszenarien für die europäische Klimapolitik.

Neben der Veränderung der Kosten ist auch von Interesse, wie sich die Umweltbelastung zwischen 2000 und 2005 verändert hat. Die nachstehende Zusammenfassung widerspiegelt ausschliesslich die realen Veränderungen (methodische Anpassungen wurden in diesen Vergleich nicht miteinbezogen):

- Unfälle: Die Zahl der Verletzten und Getöteten hat im Strassenverkehr um 13% bzw. 30% abgenommen. Im Schienenverkehr schwanken die Verunfalltenzahlen relativ stark über die Jahre. 2005 gab es etwas mehr Todesfälle, aber deutlich weniger Schwerverletzte als 2000.
- Lärm: Im Lärm ist keine Aussage über die quantitative Veränderung der Lärmbelastung möglich, da eine vollständig neue Datenbasis verwendet wurde. Qualitativ ist im Strassenverkehr einerseits aufgrund von Lärmsanierungen (Lärmschutzwände und lärmarme Beläge) eine Reduktion zu erwarten. Andererseits führen die Zunahmen des Verkehrsvolumens, der Bevölkerung und der lärmintensiveren grösseren Personenwagen zu einer Erhöhung des Lärms. Welcher Effekt stärker ist, lässt sich ohne zusätzliche Erhebungen nicht feststellen. Im Schienenverkehr haben die Lärmemissionen hingegen trotz der Verkehrszunahme abgenommen. Dies ist auf die Lärmsanierung der Wagen (vor allem im Personen-, aber auch im Güterverkehr) und auf den Bau von Lärmschutzwänden zurückzuführen.
- Gesundheitsschäden und Gebäudeschäden durch Luftverschmutzung: Trotz einer geringen Reduktion der PM10-Emissionen haben die Immissionen zwischen 2000 und 2005 leicht zugenommen, was auf die Witterungsverhältnisse zurückzuführen ist. Neue Daten deuten auch darauf hin, dass die Emissionsabnahme wahrscheinlich überschätzt wurde. Zudem sind heute mehr Personen bzw. Gebäude den Schadstoffen ausgesetzt.
- Klima: Gemäss Treibhausgasinventar sind die Treibhausgasemissionen des Strassenverkehrs zwischen 2000 und 2005 um 1.4% gestiegen. Im Schienenverkehr betrug die Zunahme 5.8%.
- Natur und Landschaft: Aufgrund neuer Infrastrukturanlagen hat die Belastung von Natur und Landschaft leicht zugenommen.

- Ernteauffälle und Waldschäden: Die NO_x-Emissionen des Strassen- bzw. Schienenverkehrs haben um 25% bzw. 10% abgenommen.
- Bodenschäden: Die Emissionen der Schwermetalle haben im Strassenverkehr um 2% abgenommen, im Schienenverkehr um 15% zugenommen.
- Zusatzkosten in städtischen Räumen: Die Zahl der betroffenen Personen hat um 3% zugenommen.
- Vor- und nachgelagerte Prozesse: Die Treibhausgasemissionen der vor- und nachgelagerten Prozesse sind im Strassenverkehr konstant geblieben, im Schienenverkehr um 23% zurückgegangen.