ECOPLAN Forschung und Beratung in Wirtschaft und Politik

PRH MANAGEMENT

komobile

BDO

SCHLUSSBERICHT – 2.7.2018

Transportrechnung für Luxemburg und Methodik zu Kosten-Nutzen-Analysen für Verkehrsprojekte

Im Auftrag des Ministère du Développement durable et des Infrastructures, Direction de la Planification de la Mobilité

Impressum

Empfohlene Zitierweise

Autor:	Ecoplan, PRH, komobile, BDO
Titel:	Transportrechnung für Luxemburg und Methodik zu Kosten-Nutzen-Analysen für Verkehrsprojekte
Auftraggeber:	Ministère du Développement durable et des Infrastructures, Direction de la Planification de la Mobilité
Ort:	Bern, Luxemburg und Wien
Datum:	2.7.2018

Begleitung durch den Auftraggeber

Christoph Reuter (MDDI)
Yan Steil (MDDI)

Projektteam

Christoph Lieb, Ecoplan
Heini Sommer, Ecoplan
Matthias Amacher, Ecoplan
Matthias Setz, Ecoplan
René Neuenschwander, Ecoplan
Paul Heinerscheid, PRH
Romain Molitor, komobile
Margarethe Staudner, komobile
Paul Sunnen, BDO
Jacques Peffer, BDO

Der Bericht gibt die Auffassung des Projektteams wieder, die nicht notwendigerweise mit derjenigen des Auftraggebers bzw. der Auftraggeberin oder der Begleitorgane übereinstimmen muss.

ECOPLAN AG	PRH Management	komobile	BDO
Forschung und Beratung in Wirtschaft und Politik www.ecoplan.ch Monbijoustrasse 14 CH - 3011 Bern Tel +41 31 356 61 61 bern@ecoplan.ch Dätwylerstrasse 25 CH - 6460 Altdorf Tel +41 41 870 90 60 altdorf@ecoplan.ch	PRH Management SA 173 Val Ste Croix L-1371 Luxembourg Tel +352 26202080 prhmanagement@pt.lu	komobile Luxembourg s.à r.l. www.komobile.lu 43, rue de Strasbourg L-2591 Luxembourg Tel +352 22 70 74 Luxembourg@komobile.lu	BDO Advisory S.A. www.bdo.lu 1 rue Jean Piret L-2350 Luxembourg Tel +352 45 123 1 contact@bdo.lu

Inhaltsübersicht

Kurzfassung 3

Inhaltsverzeichnis 9

1 Einleitung 18

Teil I: Methodik für Transportrechnung und Kosten-Nutzen-Analyse 20

2 Allgemeine Festlegungen zur Transportrechnung und Kosten-Nutzen-Analyse 21

3 Methodik der Transportrechnung 35

4 Methodik der Kosten-Nutzen-Analyse 41

5 Indikatorensystem der Kosten-Nutzen-Analyse 60

Teil II: Herleitung der Kostensätze und Kosten in Luxemburg 77

6 Genereller Ansatz zur Berechnung der Unfall- und Umweltkosten 78

7 Wichtige Datengrundlagen 82

8 W1 Baukosten 104

9 W2 Ersatzinvestitionen 124

10 W3 Landkosten 125

11 W6 Betriebs- und Unterhaltskosten Infrastruktur 131

12 W7 / W8 / W13g Variable und fixe Betriebskosten für Fahrzeuge im Stamm- und Mehrverkehr (ohne ÖV) 137

13 W9 Betriebskosten ÖV und Schienen-Güterverkehr 148

14 W10 / W13 Reisezeit im Stamm- und Mehrverkehr 155

15 W11 / W13f Komfort im Stamm- und Mehrverkehr 172

16 W14 / W16 Steuereinnahmen im Mehr- und Stammverkehr 175

17 W15 / W17 ÖV-Erlöse im Mehr- und Stammverkehr 179

18 W21 Trassenpreise 183

19 W23 Polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung 185

20 G5 Externe Gesundheitsnutzen durch aktive Mobilität 188

21 G6 Unfälle 196

22 U1 Luftbelastung 212

23 U2 Lärmbelastete Personen 224

24 U4 Klimabelastung 236

25 U9 / U10 / U11 Vor- und nachgelagerte Prozesse 240

26 U12 / U13 Bodenversiegelung und Zerschneidung 249

27 Finanzierung des Verkehrs 255

Teil III: Ergebnisse 265

28 Kostensätze für die Kosten-Nutzen-Analyse 266

29 Ergebnisse der Transportrechnung 271

Teil IV: Anhänge 309

30 Anhang A: Gründe für den Einbezug von Steuereinnahmen und ÖV-Erlösen im Mehrverkehr in der KNA 310

31 Anhang B: W20 Wider ecomomic impacts 318

32 Anhang C: Gewichtungsschlüssel 325

33 Anhang D: Verkehrsbezogene Kosten und Einnahmen von Gemeinden in Luxemburg 328

34 Anhang E: Umgang mit Verkehrskosten durch Grenzgänger 331

35 Anhang F: Ergebnisse der Transportrechnung nach Kostenkategorien 334

Literaturverzeichnis 336

Kurzfassung

Einleitung

Das Grossherzogtum Luxemburg weist seit vielen Jahren ein kontinuierliches Wachstum in Bevölkerung und Wirtschaft auf. Damit verbunden ist eine stark wachsende Nachfrage im Personen- und Güterverkehr, welche durch die rund 190'000 Grenzgänger zusätzlich akzentuiert wird. Entsprechend steht Luxemburg vor grossen Herausforderungen, sein Verkehrssystem nachhaltig weiterzuentwickeln.

Als eine zentrale Voraussetzung zur Bewältigung dieser Aufgabe sollen im Rahmen dieser Studie die methodischen Grundlagen zur Anwendung von Kosten-Nutzen-Analysen im Verkehrsbereich geschaffen werden. Damit sollen künftige Verkehrsprojekte bezüglich ihrer unterschiedlichen Auswirkungen miteinander verglichen und nach wissenschaftlich anerkannten Grundsätzen beurteilt werden können. Hierzu sind nebst der Methodik auch die geldmässigen Kostensätze zur Bewertung von verkehrlichen Effekten bereitzustellen.

Zudem soll eine Transportrechnung für Luxemburg aufgebaut werden, welche einerseits einen Überblick über die gesamten Kosten des Strassen- und Schienenverkehrs im Jahr 2016 gibt und andererseits auch aufzeigt, von wem diese Kosten letztlich getragen werden.

Methodische Grundlagen und Abgrenzungen

Für die Entwicklung der Methodik für die Kosten-Nutzen-Analyse und die Transportrechnung wird vor allem auf die umfangreichen Grundlagen aus der Schweiz zurückgegriffen. Die Schweiz zählt zu den führenden Ländern, wenn es um die Bewertung von Kosten und Nutzen des Verkehrs, die Anwendung von standardisierten Bewertungsverfahren und den Ausweis einer verkehrsträgerübergreifenden Transportrechnung geht. Wo erforderlich und sinnvoll werden weitere Studien und Verfahren aus anderen Ländern beigezogen.

Um Doppelzählungen mit ähnlichen Studien in den Nachbarstaaten zu verhindern, erfolgen die Berechnungen nach dem **Territorialprinzip**: Es werden diejenigen Kosten erfasst, welche durch die innerhalb der Landesgrenzen zurückgelegten Kilometer verursacht werden. Die Abgrenzung bezieht sich also auf den Ort der Verursachung. Damit werden auch Effekte der Grenzgänger in Luxemburg berücksichtigt. Nur in der Kosten-Nutzen-Analyse werden falls relevant auch Effekte im Ausland miteinbezogen (z.B. Effekte des Mehrverkehrs auf Zulaufstrecken im Ausland).

Die Berechnungen werden – wie international üblich – auf der Basis von **Faktorpreisen** vorgenommen (und nicht mit Marktpreisen). Als Faktorpreise werden die Preise ohne indirekte Steuern (z.B. MWST) bezeichnet.

Verwendete Datengrundlagen

Nebst der Bereitstellung einer fundierten Bewertungsmethodik wurde bei den gesamten Arbeiten grosses Gewicht darauf gelegt, die konkreten Bewertungsansätze (z.B. für die Betriebskosten der Fahrzeuge, für die Kosten von Verkehrsunfällen oder luftverschmutzungsbedingten Gesundheitsschäden usw.) auf der Basis von Luxemburger Daten zu erarbeiten. Hierzu wurden sehr umfassende Recherchen durchgeführt und zahlreiche Anfragen bei staatlichen und privaten Institutionen vorgenommen, um für möglichst viele Kosten- und Nutzenelemente spezifische, luxemburgische Datenquellen zu erschliessen. Dank dieser Anstrengungen basieren die meisten der hergeleiteten Kosten- bzw. Bewertungssätze auf Luxemburger Daten. Nur wo keine Datenquellen erschlossen werden konnten, wurden internationale Ergebnisse mit entsprechenden Anpassungsverfahren auf Luxemburg übertragen.

Vorgaben für künftige Kosten-Nutzen-Analysen im Verkehrsbereich

Die entwickelte Methodik für Kosten-Nutzen-Analysen (KNA) ist auf Projekte und Massnahmen im gesamten Strassen- und Schienenverkehr anwendbar und erlaubt auch den Vergleich zwischen Strassen- und Schienenprojekten. Die Analysemethodik lässt sich sowohl ex ante wie auch ex post verwenden und kann dementsprechend sowohl für die Projektauswahl wie auch nach Umsetzung eines Projektes zur Überprüfung der erreichten Ziele eingesetzt werden. Es werden für alle Kosten- und Nutzenelemente, die sich gemäss state-of-the-art in Geldeinheiten bewerten lassen, die spezifischen Kostensätze für Luxemburg erarbeitet. Auswirkungen, die sich nicht in Geldeinheiten ausdrücken lassen, werden qualitativ neben das Ergebnis der Kosten-Nutzen-Analyse gestellt. Methodisch handelt es sich um eine dynamische Analyse mit einem Betrachtungszeitraum, der die Planungs- und Bauphase sowie im Normalfall eine 40-jährige Betriebsphase umfasst.

Die folgende Abbildung stellt das hergeleitete Indikatorensystem dar: Die Kosten-Nutzen-Analyse umfasst insgesamt 26 Indikatoren, die in Geldeinheiten berücksichtigt werden, und weitere 27 Indikatoren, die in qualitativer Form miteinbezogen werden. Die ermittelten Kostensätze für die Kosten-Nutzen-Analyse (zu Preisbasis 2016) werden in Abbildung 28-1 (siehe Seiten 268-269) dargestellt. Dort wird auch ersichtlich, nach welchen Fahrzeugkategorien sowie Antriebsarten (Benzin, Diesel, Elektro, Hybrid) die Kostensätze differenziert werden.

Die Ergebnisse dieses Berichts zur Kosten-Nutzen-Analyse werden im softwarebasierten Tool «MOBIMPACT» umgesetzt. MOBIMAPCT setzt die entwickelten Grundlagen in ein für Mobilitätsplaner benutzerfreundliches Tool um, mit dessen Hilfe sich Kosten-Nutzen-Analysen mit vergleichsweise geringem Aufwand für verschiedenste Verkehrsprojekte durchführen lassen. Die Anwender können sich auf die Eingabe der erforderlichen projektspezifischen Inputdaten konzentrieren (z.B. Baukosten, dem Verkehrsmodell entnommene Fahrzeugkilometer und Personenstunden nach Fahrzeugtypen usw.). Die Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analyse werden anschliessend automatisch berechnet. Damit lassen sich in Zukunft verschiedenste Verkehrsprojekte entweder einzeln auf ihre gesamtwirtschaftliche Sinnhaftigkeit überprüfen oder gegeneinander abwägen und in eine Prioritätenfolge setzen.

Abbildung 1: MOBIMPACT-Indikatorensystem

Nachhaltigkeitsbereich	Bereich	Kürzel	Indikatorname	Integration in KNA
Wirtschaft	Infrastrukturkosten	W1	Baukosten	quantitativ
		W2	Ersatzinvestitionen	quantitativ
		W3	Landkosten	quantitativ
		W4	Baurisiken	qualitativ
		W5	Realisierungszeit	qualitativ
		W6	Betriebs- und Unterhaltskosten Infrastruktur	quantitativ
	Verkehrsmittelkosten	W7	Variable Betriebskosten Fahrzeuge Stammverkehr	quantitativ
		W8	Fixe Betriebskosten Fahrzeuge	quantitativ
		W9	Betriebskosten ÖV	quantitativ
	Zeitkosten	W10	Reisezeit Stammverkehr	quantitativ
		W10a	- Fahrzeit	quantitativ
		W10b	- Umsteigezeit	quantitativ
		W10c	- Anzahl Umsteigevorgänge	quantitativ
		W10d	- Zu- und Abgangszeiten	quantitativ
		W10e	- Taktfrequenz	quantitativ
		W11	Komfort Stammverkehr	quantitativ
		W12	Zuverlässigkeit	qualitativ
	Nutzen Mehrverkehr	W13	Nettonutzen Mehrverkehr	quantitativ
		W13a	- Fahrzeit	quantitativ
		W13b	- Umsteigezeit	quantitativ
		W13c	- Anzahl Umsteigevorgänge	quantitativ
		W13d	- Zu- und Abgangszeiten	quantitativ
		W13e	- Taktfrequenz	quantitativ
		W13f	- Komfort	quantitativ
		W13g	- Variable Betriebskosten Fahrzeuge	quantitativ
		W14	Steuereinnahmen im Mehrverkehr	quantitativ
		W15	ÖV-Erlöse im Mehrverkehr	quantitativ
	Weitere ökonomische Auswirkungen	W16	Steuereinnahmen im Stammverkehr	quantitativ
		W17	ÖV-Erlöse im Stammverkehr	quantitativ
		W18	Etappierbarkeit	qualitativ
		W19	Streckenredundanz	qualitativ
		W20	Wider economic Impacts	qualitativ
		W21	Trassenpreise	quantitativ
		W22	Auslastung ÖV-Fahrzeuge	qualitativ
		W23	Polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung	quantitativ

Nachhaltigkeitsbereich	Bereich	Kürzel	Indikatorname	Integration in KNA
Gesellschaft	Grundversorgung und aktive Mobilität	G1	Grundversorgung sicherstellen	qualitativ
		G2	Attraktivität Fussverkehr	qualitativ
		G3	Attraktivität Fahrradverkehr	qualitativ
		G4	Trenneffekte	qualitativ
		G5	Externe Gesundheitsnutzen durch aktive Mobilität	quantitativ
	Unfälle	G6	Unfälle	quantitativ
		G7	Betriebsqualität, Betriebssicherheit	qualitativ
	Räumliche Auswirkungen	G8	Wohnlichkeit	qualitativ
		G9	Räumliche Verteilungseffekte	qualitativ
		G10	Erreichbarkeit Siedlungsschwerpunkte	qualitativ
	Planungsprozess	G11	Partizipation der Bevölkerung	qualitativ
		G12	Abstimmung mit der Siedlungsplanung	qualitativ
		G13	Potenzial für Siedlungsentwicklung	qualitativ
		G14	Aufwärtskompatibilität	qualitativ
Umwelt	Umweltbelastung im Betrieb	U1	Luftbelastung	quantitativ
		U2	Lärmbelastete Personen	quantitativ
		U3	Lärmbelastete Erholungsgebiete	qualitativ
		U4	Klimabelastung	quantitativ
		U5	Auswirkungen auf Gewässer	qualitativ
		U6	Erschütterungen	qualitativ
		U7	Risiken durch Energiebereitstellung	qualitativ
		U8	Externe Kosten Energie Infrastrukturbetrieb	qualitativ
		U9	Vor- und nachgelagerte Prozesse Energie	quantitativ
		U10	Vor- und nachgelagerte Prozesse Fahrzeug	quantitativ
	Umweltbelastung durch Infrastruktur	U11	Vor- und nachgelagerte Prozesse Infrastruktur	quantitativ
		U12	Bodenversiegelung	quantitativ
		U13	Zerschneidungseffekte	quantitativ
		U14	Landschafts- und Ortsbild	qualitativ
	Umweltbelastung in Bauphase	U15	Rundkiesverbrauch	qualitativ
		U16	Umweltbelastung in Bauphase	qualitativ

Legende:

- quantitativ in Kosten-Nutzen-Analyse erfasster Indikator
- qualitativ zu beschreibender Indikator

Ergebnisse der Transportrechnung

Kostenentstehung

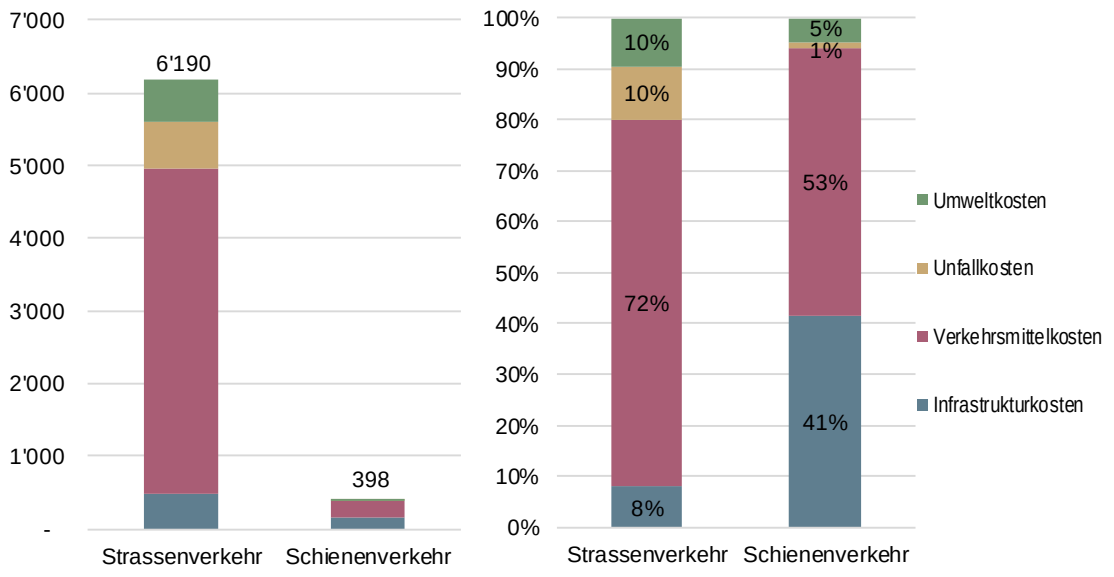
Erstmals wird im Rahmen dieses Projektes eine umfassende Transportrechnung für den Schienen- und Strassenverkehr in Luxemburg erstellt. Die Ergebnisse werden für das Jahr 2016 ausgewiesen und zeigen sämtliche Kosten auf, die durch den Strassen- und Schienenverkehr verursacht werden, soweit sich die Kosten in Geldeinheiten bewerten lassen.

Gesamthaft entstehen in Luxemburg im Jahr 2016 Verkehrskosten von 6'588 Mio. €. Davon entfallen 6'190 Mio. € auf den Strassenverkehr und 398 Mio. € auf den Schienenverkehr (vgl. den linken Teil der folgenden Abbildung). Die Gesamtkosten teilen sich zu 64% (4'225 Mio. €) auf den Personenverkehr und zu 36% (2'363 Mio. €) auf den Güterverkehr auf (in der Abbildung nicht ausgewiesen).

Der rechte Teil der Abbildung enthält die Verteilung der Kosten auf die verschiedenen Kostenbereiche. Im Strassenverkehr wird mit einem Anteil von 72% ein Grossteil durch die Verkehrsmittelkosten (Betriebskosten der Fahrzeuge – inkl. deren Anschaffungskosten) verursacht. Zudem entfallen je 10% auf die Unfall- und Umweltkosten und weitere 8% auf die Infrastrukturkosten.

Im Schienenverkehr sind die Verkehrsmittelkosten mit 53% der Kosten weniger dominant, dafür ist der Anteil der Infrastrukturkosten mit 41% wesentlich grösser als im Strassenverkehr. Auf die Umwelt- und Unfallkosten entfallen nur noch vergleichsweise kleine Anteile (5% bzw. 1%).

Abbildung 2: Gesamtverkehrskosten nach Kostenkategorie und Verkehrsträgern, in Mio. €, 2016



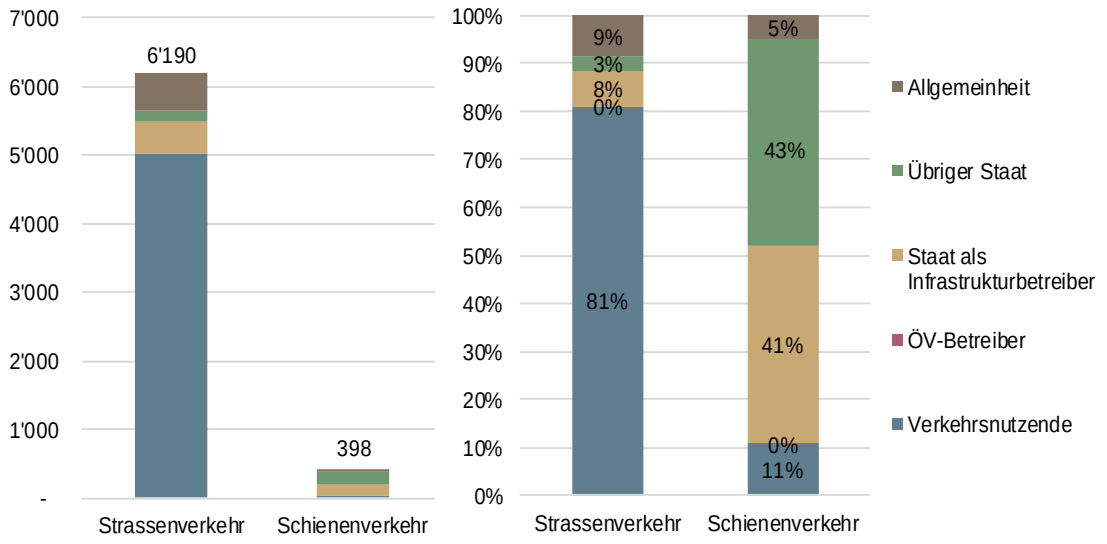
Verteilung der Kosten auf die Kostenträger

Die Abbildung 3 gibt Auskunft über die finalen Kostenträger und beantwortet somit die Frage, von wem die vorangehend ausgewiesen Kosten letztlich getragen werden.

Im Strassenverkehr wird der Grossteil der Kosten (81%) von den Verkehrsnutzenden selbst getragen. Diese setzen sich zusammen aus Verkehrsmittelkosten (82%), selbst getragenen Unfallkosten (12%) und verkehrsspezifischen Steuern und Abgaben (5%). Der Staat übernimmt im Strassenverkehr insgesamt 11% der Kosten, davon entfallen 8% auf die Infrastrukturkosten und weitere 3% auf andere Kostenbereiche (vor allem auf die Subventionierung des öffentlichen Busverkehrs). Die Allgemeinheit trägt 9% der gesamten Kosten des Strassenverkehrs, vor allem in Form von Luftbelastung, Folgen der Klimaerwärmung und Lärm.

Im Schienenverkehr zeigt sich ein deutlich anderes Bild: Der Staat übernimmt insgesamt 84% der Kosten, 41% für die Infrastruktur und 43% vor allem für die Subventionierung des Schienenverkehrs. Die Verkehrsnutzenden tragen hingegen nur 11% der Kosten (vor allem über Billette und Abonnemente), die Allgemeinheit 5% und die ÖV-Betreiber erreichen durch die Subventionierung ein ausgeglichenes Ergebnis und tragen damit keine Kosten selber (wie im öffentlichen Strassenverkehr).

Abbildung 3: Gesamtverkehrskosten (für Personen- und Güterverkehr) nach finalen Kostenträgern und Verkehrsträgern, in Mio. €, 2016



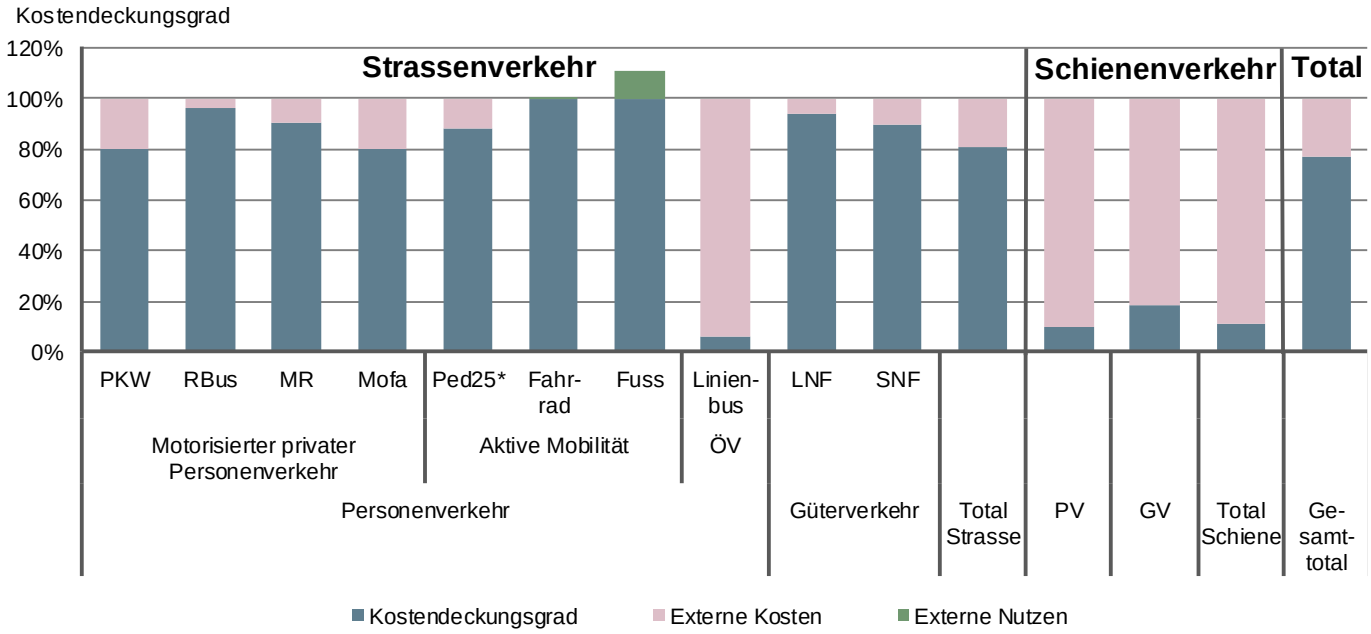
Legende: **Verkehrsnutzende**: Personen oder Firmen, welche die Verkehrsinfrastruktur für die Fortbewegung direkt nutzen wie z.B. PKW-Fahrende, Fahrradfahrende, Passagiere des öffentlichen Personenverkehrs oder Strassengütertransportunternehmen. Sind alle externen Kosten internalisiert, tragen die Verkehrsnutzenden 100% der Kosten. **ÖV-Betreiber**: Unternehmen, die Verkehrsleistungen gegen Entgelt zu Verfügung stellen, z.B. Bahnunternehmen, Busgesellschaften. **Staat als Infrastrukturbetreiber**: Staat in seiner Funktion als Betreiber einer Verkehrsinfrastruktur (Kosten von Bau und Unterhalt von Strassen und Schienen). **Übriger Staat**: Staat, aber nicht in seiner Funktion als Infrastrukturbetreiber, sondern in der Wahrnehmung aller anderen staatlichen Aktivitäten. Dazu gehört z.B. die Ausrichtung von Subventionen an den öffentlichen Verkehr oder von Beiträgen an die Spitalkosten. Ebenso zählen dazu verkehrspolizeiliche Kontrollen oder die Einnahme von Steuern aus dem Verkehrsbereich. **Allgemeinheit**: Nicht direkt am Verkehr beteiligte Personen, welche die negativen Auswirkungen des Verkehrs ertragen müssen, z.B. Anwohner, die unter Lärm- und Luftbelastung leiden.

Kostendeckungsgrade

Die nachfolgende Abbildung 4 gibt einen Überblick über die Kostendeckungsgrade der einzelnen Fahrzeugkategorien und zeigt damit auf, welchen Teil der Kosten die Verkehrsnutzenden selbst tragen bzw. inwieweit das Verursacherprinzip in Luxemburg umgesetzt ist. Die nicht von den Verursachern getragenen externen Kosten müssen vom Staat oder der Allgemeinheit getragen werden (rot in Abbildung 4). Wie zu erkennen ist, bestehen zwischen den Fahrzeugkategorien und den beiden Verkehrsträgern grosse Unterschiede:

- Im Strassenverkehr beläuft sich der durchschnittliche Kostendeckungsgrad auf 81%, im Schienenverkehr auf 11% (Gesamtverkehr durchschnittlich 77%).
- Der motorisierte Individualverkehr weist Kostendeckungsrade zwischen 80% (PKW als bedeutendste Fahrzeugkategorie) und 96% (Reisebus) auf. Insgesamt kommt der Personenverkehr auf der Strasse (inkl. öffentliche Busse) auf einen Kostendeckungsgrad von 74%.
- Im Strassengüterverkehr liegt der Kostendeckungsgrad bei 90% bis 94% (durchschnittlich 92%).
- Generell tief sind die Kostendeckungsgrade aufgrund der Subventionierung im Schienenverkehr (10%) sowie im öffentlichen Verkehr auf der Strasse (6%).
- Auch im Schienengüterverkehr ist der Kostendeckungsgrad mit 19% tief, da 60% der Kosten durch die Infrastruktur verursacht werden, die der Staat trägt.
- Kostendeckungsgrade über 100% werden in der aktiven Mobilität erzielt. Verantwortlich hierfür sind vor allem die externen Gesundheitsnutzen als Folge der körperlichen Aktivität. Sie führen dazu, dass die Finanzierungsbeiträge der zu Fussgehenden (111%) und der Fahrradfahrenden (100.4%) höher ausfallen als die von ihnen verursachten Kosten.

Abbildung 4: Kostendeckungsgrad nach Fahrzeugkategorien



Legende: PKW = Personenkraftwagen, Rbus = (privater) Reisebus, MR = Motorrad, Ped 25 = Pedelec mit Tretunterstützung bis 25km/h, LNF / SNF = leichte / schwere Nutzfahrzeuge, ÖV = öffentlicher Verkehr, PV = Personenverkehr, GV = Güterverkehr.

* Die Gesundheitsnutzen konnten aufgrund fehlender Daten für Ped25 nicht bestimmt werden.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung **3**

Inhaltsverzeichnis **9**

1 Einleitung **18**

1.1 Ausgangslage 18

1.2 Zielsetzung 18

1.3 Aufbau des Berichtes 19

Teil I: Methodik für Transportrechnung und Kosten-Nutzen-Analyse **20**

2 Allgemeine Festlegungen zur Transportrechnung und Kosten-Nutzen-Analyse **21**

2.1 Berücksichtigte Verkehrsträger und Fahrzeugkategorien 21
2.1.1 Berücksichtigte Verkehrsträger 21
2.1.2 Fahrzeugkategorien im Strassenverkehr 21
2.1.3 Fahrzeugkategorien im Schienenverkehr 23
2.1.4 Berücksichtigte Infrastrukturen 24

2.2 Soziale und externe Effekte 25
2.2.1 Soziale, interne und externe Effekte 25
2.2.2 Verschiedene Sichtweisen der externen Kosten 26
2.2.3 Externe Nutzen 27

2.3 Territorialprinzip 28

2.4 Umgang mit Unsicherheiten 31
2.4.1 Ausgangslage 31
2.4.2 Vorgehenskonzept zum Ausweis der Unsicherheiten 32

2.5 Weitere Festlegungen 33
2.5.1 Durchschnitts- versus Grenzkosten 33
2.5.2 Faktorpreise 34
2.5.3 Folgekosten 34

3 Methodik der Transportrechnung **35**

3.1 Kurzbeschrieb 35

3.2 Ziel der Transportrechnung 36

3.3 Struktur und Differenzierung der Transportrechnung 36
3.3.1 Kostenkategorien 37
3.3.2 Kostenträger 38
3.3.3 Leistungen von Verkehrsnutzenden 39

4 Methodik der Kosten-Nutzen-Analyse **41**

4.1 Grundverständnis der KNA 41

4.2 Ablauf einer KNA im Überblick 42

4.3 Projektdefinition 44
4.3.1 Variantenbildung 44
4.3.2 Referenzfall 44
4.3.3 Betrachtungszeitraum 45
4.3.4 Abgrenzung des Untersuchungsraums 46
4.3.5 Rahmenbedingungen 46

4.4 Mengengerüst und Wertgerüst 47

4.5 Berechnung der Wirtschaftlichkeit 47
4.5.1 Vergleichszeitpunkt und Diskontsatz 47
4.5.2 Entscheidungskriterien 47
4.5.3 Teilbilanzen 52

4.6 Sensitivitätsanalysen 55

4.7 Interpretation der Ergebnisse 55

4.8 Grenzen der Aussagekraft der KNA 58

4.9 Nicht-monetarisierbare Auswirkungen 59

5 Indikatorensystem der Kosten-Nutzen-Analyse 60

5.1 Einleitung 60

5.2 Indikatoren im Bereich Wirtschaft 64
5.2.1 Infrastrukturkosten 64
5.2.2 Verkehrsmittelkosten 65
5.2.3 Zeitkosten 66
5.2.4 Nutzen Mehrverkehr 67
5.2.5 Weitere ökonomische Nutzen 68

5.3 Indikatoren im Bereich Gesellschaft 70
5.3.1 Grundversorgung und aktive Mobilität 70
5.3.2 Unfälle 71
5.3.3 Räumliche Auswirkungen 71
5.3.4 Planungsprozess 71

5.4 Indikatoren im Bereich Umwelt 72
5.4.1 Umweltbelastung im Betrieb 72
5.4.2 Umweltbelastung durch Infrastruktur 74
5.4.3 Umweltbelastung in Bauphase 74

5.5 Effekte während der Bauphase 75

Teil II: Herleitung der Kostensätze und Kosten in Luxemburg 77

6 Genereller Ansatz zur Berechnung der Unfall- und Umweltkosten 78

7 Wichtige Datengrundlagen 82

7.1 Verkehrsleistungen 82
7.1.1 Strassenverkehr 82

7.1.2 Schienenverkehr 89

7.2 Emissionen 91
7.2.1 Emissionen im Strassenverkehr 91
7.2.2 Emissionen im Schienenverkehr 92

7.3 Bevölkerung / Erwerbstätige 93

7.4 Ökonomie 95
7.4.1 Ökonomische Grunddaten 95
7.4.2 Value of statistcial life (VOSL) and value of life year lost (VLYL) 97
7.4.3 Produktionsausfall 100

7.5 Spitaldaten 101

7.6 Todesfälle 103

8 W1 Baukosten 104

8.1 Berechnungsgegenstand 104

8.2 Berechnungsmethodik für die KNA 105
8.2.1 Baukosten 105
8.2.2 Reserven 106
8.2.3 Aufteilung der Baukosten 108
8.2.4 Sensitivitätsanalyse 108

8.3 Berechnungsmethodik für die Transportrechnung 111
8.3.1 Möglichkeiten zur Bestimmung des Kapitaldienstes 111
8.3.2 Infrastrukturkosten Strassenverkehr 113
8.3.3 Infrastrukturkosten Schienenverkehr 121

8.4 Ergebnisse: Kosten für die Transportrechnung 122

9 W2 Ersatzinvestitionen 124

9.1 Berechnungsgegenstand 124

9.2 Grundlegende Berechnungsmethodik 124

10 W3 Landkosten 125

10.1 Berechnungsgegenstand 125

10.2 Grundlegende Berechnungsmethodik 125

10.3 Verwendete Datengrundlagen 126

10.4 Ergebnisse: Kosten für die Transportrechnung 129

11 W6 Betriebs- und Unterhaltskosten Infrastruktur 131

11.1 Berechnungsgegenstand 131

11.2 Grundlegende Berechnungsmethodik 131

11.3 Verwendete Datengrundlagen für die KNA 132
11.3.1 Strassenverkehr 132
11.3.2 Schienenverkehr 133

11.4 Ergebnisse 133
11.4.1 Kostensätze für die KNA 133
11.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg 135

12 W7 / W8 / W13g Variable und fixe Betriebskosten für Fahrzeuge im Stamm- und Mehrverkehr (ohne ÖV) 137

12.1 Berechnungsgegenstand 137

12.2 Grundlegende Berechnungsmethodik 137
12.2.1 Herleitung des Mengengerüstes 137
12.2.2 Kostensätze für Betriebskosten 138

12.3 Verwendete Datengrundlagen 139
12.3.1 Betriebskostengrundwerte 139
12.3.2 Treibstoffkosten 144

12.4 Ergebnisse 145
12.4.1 Kostensätze für die KNA im Strassenverkehr 145
12.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg im Strassenverkehr 147

13 W9 Betriebskosten ÖV und Schienen-Güterverkehr 148

13.1 Berechnungsgegenstand 148

13.2 Grundlegende Berechnungsmethodik 148

13.3 Verwendete Datengrundlagen 148

13.4 Ergebnisse 152
13.4.1 Kostensätze für die KNA 152
13.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg 153

14 W10 / W13 Reisezeit im Stamm- und Mehrverkehr 155

14.1 Berechnungsgegenstand 155

14.2 Grundlegende Berechnungsmethodik 155
14.2.1 Herleitung des Mengengerüstes 155
14.2.2 Kostensätze für Reisezeitveränderungen 159

14.3 Verwendete Datengrundlagen 159

14.4 Ergebnisse: Kostensätze für die KNA 170

15 W11 / W13f Komfort im Stamm- und Mehrverkehr 172

15.1 Berechnungsgegenstand 172

15.2 Grundlegende Berechnungsmethodik 172

15.3 Verwendete Datengrundlagen 173

15.4 Ergebnisse: Kostensätze für die KNA 173

16 W14 / W16 Steuereinnahmen im Mehr- und Stammverkehr 175

16.1 Berechnungsgegenstand 175

16.2 Grundlegende Berechnungsmethodik 175

16.3 Verwendete Datengrundlagen 176

16.4 Ergebnisse: Kostensätze für die KNA 177

17 W15 / W17 ÖV-Erlöse im Mehr- und Stammverkehr 179

17.1 Berechnungsgegenstand 179

17.2 Grundlegende Berechnungsmethodik 179

17.3 Verwendete Datengrundlagen 179
17.3.1 Erlöse im öffentlichen Strassen- und Schienenverkehr 179
17.3.2 Erlössätze für die KNA 180
17.3.3 Schienen-Güterverkehr 180

17.4 Ergebnisse 181
17.4.1 Kostensätze für die KNA 181
17.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg 182

18 W21 Trassenpreise 183

18.1 Berechnungsgegenstand 183

18.2 Grundlegende Berechnungsmethodik 183

18.3 Verwendete Datengrundlagen 183

18.4 Ergebnisse 184
18.4.1 Kostensätze für die KNA im Schienenverkehr 184
18.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg 184

19 W23 Polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung 185

19.1 Berechnungsgegenstand 185

19.2 Grundlegende Berechnungsmethodik 185

19.3 Verwendete Datengrundlagen 185

19.4 Ergebnisse 186
19.4.1 Kostensätze für die KNA im Strassenverkehr 186
19.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg im Strassenverkehr 187

20 G5 Externe Gesundheitsnutzen durch aktive Mobilität 188

20.1 Berechnungsgegenstand 188

20.2 Grundlegende Berechnungsmethodik 188

20.3 Verwendete Datengrundlagen 190
20.3.1 Aktivitäten im Fuss- und Fahrradverkehr 190
20.3.2 Belastungs-Wirkungs-Beziehungen 192
20.3.3 Berücksichtigung der sportlichen Aktivität ausserhalb der aktiven Mobilität 192
20.3.4 Weitere benötigte Inputdaten 193

20.4 Ergebnisse 194
20.4.1 Kostensätze für die KNA 194
20.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg 195

21 G6 Unfälle 196

21.1 Berechnungsgegenstand 196

21.2 Grundlegende Berechnungsmethodik 196
21.2.1 Mengengerüst 196
21.2.2 Personenschäden 199
21.2.3 Sachschäden 201
21.2.4 Polizei- und Rechtsfolgekosten 202

21.3 Verwendete Datengrundlagen zum Mengengerüst 203
21.3.1 Strassenverkehr 203
21.3.2 Schienenverkehr 206

21.4 Ergebnisse 208
21.4.1 Kostensätze für die KNA 208
21.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg 210

22 U1 Luftbelastung 212

22.1 Berechnungsgegenstand 212

22.2 Grundlegende Berechnungsmethodik 212

22.3 Verwendete Datengrundlagen 214
22.3.1 Verlorene Lebensjahre, frühzeitige Todesfälle und Krankheitsfälle 214
22.3.2 Kostensätze zur Bewertung der Gesundheitsschäden 216
22.3.3 Emissionen von PM2.5 und NO2 216
22.3.4 Herleitung des Kostensatzes pro Tonne Schadstoff 218
22.3.5 Kostensätze für Gebäudeschäden, Ernteausfälle, Waldschäden, Biodiversitätsverluste und Bodenschäden 219
22.3.6 Bauemissionen 220

22.4 Ergebnisse 221
22.4.1 Kostensätze für die KNA 221
22.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg 222

23 U2 Lärmbelastete Personen 224

23.1 Berechnungsgegenstand 224

23.2 Grundlegende Berechnungsmethodik 224
23.2.1 Überblick 224
23.2.2 Bewertungsmethode für Belästigungen 225
23.2.3 Verwendete Bewertungsmethodik für Gesundheitskosten 226

23.3 Verwendete Datengrundlagen 227
23.3.1 Lärmbelastete Personen und Wohnungen 227
23.3.2 Differenzierung Strassenverkehr nach Fahrzeugkategorien 230
23.3.3 Wohnungspreise 230
23.3.4 Abnahme Wohnungspreise 231
23.3.5 Belastungs-Wirkungs-Beziehungen Gesundheitskosten 231

23.3.6 Weitere benötigte Daten zur Quantifizierung der Gesundheitskosten 232

23.4 Ergebnisse 232
23.4.1 Kostensätze für die KNA 232
23.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg 234

24 U4 Klimabelastung 236

24.1 Berechnungsgegenstand 236

24.2 Grundlegende Berechnungsmethodik 236

24.3 Verwendete Datengrundlagen 237

24.4 Ergebnisse 238
24.4.1 Kostensätze für die KNA 238
24.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg 238

25 U9 / U10 / U11 Vor- und nachgelagerte Prozesse 240

25.1 Berechnungsgegenstand 240

25.2 Grundlegende Berechnungsmethodik 240

25.3 Verwendete Datengrundlagen 242
25.3.1 Vor- und nachgelagerte Prozesse Energie 242
25.3.2 Vor- und nachgelagerte Prozesse Fahrzeuge 243
25.3.3 Vor- und nachgelagerte Prozesse Infrastruktur 244

25.4 Ergebnisse 245
25.4.1 Kostensätze für die KNA 245
25.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg 246

26 U12 / U13 Bodenversiegelung und Zerschneidung 249

26.1 Berechnungsgegenstand 249

26.2 Grundlegende Berechnungsmethodik 249

26.3 Verwendete Datengrundlagen 250
26.3.1 Kostensätze 250
26.3.2 Infrastrukturlängen 251
26.3.3 Alllokation der Kosten auf die Fahrzeugkategorien 252

26.4 Ergebnisse 252
26.4.1 Kostensätze für die KNA 252
26.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg 253

27 Finanzierung des Verkehrs 255

27.1 Strassenverkehr 255
27.1.1 Finanzierungs-Ebenen 255
27.1.2 Finanzierung des Strassenverkehrs 255

27.2 Öffentlicher Strassenverkehr 259
27.2.1 Marktstruktur der Busunternehmen in Luxemburg 259
27.2.2 Finanzierung des öffentlichen Strassenverkehrs in Luxemburg 260

27.3 Schienenverkehr 261
27.3.1 Regionaler Personenverkehr 261
27.3.2 Güterverkehr 262

27.4 Ergebnis für Transportrechnung 262

Teil III: Ergebnisse 265

28 Kostensätze für die Kosten-Nutzen-Analyse 266

29 Ergebnisse der Transportrechnung 271

29.1 Ergebnisse Gesamtverkehr 271
29.1.1 Höhe der Kosten 271
29.1.2 Entstehung der Kosten 272
29.1.3 Aufteilung auf die Kostenträger 274

29.2 Detailergebnisse Personenverkehr 282
29.2.1 Entstehung der Kosten 282
29.2.2 Aufteilung auf die Kostenträger 285
29.2.3 Kilometerkosten 289
29.2.4 Externe Unfall- und Umweltkosten 294

29.3 Detailergebnisse Güterverkehr 299
29.3.1 Entstehung der Kosten 299
29.3.2 Aufteilung auf die Kostenträger 300
29.3.3 Kilometerkosten 304
29.3.4 Externe Unfall- und Umweltkosten 307

Teil IV: Anhänge 309

30 Anhang A: Gründe für den Einbezug von Steuereinnahmen und ÖV-Erlösen im Mehrverkehr in der KNA 310

30.1 Steuereinnahmen im Mehrverkehr 310
30.1.1 Strassenverkehr bei sinkenden Zeitkosten 310
30.1.2 Strassenverkehr bei sinkenden Zeitkosten und steigenden Treibstoffsteuern 313
30.1.3 Veränderung der MWST-Einnahmen im ÖV bei einem Strassenprojekt 316
30.1.4 Schienenverkehr 316

30.2 ÖV-Erlöse im Mehrverkehr 318

31 Anhang B: W20 Wider ecomomic impacts 318

31.1 Berechnungsgegenstand 318

31.2 Grundlegende Berechnungsmethodik (Ecoplan) 318
31.2.1 WEI im Überblick 318
31.2.2 Relevanz von WEI für Industrieländer mit entwickelten Transportnetzen 319
31.2.3 Bisherige Verwendung von WEI bzw. WEB 320
31.2.4 Agglomerationseffekte als eine der Hauptformen von WEI 320
31.2.5 Kritik an der Verwendung von WEI 321
31.2.6 Kombination von KNA- und WEI-Ergebnissen 323

31.3 Fazit 324

32 Anhang C: Gewichtungsschlüssel 325

33 Anhang D: Verkehrsbezogene Kosten und Einnahmen von Gemeinden in Luxemburg 328

34 Anhang E: Umgang mit Verkehrskosten durch Grenzgänger 331

35 Anhang F: Ergebnisse der Transportrechnung nach Kostenkategorien 334

Literaturverzeichnis 336

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Das Grossherzogtum Luxemburg hat bei einer Fläche von knapp 2'600 km^2 rund 600'000 Einwohner sowie werktäglich rund 190'000 Grenzpendler aus den drei umliegenden Ländern, die zum Arbeiten ins Grossherzogtum einpendeln. Wirtschaft und Bevölkerung sind in den letzten Jahren (und Jahrzehnten) kontinuierlich gewachsen. Damit verbunden sind eine stark wachsende Nachfrage im Personen- und Güterverkehr und in der Folge zunehmende Staus während den Spitzenstunden. Vor diesem Hintergrund steht Luxemburg vor der Herausforderung, sein Verkehrssystem nachhaltig weiterzuentwickeln. Hierzu bieten sich unterschiedliche Massnahmen und Projekte an, die mit einer Vielzahl von Auswirkungen verbunden sind wie zum Beispiel Veränderungen in der Erreichbarkeit (Reisezeiten), in der Anzahl Unfälle, bei der Luft- und Lärmbelastung oder bei den Klimafolgen.

Um diese Vielzahl von Kosten- und Nutzenelementen gegeneinander abwägen zu können, braucht es eine umfassende, verständliche und politisch akzeptierte Methodik zur Bewertung und Gegenüberstellung von Verkehrsprojekten und -massnahmen. Die Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) ist die hierfür an erster Stelle zu nennende Grundmethode. Sie weist die grösste internationale Verbreitung auf und ist wissenschaftlich am besten fundiert. Die KNA soll helfen, aus einer Vielzahl von Ausbauprojekten, jene mit dem besten Nutzen-Kosten-Verhältnis auswählen und priorisieren zu können.

1.2 Zielsetzung

Im Rahmen des vorliegenden Projektes werden für Luxemburg die methodischen und datentechnischen Grundlagen zur Anwendung der KNA entwickelt. Die KNA hat alle monetarisierbaren Auswirkungen zu enthalten und somit einem umfassenden Anspruch zu genügen. Die Kostensätze sind soweit als möglich und sinnvoll auf luxemburgische Daten abzustützen. Die KNA muss für den gesamten Strassen- und Schienenverkehr anwendbar sein und auch den Vergleich zwischen Strassen- und Schienenprojekten erlauben.

Zudem wird das KNA-Tool «MOBIMPACT» entwickelt, das eine möglichst einfache und rasche Bewertung von Projekten erlaubt, indem alle Berechnungen automatisch ablaufen. Die Anwender sollen sich auf die Eingabe der erforderlichen, projektspezifischen Inputdaten konzentrieren können. Bei der Präsentation der Ergebnisse kann zwischen verschiedenen, vordefinierten Darstellungsformen gewählt werden.

Schliesslich soll für Luxemburg eine Transportrechnung erstellt werden. Die Transportrechnung zeigt auf, welche Kosten im Verkehr entstehen, wie hoch diese sind und vom wem sie getragen werden. Die Transportrechnung wird für das Jahr 2016 für den Strassen- und Schienenverkehr berechnet. Basis für die Erstellung der Transportrechnung bilden die auch für die KNA benötigten Einheitskosten nach Kostenbereichen sowie spezifische Ergänzungen in

ausgewählten Kostenbereichen wie zum Beispiel die Ermittlung der Infrastrukturkosten für das heutige Strassen- und Schienennetz in Luxemburg.

1.3 Aufbau des Berichtes

Der Bericht ist wie folgt strukturiert:

- Der erste Teil enthält die grundlegende Methodik zum Aufbau der Transportrechnung und zur Durchführung einer KNA.
- Im zweiten Teil werden die quantitativen Berechnungen zu den einzelnen Kostenbereichen vorgestellt. Konkret werden für die Transportrechnung die gesamten Kosten in Luxemburg im Jahr 2016 hergeleitet und für die KNA werden geeignete Kostensätze (z.B. pro Fahrzeugkilometer) ermittelt.
- Der dritte Teil enthält die Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse: Einerseits werden die Kostensätze als Grundlage zur Durchführung einer KNA in Luxemburg vorgestellt und andererseits werden die Gesamtkosten des Strassen- und Schienenverkehrs in Luxemburg in Form der Transportrechnung 2016 ausgewiesen.
- Der vierte Teil setzt sich aus verschiedenen Anhängen zusammen und enthält Erläuterungen zu ausgewählten Spezialfragen, spezifischen Datengrundlagen sowie ergänzende Detailergebnisse:
  - In Anhang A wird erklärt, warum zwei Indikatoren (Steuereinnahmen im Mehrverkehr und ÖV-Erlöse im Mehrverkehr) in der KNA berücksichtigt werden müssen, die wegen ihres Charakters oft als sogenannte Transferzahlungen bezeichnet werden.
  - In Anhang B wird auf die sogenannten «wider ecomomic impacts» eingegangen.
  - Anhang C enthält Gewichtungsschlüssel zur Verteilung von Verwaltungskosten auf einzelne Fahrzeugkategorien und Infrastrukturkosten auf unterschiedlichen Strassentypen in Luxemburg.
  - In Anhang D wird die Erhebung zu den verkehrsbezogenen Kosten und Einnahmen von Gemeinden in Luxemburg erläutert.
  - In Anhang E wird erläutert, wie mit den Verkehrskosten von Grenzgängern in den einzelnen Kostenbereichen umgegangen werden.
  - Anhang F enthält die Ergebnisse der Transportrechnung nach Kostenkategorien

Teil I: Methodik für Transportrechnung und Kosten-Nutzen-Analyse

Der erste Teil des Berichtes ist wie folgt gegliedert:

- In Kapitel 2 werden allgemeine Festlegungen getroffen, die sowohl für die KNA als auch für die Transportrechnung gelten. Dazu werden die berücksichtigten Verkehrsträger und Fahrzeugkategorien vorgestellt sowie die sozialen und externen Effekte definiert. Ebenso wird das Territorialprinzip erläutert und der Umgang mit Unsicherheiten umschrieben.
- Danach widmen wir uns in Kapitel 3 dem Aufbau der Transportrechnung mit Ausführungen zu Ziel, Struktur und Differenzierung der Transportrechnung.
- Das Kapitel 4 enthält der Methodik der KNA (Grundverständnis der KNA, Ablauf einer KNA, Projektdefinition, Mengen- und Wertgerüst, Berechnung der Wirtschaftlichkeit, Sensitivitätsanalysen, Ergebnisinterpretation, Grenzen der Aussagekraft der KNA).
- Ergänzend dazu wird in Kapitel 5 das Indikatorensystem der KNA erläutert.

2 Allgemeine Festlegungen zur Transportrechnung und Kosten-Nutzen-Analyse

2.1 Berücksichtigte Verkehrsträger und Fahrzeugkategorien

2.1.1 Berücksichtigte Verkehrsträger

Nach Absprache mit dem Auftraggeber sind in Luxemburg die folgenden Verkehrsträger zu berücksichtigen:

- Strassenverkehr
- Schienenverkehr

Auf diese beiden Verkehrsträger wird im Folgenden noch genauer eingegangen (der Schiffs- und Luftverkehr wird in diesem Projekt auftragsgemäss nicht betrachtet).

2.1.2 Fahrzeugkategorien im Strassenverkehr

Die folgende Abbildung zeigt, welche Fahrzeugkategorien für die KNA und die Transportrechnung in Luxemburg unterschieden werden. Auf Wunsch des Auftraggebers wird bei einigen Fahrzeugkategorien zusätzlich nach der Antriebsart differenziert (z.B. Benzin, Diesel, Elektro, Hybrid). Die Differenzierung der Fahrzeugkategorien ist mit folgenden Hinweisen zu ergänzen:

- Im Jahr 2016 gibt es zwar noch keine Trams in Luxemburg, aber mittlerweile wurde bereits eine Tramlinie eröffnet. Zudem muss das KNA-Tool auftragsgemäss Tramausbauten bewertet können.
- Bei den schweren Nutzfahrzeugen wird auf eine Differenzierung von Lastwagen, Lastenzügen und Sattelschleppern verzichtet.
- Die aktive Mobilität gehört ebenfalls zum Verkehrsträger Strasse, da sie weitgehend dieselben Infrastrukturen benutzt.

- Für die schnellen Pedelec 45, welche laut Code de la route mit den Mofas gleichgestellt sind, liegen in Luxemburg keine ausreichenden Daten vor.

Abbildung 2-1: Berücksichtigte Fahrzeugkategorien im Strassenverkehr

Verkehrsobjekt	Verkehrsform	Fahrzeugkategorie	Antriebsart
Personenverkehr	Motorisierter privater Personenverkehr	**Personenkraftwagen (PKW)**	Benzin Diesel Elektro Hybrid
		Reisebus	Diesel
		Motorrad	Benzin
		Mofa	Benzin
	Aktive Mobilität	Pedelec 25	Muskel / Elektro
		Fahrrad	Muskel
		Fuss	Muskel
	Öffentlicher Personenverkehr (ÖV)	**Linienbus**	Diesel Elektro
		Tram	Elektro
Güterverkehr		Leichte Nutzfahrzeuge (≤3.5t)	Benzin Diesel Elektro
		Schwere Nutzfahrzeuge (SNF) (>3.5t)	Diesel

Fett = Im Luxemburger Verkehrsmodell enthalten.

Die einzelnen Fahrzeugkategorien und Antriebsarten werden im Folgenden kurz definiert:

- PKW: Personenkraftwagen (auch Auto genannt) sind mehrspurige Fahrzeuge mit eigenem Antrieb zum vorwiegenden Zweck der Personenbeförderung. Sie werden meist im Individualverkehr eingesetzt.
- RBus Reisebus: Private Busse, die meist Reisegruppen transportieren und nur über Sitzplätze verfügen.
- MR: Ein Motorrad ist üblicherweise ein einspuriges Kraftfahrzeug mit zwei Rädern und einem oder zwei Sitzplätzen. Auch leichte Fahrzeuge mit 3 oder 4 Rädern (Quads) werden zu den MR gezählt.
- Mofa: Motorfahrrad oder motorisiertes Fahrrad (inkl. Pedelecs 45 = Elektrofahrräder mit einer Tretunterstützung bis 45 km/h (und mehr als 25 km/h)).
- Ped25: Pedelecs 25 sind Elektrofahrräder mit einer Tretunterstützung bis 25 km/h.
- Fahrrad: Ausschliesslich durch Muskelkraft betriebenes Landfahrzeug mit meist zwei Rädern.
- Fuss: Im Fussverkehr werden Wege zu Fuss zurückgelegt.
- Linienbus: Ein Linienbus ist ein Bus zur Beförderung von Personen auf konzessionierten Linien des öffentlichen Verkehrs. Auch Schulbusse werden hier miteinbezogen. Linienbusse verfügen (meist) neben Sitzplätzen auch über Stehplätze.

- Tram: Ein Tram (Strassenbahn) ist ein schienengebundenes, fast immer mit elektrischer Energie betriebenes öffentliches Personennahverkehrsmittel im Stadtverkehr, das den speziellen Bedingungen des Strassenverkehrs angepasst ist.
- Leichte Nutzfahrzeuge: Leichte Motorwagen zum Warentransport bis zu einem zulässigen Gesamtgewicht von 3.5t.
- SNF: Schwere Nutzfahrzeuge sind schwere Motorwagen zum Warentransport mit einem zulässigen Gesamtgewicht über 3.5t wie Lastwagen, Lastenzüge und Sattelschlepper.
- Antriebsarten
  - Benzin: Der Antrieb erfolgt über einen Verbrennungsmotor mit Benzin.
  - Diesel: Der Antrieb erfolgt über einen Verbrennungsmotor mit Diesel.
  - Elektro: Der Antrieb erfolgt über elektrische Energie aus einer Batterie.
  - Hybrid: Hybridfahrzeuge verfügen sowohl über einen Verbrennungsmotor (Benzin oder Diesel) als auch über einen elektrischen Antrieb mit Batterie.
  - Muskel: Die Fortbewegungsenergie stammt von der Muskelkraft des Menschen.

Bei der Durchführung der KNA dürften die verkehrlichen Auswirkungen oft mit dem Luxemburger **Verkehrsmodell** berechnet werden. Dieses unterscheidet nach PKW, SNF, Linienbus, Tram, Fahrrad (inkl. Ped 25) und Fuss. Diese Fahrzeugkategorien sind also von besonderer Bedeutung für die KNA. Die übrigen Fahrzeugkategorien werden vor allem für die Transportrechnung betrachtet. Die Aufteilung nach Antriebsart wird aber z.B. auch für die Bewertungen der Förderung der Elektromobilität benötigt. Dabei ist jedoch zu betonen, dass für eine solche Bewertung die Aufteilung der Verkehrsleistung auf die Antriebsarten ausserhalb des Verkehrsmodells und ausserhalb des MOBIMPACT-Tools erfolgen muss.

In den meisten praktischen Anwendungen der KNA dürften also nur die Fahrzeugkategorien des Verkehrsmodells berücksichtigt werden (fett in Abbildung 2-1). Für die Erarbeitung des KNA-Tools werden aber Kostensätze für alle in Abbildung 2-1 angeführten Fahrzeugkategorien ermittelt.

2.1.3 Fahrzeugkategorien im Schienenverkehr

Im Schienenverkehr findet die in Abbildung 2-2 dargestellte Differenzierung statt:[1]

- Personen-Regionalverkehr (RV): Der gesamte Bahn-Personenverkehr in Luxemburg (ausser TGV) wird dem Regionalverkehr zugerechnet (mittlere und kürzere Distanzen).
- Güterverkehr (GV): Beförderung von Gütern mit der Eisenbahn.
  - Der Rangierverkehr (Bewegung einzelner Wagen oder Wagengruppen, um Züge für die Fahrt bereit zu stellen) wird beim Güterverkehr mitberücksichtigt.

[1] Ursprünglich sollte auch der Fernverkehr berücksichtigt werden. Dabei handelt es sich in Luxemburg ausschliesslich um TGV-Züge. Für die TGV-Züge, die von SNCF betrieben werden, liegen jedoch keine zuverlässigen Daten zu den Betriebskosten und zu den Erlösen vor, so dass zusammen mit dem Auftraggeber beschlossen wurde, die wenigen TGV-Züge nicht zu berücksichtigen. Der gesamte übrige Bahn-Personenverkehr in Luxemburg wird dem Regionalverkehr zugerechnet und berücksichtigt.

Auf eine Differenzierung nach Antriebsart (Diesel, Strom) wird im Schienenverkehr verzichtet, da in Luxemburg kaum noch Dieselloks im Einsatz sind (mit Ausnahme des Rangierverkehrs).

Abbildung 2-2: Berücksichtigte Fahrzeugkategorien im Schienenverkehr

Verkehrsobjekt	Bemerkung
Personenverkehr (PV)	Regionalverkehr (RV)
Güterverkehr (GV)	

2.1.4 Berücksichtigte Infrastrukturen

Im Rahmen der Transportrechnung werden die folgenden Infrastrukturen als Bestandteile der Verkehrsträger berücksichtigt:

- **Strassenverkehr**: Alle befahrbaren Strassen werden miteinbezogen. Es sind dies die folgenden vier Strassentypen:
  - Autobahnen
  - Nationalstrassen
  - Chemins Repris
  - Gemeindestrassen[2]

  Berücksichtigt werden zudem öffentliche Parkplätze und öffentliche Parkhäuser[3], befestigte Fahrradwege, Fussgängerzonen, Treppen, Unterführungen, Verkehrsstege und -brücken für den Fuss- und Fahrradverkehr. Ausgeschlossen werden jedoch Naturstrassen (Fahr-, Feld- und Waldwege) sowie Wanderwege.
- **Schienenverkehr:** Berücksichtigt wird die gesamte Schieneninfrastruktur in Luxemburg:
  - Gleis- und Publikumsanlagen[4]
  - Rangieranlagen

  Nicht miteinbezogen werden hingegen die privaten Anschlussgleise im Güterverkehr von Arcelor-Mittal.

[2] Jede Ortschaft in Luxemburg wird von einer staatlichen Strasse erschlossen. Gemeindestrassen dienen nur der Erschliessung innerhalb einer Gemeinde.

[3] Private Parkhäuser sind nicht enthalten, da dazu keine Daten zur Verfügung stehen.

[4] Inkl. Perron und Aufgänge zu den Gleisanlagen, Wartehalle, Bahnhofzufahrt, aber ohne Gebäude.

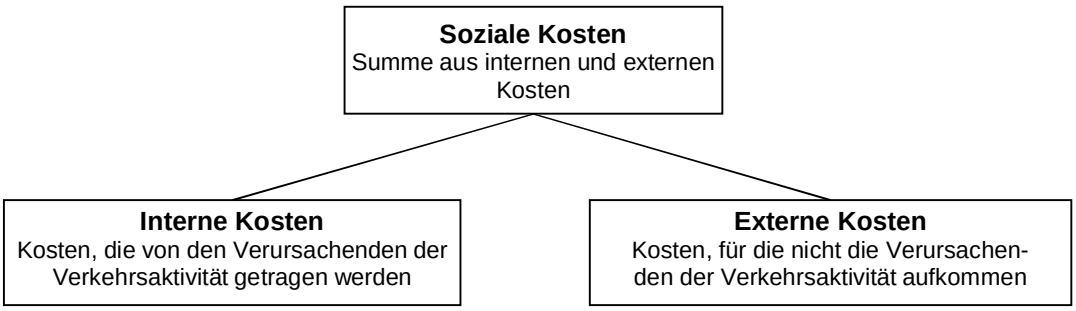
2.2 Soziale und externe Effekte

2.2.1 Soziale, interne und externe Effekte[5]

Für die Analyse der sozialen und externen Effekte des Verkehrs wird im Rahmen dieser Studie von folgendem generellem Verständnis ausgegangen:

- **Soziale Kosten:** Die sozialen (oder volkswirtschaftlichen) Kosten des Verkehrs umfassen sämtliche gesellschaftlichen Kosten, die durch die Verkehrsaktivität entstehen. Sie setzen sich aus den internen und externen Kosten zusammen (vgl. Abbildung 2-3).
- **Interne Kosten:** Die internen Kosten sind jene Kosten, welche die Verkehrsteilnehmenden selbst für ihre Fahrten auf sich nehmen. Sie setzen sich aus materiellen Kosten (z.B. Benzinkosten, Eurovignette, Versicherungsbeiträge an die Motorfahrzeugversicherung usw.) und immateriellen Kosten (z.B. nervliche Belastung bei der Autofahrt, persönlich getragene Unfallfolgen) zusammen.

Abbildung 2-3: Soziale, interne und externe Kosten



- **Externe Kosten:** Als extern wird jener Teil der sozialen Kosten bezeichnet, für den nicht die Verursachenden der Verkehrsaktivität aufkommen. Typische Beispiele sind etwa der Lärm und die Luftverschmutzung, welche durch die Verkehrsaktivität verursacht werden, die sich jedoch im Preis für die Fahrt nicht wiederspiegeln. Diese Kosten fallen z.B. bei den Eigentümern von Mietwohnungen (als verminderte Mietzinseinnahmen) oder als gesamtgesellschaftlich zu tragende Klimakosten an.

Steuern führen zu Transfers zwischen verschiedenen Kostenträgern ohne dass damit aus volkswirtschaftlicher Sicht ein Ressourcenverzehr oder -gewinn verbunden ist. So führt z.B. die Kyoto-Abgabe zu einer Internalisierung eines Teils der Klimakosten. Oder die Treibstoffsteuern führen zu höheren internen Kosten und entlasten den Staat, der die Steuereinnahmen z.B. für den Unterhalt der Infrastruktur einsetzen kann (in Luxemburg gibt es aber meist keine Zweckbindung der Steuern).

[5] Dieser Abschnitt basiert auf Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010, S. 87.

2.2.2 Verschiedene Sichtweisen der externen Kosten[6]

Wie hoch externe Kosten sind, ist abhängig von der Sichtweise bzw. von der Definition, was als system-intern und was als system-extern angesehen wird. Die externen Kosten des Verkehrs können aus (mindestens) zwei verschiedenen Sichtweisen bestimmt werden – nämlich aus der Sicht Verkehrsteilnehmende und der Sicht Verkehrsträger:

- **Sicht Verkehrsteilnehmende**: Bei dieser Sicht wird für die Abgrenzung von internen und externen Kosten vom einzelnen Verkehrsteilnehmenden ausgegangen. Alle Kosten, die der Teilnehmende an der Verkehrsaktivität nicht selbst trägt, werden als extern betrachtet. Es spielt dabei keine Rolle, wo diese ungedeckten Kosten anfallen (z.B. bei anderen Verkehrsteilnehmenden, beim Steuerzahler oder bei einem Unternehmen).
- **Sicht Verkehrsträger**: Der gesamte Verkehrsträger (z.B. Strasse oder Schiene) wird als eine Einheit betrachtet. Innerhalb des Verkehrsträgers werden alle Kosten als intern angesehen. Externe Kosten ergeben sich bei dieser Sicht nur, wenn sie ausserhalb des Verkehrsträgers anfallen. Alle übrigen Kosten, die beispielsweise auf der Strasse zwischen einem Personenwagenlenker und einer Motorradfahrerin entstehen, sind intern, weil sie innerhalb des Verkehrsträgers anfallen. Typische Beispiele für externe Kosten aus Sicht Verkehrsträger sind die Lärmkosten der Anwohner an Strassen oder die Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung.

Dabei gilt folgende Ungleichung:

$$\text{Externe Kosten aus Sicht Verkehrsträger} \leq \text{Externe Kosten aus Sicht Verkehrsteilnehmende}$$

Grundsätzlich nehmen die externen Kosten zu, wenn der Kreis, der als extern angesehenen Kostenträger, vergrössert wird. Dies gilt insbesondere für die Unfallkosten (unterschiedliche Behandlung der Unfälle zwischen einzelnen Verkehrsteilnehmenden) und die Stauzeitkosten. Für die Umweltkosten (z.B. Luftverschmutzung, Klima) sind demgegenüber die externen Kosten aus beiden Sichtweisen gleich hoch, weil keine Kosten zwischen den Verkehrsteilnehmenden auftreten (oder quantifiziert werden können).

Aus ökonomischer Sicht lässt sich zum **Verwendungszweck** der beiden Sichtweisen Folgendes feststellen:

- Bei der **Sicht Verkehrsteilnehmende** steht die volkswirtschaftlich **effiziente** Nutzung der Verkehrsinfrastruktur im Zentrum der Kostenermittlung. Dazu ist es erforderlich, dass alle Kosten, die der Verursacher nicht selbst trägt, als externe Kosten erfasst werden – und zwar unabhängig davon, ob sie bei anderen Verkehrsteilnehmern anfallen oder ausserhalb des Verkehrsträgers.
  Aus verkehrsökonomischer Sicht hat die Sicht Verkehrsteilnehmende folgende Vorteile: Bei entsprechender Internalisierung der so ermittelten externen Kosten (der Preis der einzelnen Verkehrsaktivität muss den gesamten sozialen Kosten dieser Verkehrsaktivität entsprechen) kann das Ziel einer effizienten Nutzung der Verkehrswege erreicht werden. Ziel der

[6] Dieser Abschnitt basiert auf Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010, S. 91-93.

Internalisierung ist eine Wiederherstellung der volkswirtschaftlichen Effizienz beim Vorliegen externer Effekte (Verursacherprinzip).

- Bei der **Sicht Verkehrsträger** geht es um die Frage, welcher Verkehrsträger welche Kosten verursacht und bis zu welchem Grad diese Kosten innerhalb des Verkehrsträgers gedeckt werden (Kostendeckungsgrad). Sie beantwortet die Frage, wie sich die Kosten zwischen Verkehrsteilnehmenden und Nicht-Verkehrsteilnehmenden (Bevölkerung, Steuerzahler, Unternehmen etc.) aufteilen. Die Sicht zeigt auf, mit welchen Kosten die Nicht-Verkehrsteilnehmenden belastet werden. Für eine optimale Steuerung des Verkehrsträgers ist sie weniger geeignet, da sie negativen Wechselwirkungen in Form von externen Kosten zwischen den einzelnen Verkehrsteilnehmenden nicht aufdecken kann und somit auch keine Anreize geschaffen werden, die negativen Wechselwirkungen zwischen den Verkehrsteilnehmenden (z.B. durch Unfälle oder Staueffekte) zu reduzieren.

Für die Anwendung in Kosten-Nutzen-Analysen genügt die **Sicht Verkehrsträger**, weil bei der Beurteilung neuer Verkehrsprojekte die Vorteilhaftigkeit für die gesamte Volkswirtschaft im Vordergrund steht und nicht die Frage nach einer optimalen Tarifierung des Verkehrssystems. Auch in der Transportrechnung ist es im Rahmen dieses Projektes nicht möglich, die Sicht Verkehrsteilnehmende miteinzubeziehen, da dies mit einem deutlichen Mehraufwand verbunden wäre.

2.2.3 Externe Nutzen

Unbestritten ist, dass der Verkehr nicht nur Kosten verursacht, sondern in vielfältiger Weise auch Nutzen generiert. Ebenfalls unbestritten ist, dass die Gesamtnutzen des Verkehrs grösser sind als die Gesamtkosten. Umstrittener ist die Frage, in welchem Ausmass die Verkehrsaktivitäten zu externen Nutzen führen, die den externen Kosten gegenüberzustellen sind. Bedeutsam ist diese Frage vor allem im Zusammenhang mit der Bepreisung des Verkehrs, denn aus ökonomischer Sicht gilt: Liegen externe (Grenz-)Kosten vor, ist eine Abgabe zu erheben; gibt es relevante externe (Grenz-) Nutzen, sind diese entsprechend zu entschädigen bzw. wo sinnvoll mit der Abgabe zu verrechnen.

Die bisherigen Untersuchungen kommen mehrheitlich zum Ergebnis,[7] dass – mit Ausnahme des externen Gesundheitsnutzens in der aktiven Mobilität (höhere Lebenserwartung und weniger Spitalaufenthalte dank physischer Aktivität) – der allergrösste Teil des Nutzens als interner Nutzen direkt bei den Verkehrsteilnehmenden anfällt, wie z.B. Zeitersparnisse oder geringere Fahrzeugkosten. Bei vielen Nutzen, die Dritten zufallen, wie z.B. günstigere Lebensmittel im Einkaufsladen, handelt es sich um Markteffekte, die einen normalen Anpassungsprozess darstellen und nichts mit externen Nutzen zu tun haben.

Deshalb werden sowohl in der Transportrechnung als auch in der KNA-Methodik ausschliesslich die Gesundheitsnutzen der aktiven Mobilität als externen Nutzen berücksichtigt. Zudem ist in diesem Zusammenhang auch auf die sogenannten «wider economic impacts» zu verweisen (vgl. Anhang B).

---

[7] Ecoplan, Infras (2006), Die Nutzen des Verkehrs.

2.3 Territorialprinzip[8]

Die Berechnung der Kosten erfolgt grundsätzlich nach dem Territorialprinzip: Es werden diejenigen Kosten erfasst, welche durch den Verkehr in Luxemburg verursacht werden. Die Abgrenzung bezieht sich also auf den Ort der Verursachung.[9]

Das so verstandene Territorialprinzip gilt als Grundsatz bei der Berechnung der Kosten des Verkehrs in Luxemburg. Davon muss in zwei Fällen abgewichen werden, auf welche nachstehend näher eingegangen wird:

- Bei der Abgrenzung der **Unfälle im Strassenverkehr** (inkl. aktive Mobilität, aber ohne Schienenverkehr[10]) wird aufgrund der vorhandenen Datengrundlagen für Schwer- und Leichtverletzte das **Inländerprinzip** verwendet. Das bedeutet, dass alle Unfälle von in Luxemburg wohnhaften Personen berücksichtigt werden, unabhängig davon, ob die Unfälle im In- oder Ausland stattfinden. Die polizeilich registrierten Unfallopfer liegen zwar nach dem Territorialprinzip vor, weil aber die Dunkelziffer (Hochrechnungsfaktor für die polizeilich nicht registrierten Unfälle und Unfallopfer) auf dem Inländerprinzip beruht, gilt dies anschliessend auch für die gesamte Zahl der Verletzten in der luxemburgischen Bevölkerung. Bei den Todesfällen lässt sich hingegen das Territorialprinzip anwenden, weil es hier keine Dunkelziffer gibt und daher die nach dem Territorialprinzip erhobenen Todesfälle übernommen werden. Die Auswirkungen dieser – durch die Datenlage bedingten – unterschiedlichen Abgrenzung wird nachstehend kurz illustriert:
  - Wenn eine Person mit Wohnsitz in Luxemburg in Frankreich einen Unfall hat und sich dabei verletzt, ist dieser Unfall in den Unfallkosten enthalten (Inländerprinzip). Stirbt die Person aber beim Unfall in Frankreich, ist der Unfall nicht enthalten (Territorialprinzip).
  - Wenn ein Grenzpendler in Luxemburg in einen Unfall verwickelt ist und sich dabei verletzt, so wird dieser Unfall nicht berücksichtigt (Inländerprinzip). Endet der Unfall jedoch tödlich, ist er in den luxemburgischen Unfallkosten enthalten (Territorialprinzip).
- Bei den Gesundheitsschäden der **Luftverschmutzung** wird angenommen, dass der Import und Export von Luftschadstoffen sich die Waage halten.[11] Es werden also die Schäden quantifiziert, die sich aufgrund der Luftbelastung (Emissionen aus dem In- und Ausland) bei der luxemburgischen Bevölkerung ergeben (Immissionen in Luxemburg). Ein luftverschmutzungsbedingter Todesfall in Luxemburg aufgrund von Luftschadstoffen aus Belgien wird also miteinbezogen. Nicht berücksichtigt werden hingegen luftverschmutzungsbedingte Gebäudeschäden in Trier aufgrund von Emissionen aus Luxemburg. Die Schäden in

---

8 Dieser Abschnitt basiert auf Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010, S. 103-105.

9 Es wird untersucht, wie stark der Verkehr in Luxemburg die Lebensqualität beeinträchtigt, losgelöst davon, ob von dieser Beeinträchtigung Bewohner und Bewohnerinnen innerhalb oder ausserhalb Luxemburgs betroffen sind. Als Beispiel seien die Klimakosten erwähnt: Hier werden die Treibhausgasemissionen durch den Verkehr in Luxemburg bestimmt. Die Klimafolgeschäden, die sich in den Kostensätzen widerspiegeln, umfassen jedoch nicht ausschliesslich Schäden, die in Luxemburg auftreten.

10 Im Schienenverkehr wird das Territorialprinzip verwendet.

11 Würde von dieser Annahme abgewichen, müssten die Gesundheitseffekte im Ausland bestimmt werden, die durch den Verkehr in Luxemburg verursacht werden. Hingegen müssten die Gesundheitsschäden in Luxemburg, die von ausländischen Emissionen verursacht werden, abgezogen werden. Dadurch würden die Datenanforderungen massiv zunehmen.

Luxemburg werden dann den luxemburgischen Emittenten zugeschrieben (als ob es keinen Import und Export von Luftschadstoffen gäbe).

Obwohl es also prinzipiell das Ziel ist, die Kosten und Erträge nach dem Territorialprinzip zu bestimmen, ist dies aufgrund der vorhandenen Datengrundlagen nicht immer möglich. Die dadurch entstehenden Einschränkungen bei der Genauigkeit der Ergebnisse dürften jedoch relativ gering sein.

In der **KNA** werden die Wirkungen prinzipiell gemäss Territorialprinzip räumlich lokalisiert. Bei grenznahen Projekten im Strassen- und Schienenverkehr mit Auswirkungen auf die Verkehrsleistung im Ausland müssen für eine umfassende Beurteilung der Kosten und Nutzen selbstverständlich auch die Veränderungen im Ausland betrachtet werden (z.B. bei einem Schienenprojekt die damit einhergehende Verlagerung von Fzkm von der Strasse auf die Schiene). Vereinfachend werden hierfür die Luxemburger Kostensätze angewendet, auch wenn dies Verkehrsleitungen im Ausland betrifft (vgl. folgender Exkurs).

Für **regionale Teilbilanzen** ist hingegen das **Wohnsitzprinzip** zu verwenden, d.h. der Nutzen resp. die Kosten werden demjenigen Raum zugeschrieben, in dem der betroffene Haushalt wohnt oder die betroffene Unternehmung ihre Niederlassung hat (vgl. Kapitel 4.5.3 unten).

Exkurs: Berücksichtigung des grenzüberschreitenden Verkehrs in der KNA

Knapp die Hälfte der Arbeitskräfte in Luxemburg wohnt im benachbarten Ausland und pendelt nach Luxemburg (ca. 181'000 von 418'000 Arbeitskräften in Luxemburg 2016 oder 43% gemäss STATEC). Auch sonst ist in flächenmässig kleinen Ländern wie Luxemburg der Anteil der ausländischen Verkehrsteilnehmenden oft höher als in flächenmässig grossen Ländern.

Prinzipiell ist die KNA eine volkswirtschaftliche Bewertung, in der eine Gesamtsicht eingenommen wird, d.h. auch die Effekte auf Verkehrsteilnehmenden aus dem Ausland sind miteinzubeziehen. Selbstverständlich kann es aus verteilungspolitischer Sicht störend sein, wenn die Kosten für den Ausbau einer Strassenverbindung von Luxemburg finanziert werden, ein Grossteil der Zeitersparnisse aber bei ausländischen Verkehrsteilnehmenden anfallen, weil sie auf ihrem Weg zur Arbeit dank der ausgebauten Verbindung nicht mehr im Stau stehen. Mit der Berechnung von regionalen Teilbilanzen (z.B. für Luxemburg und die drei Nachbarländer Frankreich, Belgien und Deutschland) kann ermittelt werden, wer profitiert. Dies könnte eine Grundlage für Verhandlungen zur Mitfinanzierung durch das Ausland sein (wie auch Frankreich und Deutschland für ihre Projekte Mitfinanzierungen von Luxemburg erhielten). In der nachstehenden Abbildung wird pro Kostenbereich beispielhaft aufgezeigt, welche sozioökonomische Gruppe meist die Kosten tragen und wie sich die Auswirkungen räumlich verteilen.

Im Zusammenhang mit dieser Thematik stellt sich auch die Frage, ob bei Verkehrsteilnehmenden aus dem Ausland für die Bewertung der Reisezeitgewinne dieselben Kostensätze zu verwenden sind wie für Inländer. Wir empfehlen, auf eine Differenzierung zu verzichten:

Einerseits gibt es hierzu ökonomische Überlegungen, denn ausländische Einpendler nach Luxemburg richten sich lohnmässig auf das Luxemburger Niveau aus, somit ist auch ihre Zahlungsbereitschaft für Zeitgewinne ähnlich wie jene bei Luxemburgern. Anderseits sprechen auch pragmatische Gründe dafür: Eine Verwendung ungleicher Zeitkostensätze wäre wohl wegen der Ungleichbehandlung von in- oder ausländischer Bevölkerung schwierig zu kommunizieren und würde zudem den Aufwand für die Bewertung deutlich erhöhen.

Auch bei anderen Effekten – z.B. den Betriebskosten der Fahrzeuge – werden Luxemburger Werte verwendet. Da die Tankstellenpreise in Luxemburg günstiger sind als in den drei Nachbarländern, dürfte dies in etwa zutreffen.

Abbildung 2-4: Verteilung der Nutzen und Kosten am Beispiel eines Strassenprojektes

Effekt	Aufteilung auf sozioökonomische Gruppen	Räumliche Verteilung
Investitionskosten	verhandelbar	offen - oft lokal
Betriebskosten Strasse	Staat	lokal
Auswirkungen auf ÖV	ÖV-Betreiber	oft lokal
Reisezeitveränderungen	Benutzende	regional
Zuverlässigkeit	Benutzende	regional
Betriebskosten Fahrzeuge	Benutzende	regional
Nutzen Mehrverkehr	Benutzende	regional
Luftbelastung	Allgemeinheit	lokal / regional[1]
Lärm	Allgemeinheit	lokal
Bodenverbrauch / Wasser	Allgemeinheit	lokal
Landschafts- und Ortsbild	Allgemeinheit	lokal
Klimabelastung	Allgemeinheit	global

[1] Luftschadstoffe haben einerseits lokale Effekte, werden andererseits aber durch Winde verteilt und haben dann regionale Effekte.

lokal = im Inland, regional = im In- und Ausland

Bei grenznahen Projekten müssen auch Auswirkungen im Ausland mitberücksichtigt werden – z.B. höhere Verkehrsaufkommen auf Zulaufstrecken. Auch für diese Effekte werden pragmatisch die Luxemburger Kostensätze verwendet, da eine Verwendung von ausländischen Kostensätzen deutlich aufwändiger wäre (und zwar sowohl bei der Herleitung der Methodik bzw. der ausländischen Kostensätze als auch bei der späteren Bewertung der einzelnen Projekte).

Die Berücksichtigung der von Grenzgängern verursachten Verkehrskosten in den einzelnen Kostenbereichen wird im Anhang E weiter erläutert.

2.4 Umgang mit Unsicherheiten[12]

2.4.1 Ausgangslage

Die Berechnungen können nicht ohne Annahmen und Vereinfachungen vorgenommen werden. Damit ergeben sich bezüglich der Endergebnisse in jedem Fall gewisse Unsicherheiten. Bei den externen Effekten können sie bei der Ermittlung der Ergebnisse auf drei „Ebenen" entstehen:

- Belastungssituation
- Effekte bzw. Schäden (Dosis-Wirkungs-Beziehungen und Mengengerüst)
- Kostensätze für die Bewertung der Schäden (Wertgerüst)

Je nach Wissenstand stehen verschiedene Möglichkeiten zum Umgang mit Unsicherheiten zur Verfügung, welche in Abbildung 2-5 im Überblick dargestellt sind und im Folgenden erläutert werden.

Abbildung 2-5: Wissenstand und Umgang mit Unsicherheiten

Wissenstand	Umsetzungsmöglichkeiten in Berechnungen
Gesichertes Wissen	Datenauswertung
Wissen mit Unsicherheiten	Punktschätzung im Sinne eines best guess Ansatzes Punktschätzung im Sinne eines at least Ansatzes Sensitivitätsanalysen Bandbreiten

Gesichertes Wissen

Der Begriff „Wissen" ist umfassend zu verstehen, es kann sich um Datengrundlagen (z.B. Verkehrsleistung, Unfallzahlen), um Funktionszusammenhänge oder auch um Kostenangaben (z.B. medizinische Behandlungskosten pro Spitalpflegetag) handeln.

Bei gesichertem Wissen handelt es sich in der Regel um Grundlagen, welche aus offiziellen Statistiken stammen. Die Zahlen bzw. Parameter aus dieser Wissenskategorie können für die Berechnungen als Datenauswertung übernommen werden, ohne dass zusätzliche Annahmen oder Massnahmen notwendig sind.[13]

Wissen mit Unsicherheiten

Zu dieser Wissenskategorie lassen sich alle Daten, Funktionszusammenhänge, Belastungs-Wirkungs-Beziehungen oder Kostensätze zählen, über die eine Vielzahl von Erkenntnissen

[12] Dieser Abschnitt basiert auf Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010, S. 106-109.

[13] Auch bei Datenauswertungen gibt es natürlich (statistische) Unsicherheiten. Diese sind im Vergleich zu den übrigen Unsicherheiten jedoch meist sehr gering und damit vernachlässigbar. Zudem besteht bei der Datenauswertung keine Wahl, welcher Wert zu verwenden ist, beim best guess hingegen stehen unterschiedliche Werte zur Verfügung.

aus wissenschaftlichen Arbeiten (z.B. empirische Erhebungen, Modellierungen usw.) vorliegen. Die Erkenntnisse sind aber mit Unsicherheiten (z.B. nur Angaben in Bandbreiten oder Konfidenzintervallen[14]) verbunden oder führen nicht zu einem eindeutigen oder einzig geltenden Resultat (Zahlenwert).

In diesem Fall können für den Umgang mit den Unsicherheiten unterschiedliche Strategien angewendet werden:

- **Best guess Ansatz (bestmögliche Schätzung)**: Bei diesem Ansatz wird für die weiteren Berechnungsschritte ein Punktwert verwendet, welcher auf einem „best guess" Vorgehen beruht. Für die Ermittlung des „best guess" können unterschiedliche Methoden verwendet werden, so z.B. eine qualitative Einschätzung der vorliegenden Arbeiten, eine mit statistischen Verfahren durchgeführte Meta-Analyse oder eine Abstützung auf bestimmte Autoren oder Studien, die als wissenschaftlich besonders gut angesehen werden und / oder sich genau auf den untersuchten Kontext beziehen.
- **At least Ansatz (mindestens zu erwarten)**: Alternativ kann ein Wert gewählt werden, der im unteren Bandbereich der bekannten Ergebnisse liegt. Mit diesem Vorgehen soll sichergestellt werden, dass die tatsächlichen Kosten nicht überschätzt werden, sondern die ausgewiesenen Ergebnisse vielmehr als „mindestens zu erwartende" Kosten interpretiert werden können. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von einem „at least Ansatz".
- **Sensitivitätsanalysen**: Der best guess und der at least Ansatz können ergänzt werden, indem für wichtige Annahmen eine **Sensitivitätsanalyse** durchgeführt wird, d.h. dass für wichtige Annahmen unterschiedliche Werte verwendet werden, um zu untersuchen, wie sich dadurch das Endergebnis verändert.
- **Bandbreiten (oder Konfidenzintervalle)**: Bei diesem Ansatz werden die bestehenden Unsicherheiten in den Berechnungen ausgewiesen. Konkret bedeutet dies, dass die Berechnungen nicht für einen einzelnen Wert, sondern für eine Unter- und Obergrenze durchgeführt werden. Die Wahl der Unter- und Obergrenze erfolgt entweder abgestützt auf statistischen Angaben (z.B. auf dem 95%-Konfidenzintervall) oder, wenn diese nicht vorhanden sind bzw. deren Herleitung schwierig ist, ad hoc aufgrund der vorliegenden Studienergebnisse.

2.4.2 Vorgehenskonzept zum Ausweis der Unsicherheiten

Es wird eine Berechnung vorgenommen, die einen plausiblen Wert für die Kosten ermittelt: Falls ein eindeutiger **„best guess"** vorliegt, wird dieser Wert verwendet. Ansonsten beruht der Wert auf einer **vorsichtigen Schätzung** (**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 getroffen werden, die eher zu einer Unter- als einer Überschätzung der tatsächlichen Kosten führen.

[14] Mit 95%-iger Wahrscheinlichkeit liegt z.B. das wahre Ergebnis innerhalb des 95%-Konfidenzintervalls.

2.5 Weitere Festlegungen

2.5.1 Durchschnitts- versus Grenzkosten[15]

Bei der Berechnung der Kosten in einigen Kostenbereichen (z.B. Luftbelastung, Lärm, Unfälle, Infrastrukturkosten etc.) werden oft die Kosten für ein ganzes Land berechnet (z.B. Schweiz, Deutschland). Daraus lassen sich leicht Durchschnittskosten pro Fahrzeug- oder Zugskilometer berechnen.

Demgegenüber waren und sind die Grundlagen auf EU-Ebene (und auch in anderen Ländern, z.B. UK, NL) auf Grenzkosten ausgerichtet, also die Kosten, die durch eine zusätzliche Verkehrseinheit verursacht werden. Dieser Ansatz basiert auf der ökonomischen Wohlfahrtstheorie für optimale Preise. Entsprechend empfehlen diese Grundlagen (z.B. im EU-Handbuch für externe Kosten im Verkehr[16]) Kostensätze für Grenzkosten in ausgewählten Verkehrssituationen (z.B. Grenzkosten für PKW tagsüber in städtischen Gebieten oder nachts in ländlichen Gebieten). Die Berechnung erfolgt Bottom-up, in der Regel basierend auf spezifischen Modellen. Unterschiedliche Resultate zwischen Bottom-up-Berechnung mit Ausrichtung auf Grenzkosten und Top-down-Berechnungen mit Ausrichtung auf Durchschnittskosten ergeben sich erfahrungsgemäss bei der Berechnung der Unfall- und Lärmkosten aufgrund der unterschiedlichen Kostenfunktionen.

In Luxemburg ist eine Transportrechnung zu erstellen, in der die gesamten Kosten in Luxemburg ermittelt werden. Zudem werden auftragsgemäss auch Durchschnittskosten (z.B. pro Fzkm, Pkm und Tkm) berechnet. Damit bilden die Gesamt- und Durchschnittskosten pro Verkehrsträger (bzw. pro Fahrzeugkategorie) die sinnvolle Basis für die Berechnungen in Luxemburg. Die Durchschnittskosten können auch für den Vergleich zwischen unterschiedlichen Verkehrsmitteln dienen (vgl. folgender Exkurs).

In einer KNA hingegen sind nach Möglichkeit Grenzkosten zu verwenden, bzw. es sind die durch ein Projekt zusätzlich verursachten (oder verhinderten) Kosten zu bestimmen (zusätzliche Kosten durch das Projekt im Vergleich zum Referenzfall). Sind jedoch keine Grenzkosten verfügbar, können Durchschnittskosten angewendet werden.[17]

Exkurs: Kilometerkosten als Vergleichswerte

Bei den Angaben in Kilometerkosten handelt es sich um statistische Mittelwerte. Je nach eingesetztem Verkehrsmittel, dessen Besetzungsgrad bzw. Auslastung, der benutzten Infrastruktur, der Streckentopographie, des Verkehrsflusses usw. können die tatsächlichen Kilometerkosten deutlich vom Durchschnittswert abweichen.

[15] Dieser Abschnitt basiert teilweise auf Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010, S. 113-114.

[16] DG MOVE (2014), Update of the Handbook on External Costs of Transport und CE Delft et al. (2008), IMPACT: Handbook on estimation of external costs in the transport sector.

[17] SN 641 820 (2006), Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. Grundnorm, Ziffer 45.

Die Kilometerkosten könnten angesichts des gemeinsamen Nenners «Distanz» zu Kostenvergleichen zwischen den verschiedenen Verkehrsformen verführen, selbst wenn völlig unterschiedliche Rahmenbedingungen bestehen. Bei der Interpretation ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Substituierbarkeit zwischen den Verkehrsformen oft eingeschränkt ist. Beispielsweise kann eine innerstädtische Busfahrt nicht durch eine Zugfahrt ersetzt werden oder nicht alle Strassentransporte können auf die Schiene verlagert werden. Ausserdem besteht zwischen vielen Verkehrsformen eine Komplementarität. So ist beispielweise kaum eine Verkehrsform vorstellbar, ohne diese mit Fusswegen zu kombinieren. Eine Gegenüberstellung der Verkehrsformen und Fahrzeugkategorien auf der Basis von Kilometerkosten ist daher nur beschränkt möglich. Insbesondere sind wertende Vergleiche hinsichtlich Kosteneffizienz unzulässig. Die Kilometerkosten sollten nur dort nebeneinandergestellt werden, wo Verkehrsformen ähnliche Charakteristika aufweisen.

2.5.2 Faktorpreise

Für die internationale Vergleichbarkeit der Ergebnisse werden sämtliche Kostenberechnungen auf der Basis von **Faktorpreisen** vorgenommen (und nicht mit Marktpreisen).[18] Als Faktorpreise werden die Preise ohne indirekte Steuern (z.B. MWST) bezeichnet. Alle Steuern werden prinzipiell nicht betrachtet, weil sie mit keinen realen Kosten verbunden sind, sondern reine Transfers darstellen.[19] Der durchschnittliche Unterschied zwischen Markt- und Faktorpreisen in Luxemburg wird in Kapitel 7.4.1 ermittelt.

Die Mehrwertsteuer (**MWST**) ist in der Transportrechnung und in der KNA also nicht zu berücksichtigen: Einerseits wird sie herausgerechnet, um die Transportrechnung in Faktorkosten darstellen zu können. Andererseits werden die MWST-Einnahmen z.B. aus dem Autoverkauf nicht als Einnahmen berücksichtigt, weil die MWST eine allgemeine (nicht eine verkehrsspezifische) Steuer ist, die auf jeglichem Konsum erhoben wird.

2.5.3 Folgekosten

Bei den Berechnungen der durch den Verkehr im Jahr 2016 verursachten Kosten werden auch jene Kosten berücksichtigt, welche erst nach dem Jahr 2016 anfallen (z.B. bei Unfällen die medizinischen Behandlungskosten und die Produktionsausfälle, die sich bei einer schweren Verletzung über das Jahr 2016 hinaus ergeben können). Wenn im Folgenden also von Kosten gesprochen wird, dann sind damit immer auch alle **Folgekosten** (auch die zukünftigen) gemeint, die sich aus den Belastungen im Jahr 2016 ergeben.

[18] Auch in der EU wird für KNA im Verkehrsbereich die Verwendung von Faktorkosten empfohlen (vgl. hierzu European Commission (2015), Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects, S. 55.).

[19] Für eine Ausnahme siehe Anhang A.

3 Methodik der Transportrechnung

3.1 Kurzbeschrieb

Die Transportrechnung gibt einen Überblick, welche Kosten aufgrund des Strassen- und Schienenverkehrs in Luxemburg im Jahr 2016 angefallen sind. Ausserdem wird ausgewiesen, wer die Kosten trägt und welche Zahlungen die Verkehrsnutzenden leisten, um den Verkehr nutzen zu können. Es wird dargelegt, ob die Kosten von den Verkehrsnutzenden (sogenannte interne Kosten) getragen werden oder es sich um externe Kosten handelt, welche nicht von den Verkehrsteilnehmenden, sondern von Dritten (Staat oder Allgemeinheit) zu tragen sind.

Die Transportrechnung unterscheidet zwischen den Verkehrsträgern (Strasse, Schiene), den Verkehrsobjekten (Personen- und Güterverkehr), und den Verkehrsformen (privater motorisierter Personenverkehr, öffentlicher Strassenverkehr, aktive Mobilität etc.). Im Strassenpersonenverkehr und Strassengüterverkehr werden die Gesamtkosten zudem auf die einzelnen Fahrzeugkategorien aufgeschlüsselt (vgl. Kapitel 2.1.2).

Die im Folgenden erläuterte Methodik für die Transportrechnung in Luxemburg lehnt sich vergleichswese eng an die Methodik für die Transportrechnung in der Schweiz an.

Exkurs: Ein Blick ins Ausland

In Europa ist die Erstellung von umfassenden Verkehrsträgerrechnungen selten, eher häufiger anzutreffen sind Infrastrukturrechnungen für die Strasse. Eine Gegenüberstellung der verkehrsträgerspezifischen Gesamtkosten beschränkt sich in der Regel auf die externen Unfall- und Umweltkosten. Daneben interessiert insbesondere die Finanzierung des Verkehrs, wobei es hierzu in den meisten Ländern kaum systematische Datensätze gibt. Folgende Beispiele illustrieren die Praxis im Ausland:

- Die Schweiz ist führend im Bereich der umfassenden Verkehrsträgerrechnungen. Sie hat die periodische Publikation der Gesamtkosten des Verkehrs gesetzlich verankert. Die Ergebnisse werden vom Bundesamt für Statistik (BFS) in der «Statistik der Kosten und Finanzierung des Verkehrs» veröffentlicht und jährlich aktualisiert.
- Die EU fordert zur Legitimation des LKW-Mautsatzes (gemäss Richtlinie 2011/76/EU) spezifische Wegekostenrechnungen. Neben den Infrastrukturkosten werden auch externe Kosten (vor allem Luftverschmutzung und Lärm) berechnet.
- Deutschland hat in früheren Jahren eine periodische Wegekostenrechnung für Strasse und Schiene durchgeführt (vgl. DIW et.al. 2009; Prognos, IWW 2002; Progtrans, IWW 2007). Aufgrund der Liberalisierung im Schienenverkehr ist nur noch die Strassenrechnung mit Fokus Autobahnen weiterentwickelt worden.
- Österreich weist eine längere Tradition mit Wegekostenrechnungen auf (vgl. Herry, Sedlacek 2003). Diese konzentrieren sich auf die Strasse und werden mittlerweile auch für die Bemessung der spezifischen Mautsätze eingesetzt.

- Weitere Länder wie die Niederlande, Schweden oder Dänemark weisen die Ausgaben und Einnahmen aus, wiederum mit Fokus Strassenverkehr und Strassenschwerverkehr. Sie haben eigene Methoden zur Allokation der Schwerverkehrskosten entwickelt (vgl. dazu DIW, VTI, ITS 2008).
- Sporadisch werden vergleichende Verkehrsträgerrechnungen erstellt, um die Vor- und Nachteile des Verkehrs ökonomisch zu beziffern. Dazu werden auch einzelne Routen bzw. Korridore miteinander verglichen (z.B. europäischer Vergleich: CE Delft, Infras, ISI 2011; Deutschland: Infras, ISI 2010).

3.2 Ziel der Transportrechnung

Die Transportrechnung 2016 dient sowohl als Grundlage für die Verkehrswissenschaft und Verkehrsplanung, als auch für verkehrspolitische Entscheide. Sie soll gezielt als Input für die nationale nachhaltige Mobilitätsstrategie 2018 (MODU 2.0) verwendet werden.

Die Transportrechnung gibt Antworten auf folgende Leitfragen:

- Wie hoch sind die durch den Verkehr verursachten Gesamtkosten in Luxemburg?
- In welchen Bereichen entstehen die Kosten (Aufteilung auf Infrastruktur-, Verkehrsmittel-, Unfall- und Umweltkosten)?
- Wer trägt die Kosten und zu welchen Anteilen?

Mit der Beantwortung dieser Fragen ermöglicht die Transportrechnung

- eine vollständige Gesamtschau über **alle anfallenden Kosten** (Gesamtkosten absolut und als Kilometerkosten) und deren Struktur differenziert nach verschiedenen Kostenkategorien, Verkehrsträgern, Verkehrsformen und Fahrzeugkategorien
- einen Überblick über das **Niveau und die Art der Finanzierung der Kosten** durch die verschiedenen Kostenträger
- das Anstellen von **Vergleichen zwischen Verkehrsträgern, -formen und Fahrzeugkategorien** durch die Berechnung der Kilometerkosten (Kostensätze pro Verkehrsleistung).

3.3 Struktur und Differenzierung der Transportrechnung

Die Transportrechnung zeigt auf, welche Kosten im Verkehr entstehen, von wem sie getragen werden und durch welche Leistungen die Kosten von den Verkehrsnutzenden getragen bzw. finanziert werden. Dabei gilt es zu differenzieren zwischen unterschiedlichen

- Kostenkategorien
- Kostenträgern
- Leistungen von Verkehrsnutzenden

Auf diese verschiedenen Themen wird nachfolgend detaillierter eingegangen.

3.3.1 Kostenkategorien

In der Transportrechnung werden die Kosten der beiden Verkehrsträger Strasse und Schiene nach vier unterschiedlichen **Kostenkategorien** erfasst:[20]

- **Infrastrukturkosten**: Bau-, Instandhaltungs- und Betriebskosten der Verkehrsinfrastruktur (im KNA-Indikatorensystem (vgl. Kapitel 5.2) sind dies die Indikatoren W1, W2, W3, W6 und W23[21]).
- **Verkehrsmittelkosten**: Kosten für Anschaffung, Betrieb und Unterhalt von Verkehrsmitteln (Indikatoren W7 bis W9).
- **Unfallkosten**: Materielle Unfallkosten (Sachschäden, Heilungskosten, Polizei- und Rechtsfolgekosten, volkswirtschaftliche Kosten für die Gesellschaft (wie zum Beispiel höhere Unfallversicherungsprämien oder unfallbedingte Absenzen am Arbeitsplatz) und immaterielle Kosten der Unfallopfer (Schmerz, Leid und Beeinträchtigung der Lebensqualität) (Indikator G6).
- **Umweltkosten**: Kosten infolge von Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit oder der Umwelt (Indikatoren U1, U2, U4, sowie U9 bis U13).

In der Transportrechnung werden die **Zeitkosten** des gewerblichen Verkehrs bzw. der Angestellten der Transportunternehmen grundsätzlich berücksichtigt, da sie Teil der betriebswirtschaftlichen Aufwände der Transportunternehmen bzw. der Verkehrsmittelkosten sind. Dies bedeutet, dass die Personalkosten für Chauffeure im gewerblichen Strassenverkehr (SNF, Reisebusse), von öffentlichen Bussen, Trams und Zügen in der Transportrechnung enthalten sind. Die privaten Zeitkosten (inkl. Staukosten) der Verkehrsnutzenden für den Betrieb eigener Verkehrsmittel (vgl. W10-W11 bei den KNA-Indikatoren) werden hingegen nicht einbezogen.[22] Grund dafür ist, dass wir über keine Datengrundlagen zu den Zeitkosten verfügen.[23] Auch in der Schweiz wird auf den Einbezug der Zeitkosten verzichtet, weil der Aufwand zu deren Erhebung als zu gross angesehen wird – in Anbetracht dessen, dass die Zeitkosten vollständig

---

[20] Es werden dieselben Kostenkategorien unterschieden wie im Indikatorensystem der KNA (vgl. Kapitel 5). Einige Indikatoren der KNA sind aber für die Betrachtung der Gesamtkosten in Luxemburg nicht relevant. Dazu zählen die Folgenden:

- W10-W11 Zeitkosten (vgl. hierzu die Begründung unter dem Stichwort «Zeitkosten» auf der nachstehenden Seite).
- W13-W15: Nutzen Mehrverkehr: In der Transportrechnung gibt es keinen Mehrverkehr durch ein Projekt.
- W16 Steuereinnahmen: Dies sind keine Kosten. Die Steuereinnahmen werden in der Transportrechnung vielmehr dazu verwendet, zu bestimmen, wer die Kosten letztendlich trägt (finale Kostenträger, vgl. weiter unten).
- W21: Die Trassenpreise sind ein reiner Transfer innerhalb der Bahnunternehmen und werden in der Transportrechnung nicht betrachtet.

[21] Der Indikator W23 «Polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung» ist in der Transportrechnung in den Infrastrukturkosten enthalten. In der KNA wird der Indikator aber aus methodischen Überlegungen zu den «weiteren ökonomischen Auswirkungen» gezählt.

[22] Auch die Zuverlässigkeit (Indikator W12) kann nicht quantifiziert werden.

[23] Inrix liefert zwar Daten zur Dauer, die im Stau verbracht wird (Somnard 2018, Une moyenne de 33 heures dans les bouchons à Luxembourg). Für die Transportrechnung würden jedoch nicht nur die Staustunden benötigt, sondern die gesamten Reisezeiten. Zudem umfassen die Zahlen von Inrix nur den Stau in den Städten und nicht im gesamten Land Luxemburg.

intern sind und damit aus Sicht der Internalisierung nicht von Bedeutung sind. Folglich wird auch in Luxemburg auf den Einbezug der Zeitkosten in die Transportrechnung verzichtet.[24]

Die **externen Gesundheitsnutzen** durch die aktive Mobilität (Indikator G5) sind Nutzen und keine Kosten. Deshalb werden sie in der Transportrechnung bei der Bestimmung der Summe der Transportkosten nicht aufgeführt. Die reduzierten Gesundheitskosten für die Allgemeinheit werden jedoch bei der Ermittlung der Kostentragung als Beitrag der aktiven Mobilität zur Finanzierung ihrer Kosten angerechnet, auch wenn es sich eigentlich um vermiedene Kosten (und nicht wirklich Erträge) handelt.[25]

3.3.2 Kostenträger

Die Kosten des Verkehrs in Luxemburg werden von verschiedenen Kostenträgern übernommen, entweder in monetärer Form (z.B. Benzinausgaben) oder in Form immaterieller Kosten (z.B. Leid, Schmerz bei Unfällen). In der Transportrechnung werden die Kostenträger in fünf Gruppen eingeteilt:[26]

- **Verkehrsnutzende**: Die Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmer bei selbst erbrachten Verkehrsleistungen (z.B. Betriebskosten PKW, Betriebskosten SNF) und die Passagiere beim gewerblichen Personenverkehr.
- **ÖV-Betreiber**: Unternehmen, die Verkehrsleistungen gegen Entgelt zu Verfügung stellen, z.B. Bahnunternehmen, Busgesellschaften.
- **Staat als Infrastrukturbetreiber**: Staat in seiner Funktion als Betreiber einer Verkehrsinfrastruktur.
- **Übriger Staat**: Staat, aber nicht in seiner Funktion als Infrastrukturbetreiber, sondern in der Wahrnehmung aller anderen staatlichen Aktivitäten. Dazu gehört z.B. die Ausrichtung von Subventionen an den öffentlichen Verkehr oder von Beiträgen an die Spitalkosten. Ebenso zählen dazu verkehrspolizeiliche Kontrollen oder die Einnahme von Steuern aus dem Verkehrsbereich.
- **Allgemeinheit**: Nicht direkt am Verkehr beteiligte Personen, die unter den negativen Auswirkungen des Verkehrs zu leiden haben, z.B. Anwohner, die unter Lärm- und Luftbelastung leiden.

Die Kosten des Verkehrs werden teilweise vom ursprünglichen Kostenträger (z.B. Transportunternehmen) an weitere Kostenträger abgewälzt, so z.B. über Ticketpreise auf die ÖV-

[24] In der KNA sind die Reisezeitveränderungen (inkl. Veränderungen beim Stau) hingegen auf jeden Fall zu beachten, da sie meist einen grossen Teil des Nutzens eines Verkehrsprojektes darstellen.

[25] Die interne Gesundheitsnutzen werden hingegen nicht in die Transportrechnung miteinbezogen – wie auch die übrigen internen Nutzen, welche Verkehrsnutzende aus ihrer Fahrt ziehen (BFS 2015b, Kosten und Finanzierung des Verkehrs, S. 45).

[26] Diese Aufteilung beruht bei den externen Kosten auf der Sicht Verkehrsträger: In der Kategorie Verkehrsnutzende sind sowohl die internen, selbst verursachten Kosten enthalten als auch die Kosten, die ein Verkehrsteilnehmer einem anderen Verkehrsteilnehmer auferlegt. Soll dagegen die Sicht Verkehrsteilnehmende umgesetzt werden, müsste die Kategorie Verkehrsnutzende aufgeteilt werden in die zwei Kategorien «Verursachende» und «übrige Verkehrsnutzende».

Nutzenden oder als Defizitdeckung auf die öffentliche Hand. Daher gilt es zwischen direkten und finalen Kostenträgern zu unterscheiden:

- **Direkte Kostenträger**: Sie übernehmen die Verkehrskosten in dem Moment, in dem diese entstehen, z.B. werden Kosten für neue Busse durch die Transportunternehmen getragen.
- **Finale Kostenträger**: Sie tragen die Verkehrskosten letztendlich, d.h. nach Berücksichtigung von Ausgleichszahlungen und Transferleistungen, z.B. Zahlungen der Fahrgäste an Transportunternehmen für Billette.

3.3.3 Leistungen von Verkehrsnutzenden

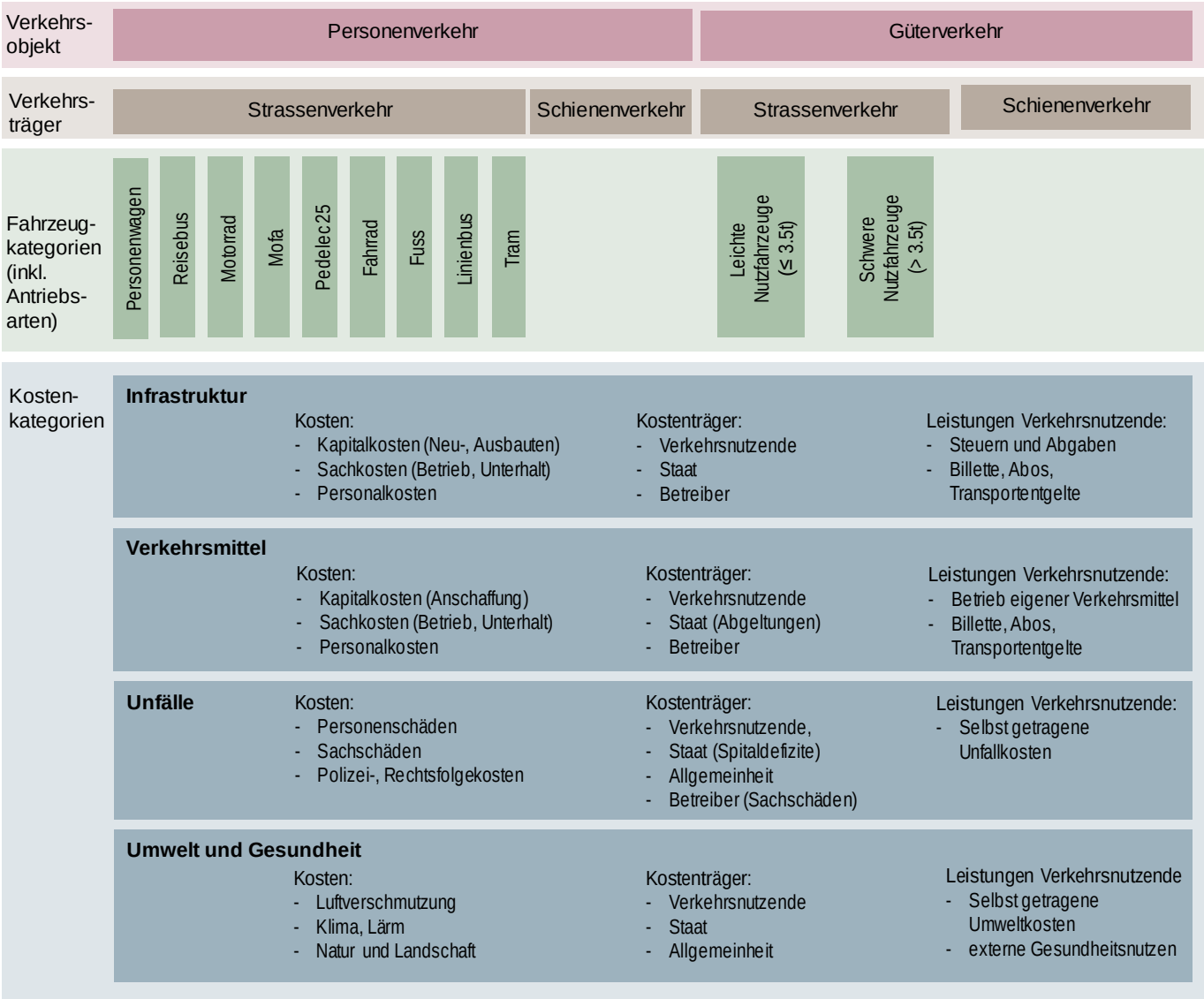
Eine wichtige Aussage der Transportrechnung ist es ausserdem aufzuzeigen, mit welchen Leistungen die Nutzenden zur Kostendeckung beitragen. Wie in der Schweizer Transportrechnung werden dabei fünf Leistungsarten unterschieden:

- **Transportentgelte**: Zahlungen von Verkehrsnutzenden an Transportunternehmen für Beförderungsleistungen des Personen- oder Güterverkehrs, z.B. Auslagen für ÖV-Tickets.
- **Selbst getragene Verkehrsmittelkosten**: Anschaffungs-, Unterhalts-, und Betriebskosten für die von den Verkehrsnutzenden selbst betriebenen Strassenfahrzeuge (ohne Steuern).
- **Verkehrsspezifische Steuern und Abgaben**: Sämtliche von den Verkehrsnutzenden selbst entrichteten, verkehrsspezifischen Steuern und Abgaben für den Erwerb oder Betrieb von Verkehrsmittel, für die Nutzung von staatlich finanzierten Verkehrsinfrastrukturen sowie Umweltabgaben. Subventionierungen des Verkehrs wie der Fahrtkostenabzug bei den Einkommenssteuern oder vergünstigtes Leasing werden hier ebenfalls einbezogen. Da es sich dabei um Steuerausfälle handelt, fliessen sie mit umgekehrtem Vorzeichen (also nicht als Erträge, sondern Kosten) in die Transportrechnung ein.[27]
- **Selbst getragene Unfallkosten**: Übernahme von materiellen und immateriellen Unfallkosten durch die Verkehrsnutzenden selbst.
- **Externer Gesundheitsnutzen:** (vgl. Kapitel 3.3.1)

Abbildung 3-1 gibt zusammenfassend einen Überblick über Struktur und Differenzierung der Transportrechnung.

[27] Ab 2017 wäre zu berücksichtigen, dass aufgrund der Steuerreform 2017 ein neuer Steuerbonus von 300 € pro Fahrrad / Pedelec25 gilt (Berücksichtigung alle 5 Jahre; ausgenommen Pedelecs mit einer Geschwindigkeit > 25 km/h). Dieser Bonus ist jedoch im Jahr 2016 noch nicht relevant und wird daher in der vorliegenden Transportrechnung nicht miteinbezogen.

Abbildung 3-1: Struktur und Differenzierung der Transportrechnung



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von BFS (2015), Methodenbericht Statistik der Kosten und der Finanzierung des Verkehrs

4 Methodik der Kosten-Nutzen-Analyse

4.1 Grundverständnis der KNA

Folgende Eckpunkte charakterisieren unser Grundverständnis der KNA:

- Die KNA dient der **Bewertung der volkswirtschaftlichen Effizienz** von Infrastrukturinvestitionen (Neubauten, Ausbauten), anderen verkehrsorganisatorischen oder verkehrspolitischen Massnahmen (z.B. Geschwindigkeitslimiten oder Abgaben) und Angebotsausbauten im ÖV (öffentlichen Verkehr). Das Ergebnis einer Kosten-Nutzen-Analyse gibt Auskunft, ob sich die Realisierung eines Projekts im Vergleich zum Referenzfall aus Sicht der ökonomischen Effizienz lohnt, d.h. ob die volkswirtschaftlichen Nutzen des Projekts höher sind als dessen volkswirtschaftliche Kosten.
- Mit der Kosten-Nutzen-Analyse können **verschiedene Projekte** oder Projektvarianten **miteinander verglichen** werden und bezüglich ihrer Vorteilhaftigkeit in eine **Rangfolge** gebracht werden. Dies erlaubt es, die knappen finanziellen Mittel dort einzusetzen, wo der volkswirtschaftliche Nutzen am grössten ist.
- Als Ergebnis der KNA wird immer die **Differenz** zwischen der untersuchten **Variante** und dem **Referenzfall** ausgewiesen.
- Die Methodik ist sowohl für **ex-ante- wie auch ex-post-Betrachtungen** einsetzbar: Obwohl die KNA wohl in erster Linie für die Evaluation von noch nicht realisierten Verkehrsprojekten eingesetzt wird, eignet sie sich auch für die nachträgliche Überprüfung von bereits realisierten Projekten.
- Es wird eine **dynamische KNA** erstellt: Es sind also nicht nur die Kosten und Nutzen für ein spezifisches (Durchschnitts-)Jahr zu ermitteln, sondern die Berechnung erfolgt über die Nutzungsdauer des Projektes bzw. über einen längeren Betrachtungszeitraum. Anschliessend werden die Wirkungen auf einen Vergleichszeitpunkt diskontiert und basierend darauf die Entscheidungskriterien berechnet.
- Es sind **luxemburgische Kostensätze** für die Bewertung der projekt- bzw. massnahmenbedingten **(Zusatz-) Kosten und (Zusatz-) Nutzen** zu verwenden: Die Kostensätze basieren soweit möglich und sinnvoll auf luxemburgischen Daten. Bei der Verwendung ausländischer Daten ist eine Anpassung auf das Preisniveau und die Kaufkraftparität in Luxemburg vorzunehmen. Sofern der Verlauf der Durchschnittskosten massgeblich vom Verlauf der Grenzkosten abweicht, sind nach Möglichkeit Grenzkosten zu verwenden.
- Es sind **vielfältige Auswertungsmöglichkeiten** vorzusehen: Die gesamte Methodik ist so aufzubauen, dass die Ergebnisse der KNA unter verschiedensten Blickwinkeln präsentiert werden können wie z.B. nach Kostenelementen und Fahrzeugkategorien, nach Kostenträgern (Verkehrsnutzende, ÖV-Betreiber, Staat als Infrastrukturbetreiber, übriger Staat, Allgemeinheit), nach regionalen Teilbilanzen zur Analyse von Verteilungseffekten, nach unterschiedlichen Kennzahlen (z.B. Nettobarwert, Nutzen-Kosten-Verhältnis), usw.

- Es erfolgt eine **reale Betrachtung** ohne Berücksichtigung der Inflation. Die Rechnung wird **zu Preisen des Jahres 2016** durchgeführt. Wie üblich werden **Faktorpreise** ausgewiesen, d.h. die indirekten Steuern werden herausgerechnet (vgl. Kapitel 2.5.2).
- Die KNA deckt ein **möglichst umfassendes Wirkungsspektrum** ab: Für die Erfassung der Wirkungen wird ein Indikatorensystem entwickelt, welches ein möglichst breites Spektrum abdeckt.
- Die KNA **vernachlässigt nicht-monetarisierbare Auswirkungen**. Die Grenzen der Aussagekraft der KNA sind deshalb zu beachten. Entsprechend werden nicht-monetarisierbare Auswirkungen in Luxemburg neben der KNA miteinbezogen (vgl. Kapitel 4.8 und 4.9).

4.2 Ablauf einer KNA im Überblick

Der generelle Ablauf einer KNA ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt und besteht aus sieben Teilschritten. Diese werden im Folgenden kurz erläutert. Ab dem Kapitel 4.3 gehen wir vertiefter auf die einzelnen Schritte ein, wobei wir der Bestimmung des Indikatorensystems ein eigenes Kapitel widmen (Kapitel 5).[28]

a) **Projektdefinition**: In einem ersten Schritt wird festgelegt, was zu bewerten ist. Das Projekt wird zeitlich und örtlich abgegrenzt (Betrachtungszeitraum, Untersuchungsraum). Des Weiteren wird der Referenzfall definiert, mit dem das Projekt verglichen wird. Dann gilt es verschiedene Projektvarianten zu bilden. Schliesslich werden die Rahmenbedingungen (Bevölkerungs- und Verkehrswachstum, Veränderung von Treibstoffpreisen usw.) definiert.

b) **Bestimmung des Indikatorensystems**: Es muss ein Indikatorensystem festgelegt werden, in dem alle in der KNA zu berücksichtigenden Kosten und Nutzen abgebildet werden. Sofern weitere Teilbilanzen (z.B. für den ÖV-Betreiber, Verkehrsnutzende oder für verschiedene Regionen) von Interesse sind, müssen zusätzliche Indikatoren berücksichtigt werden.

c) **Erfassung der Wirkungen (Mengengerüst**[29]): Als nächster Schritt wird das Mengengerüst ermittelt. Die Auswirkungen der Projekte und Varianten auf die Verkehrsentwicklung im Vergleich zum Referenzfall werden berechnet – und damit die daraus folgenden Auswirkungen (wie z.B. Zeitbedarf, Unfälle, Lärm usw.). Daneben werden aber auch die Elemente bestimmt, die nicht direkt (oder in viel kleinerem Ausmass) vom Verkehr abhängen wie z.B. die Bau-, Betriebs- und Unterhaltskosten.

d) **Bewertung der Wirkungen (Wertgerüst**[30]): Daraufhin werden alle Auswirkungen bzw. die Unterschiede zwischen dem Projekt- und Referenzfall monetarisiert. Das Wertgerüst wird im Teil II des vorliegenden Berichtes hergeleitet.

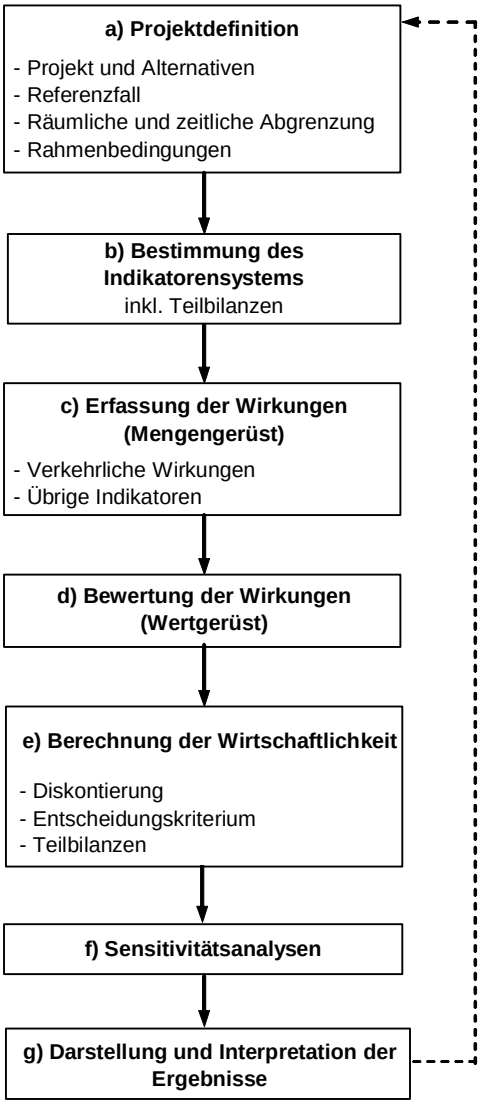
---

[28] Der folgende Text beruht auf SN 641 820 (2006), Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. Grundnorm.

[29] Das Mengengerüst weist die Veränderungen durch ein Projekt in physikalischen Einheiten (z.B. Verkehrsmenge, Anzahl Unfälle usw.) gegenüber dem Referenzfall aus.

[30] Das Wertgerüst umfasst die Kostensätze, die zur monetären Bewertung der physikalischen Veränderungen durch das Projekt (Mengengerüst) benötigt werden.

Abbildung 4-1: Ablaufschema eine Kosten-Nutzen-Analyse



e) **Berechnung der Wirtschaftlichkeit**: Schliesslich werden alle Kosten- und Nutzenströme auf einen identischen Vergleichszeitpunkt ab- bzw. aufgezinst. Zudem ist festzulegen, welche Entscheidungskriterien anzuwenden sind.

f) **Sensitivitätsanalysen**: Die Ergebnisse werden durch eine Sensitivitätsanalyse auf ihre Robustheit überprüft. Das MOBIMPACT-Tool wird gewisse Sensitivitätsanalysen standardmässig berechnen. Es muss festgelegt werden, welche Annahmen dabei variiert werden.

g) **Darstellung und Interpretation der Ergebnisse**: In einem letzten Schritt werden die Ergebnisse dargestellt und interpretiert. Die Interpretation der Ergebnisse kann dazu führen, dass neue Projektvarianten definiert werden, für welche weitere Berechnungen durchzuführen sind.

4.3 Projektdefinition[31]

4.3.1 Variantenbildung

Die Wahl der Hauptvarianten in einem mehrstufigen Prozess der Variantenwahl muss mit einfacheren Methoden erfolgen, die sich aber am Schema der Kosten-Nutzen-Analyse orientieren. In die Endauswahl, die mit der KNA bewertet wird, solten immer eine überschaubare Anzahl möglichst unterschiedlicher Varianten einbezogen werden, d.h. das Auswirkungsspektrum der Varianten in der Endauswahl sollte sich grundsätzlich unterscheiden.

Bei der Variantenbildung sind folgende Punkte zu beachten

- Wenn möglich ist eine Differenzierung des Projektumfangs anzustreben, d.h. ein reiner Alles- oder Nichts-Vergleich ist zu vermeiden. Deutlich kleinere Varianten, welche die gegebene Zielsetzung zumindest teilweise auch erfüllen, sind zu suchen und miteinzubeziehen.
- In sich geschlossene Teiletappen sind zusätzlich als eigenständige Varianten zu berücksichtigen.
- Dies betrifft ebenfalls die Art der Massnahme, d.h. es sind bei Infrastrukturausbauprojekten wenn möglich auch verkehrspolitische oder organisatorische Massnahmen als Alternativen zu prüfen oder Ausbauten eines alternativen Verkehrsträgers
- Ferner sind bei Infrastruktur-Neubauprojekten auch Varianten zu prüfen, die einen Aus- oder Umbau des Bestehenden vorsehen (z.B. Strassenverbreiterung, Knotenumgestaltung usw.)

Alle flankierenden Massnahmen, ohne die das Projekt oder eine Variante nicht durchführbar ist oder ohne die der Nutzen massiv beeinträchtigt wird, müssen ebenfalls im Projekt enthalten sein.

4.3.2 Referenzfall

Die positiven und negativen Auswirkungen eines Projekts werden immer im Vergleich zum Referenzfall ermittelt. Grundsätzlich ist als Referenzfall diejenige Entwicklung zu wählen, die eintreffen würde, wenn im untersuchten Fall keine Massnahme getroffen wird. In begründeten Ausnahmefällen kann diejenige Entwicklung als Referenzfall verwendet werden, die eine gesetzlich unzulässige Situation mit minimalen Veränderungen korrigiert.

Der Referenzfall ist nicht starr. Er ist ebenfalls der Entwicklung der Rahmenbedingungen unterworfen. Dies schliesst insbesondere die Vollendung im Bau befindlicher, aber bereits beschlossener, rechtlich und finanziell gesicherter anderer (Strassen- oder Schienen-) Projekte ein, welche unabhängig von der mit der Kosten-Nutzen-Analyse untersuchten Fragestellung getätigt werden.

Als Ergebnis der KNA wird immer die Differenz zwischen der untersuchten Variante und dem Referenzfall ausgewiesen.

---

[31] Im Folgenden werden die wichtigsten Erkenntnisse zur Projektdefinition aus der Schweizer Norm SN 641 820 «Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr: Grundnorm» dargestellt.

4.3.3 Betrachtungszeitraum

Der Betrachtungszeitraum entspricht dem Zeitraum, für den die Kosten und Nutzen einer Massnahme in der KNA berücksichtigt werden. Der Betrachtungszeitraum umfasst zwei Phasen:

- Die Planungs-, Projektierungs- und Bauphase
- Die Nutzungsphase

Es wird also eine dynamische KNA durchgeführt.[32] Die Dauer der Planungs-, Projektierungs- und Bauphase wird für jede Variante geschätzt.

Dazu wird für jede Variante die Nutzungsphase dazu gezählt. Die Nutzungsphase beträgt 40 Jahre – ausser die verschiedenen Varianten eines Projekts werden nicht gleichzeitig eröffnet. In diesem Fall wird für alle Varianten ein gemeinsames Betrachtungs-Endjahr verwendet, bis zu dem die Kosten- und Nutzenströme berücksichtigt werden. Das Endjahr ergibt sich als dasjenige Jahr, in welchem die zuletzt eröffnete Variante 40 Jahre in Betrieb ist.

Die Wahl von 40 Jahren lässt sich wie folgt begründen: Die Dauer der Nutzungsphase ist im Prinzip frei wählbar, sollte aber für alle Projekte gleich gewählt werden (Vergleichbarkeit). Ist der Diskontsatz tief, werden künftige Effekte weniger stark abgezinst, was für einen längere Nutzungsphase spricht, da Effekte nach dem Ende der Nutzungsphase vernachlässigt werden. Eine längere Nutzungsphase erfordert jedoch auch, dass die Entwicklung für einen längeren Zeitraum prognostiziert werden muss. Dies setzt höhere Anforderung an die Prognosequalität. International finden sich Betrachtungszeiträume zwischen 15 Jahren und unendlich.[33] Die EU schlägt für Transportprojekte 25-30 Jahre vor.[34] In Nord- und Westeuropa, d.h. in ähnlichen Ländern wie Luxemburg, werden Betrachtungszeiträume von 30-60 Jahren oder gar unendliche Zeiträume verwendet.[35] Deshalb wird für Luxemburg wie oben erwähnt 40 Jahre verwendet. Dieser Zeitraum gilt auch in der Schweiz[36] und in Europa gemäss HEATCO.[37]

Im MOBIMPACT-Tool gehen wir davon aus, dass der Betrachtungszeitraum frei gewählt werden kann, um längere oder kürzere Betrachtungszeiträume abbilden zu können. Längere

---

[32] In einer statischen KNA würde hingegen nur ein typisches Betriebsjahr betrachtet und die Investitionskosten würden in Jahreskosten umgerechnet. Die dynamische KNA hat mehrere Vorteile:

- Projekte mit unterschiedlichem Eröffnungszeitpunkt sind vergleichbar.
- Der Einfluss von Faktoren wie z.B. Reallohn- und Verkehrswachstum ist modellierbar (für Sensitivitätsanalyse wichtig).
- Die Entwicklung des Nettonutzens über die Zeit ist modellierbar.
- Der genaue zeitliche Anfall der Effekte kann modelliert werden (z.B. Bodenversiegelung beginnt mit Baustart, die Reisezeitgewinne erst mit Eröffnung).

[33] Ecoplan, Metron (2005), Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, S. 36.

[34] European Commission (2015), Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects, S. 42.

[35] COWI and ITS (2005), Current practice in project appraisal in Europe. HEATCO Deliverable 1, S. 23. Auch in England werden 60 Jahre verwendet (Department for Transport (2014), Transport Analysis Guidance. TAG UNIT A1.1: Cost-Benefit Analysis, S. 3).

[36] SN 641 820, Ziffer, 13.

[37] Bickel et al. (2006), HEATCO D5: Proposal for Harmonized Guidelines, S. 73.

Zeiträume sind beim Vergleich mit später eröffneten Projekten relevant. Kürzere Zeiträume können bei rein verkehrsorganisatorischen Massnahmen verwendet werden: Hier beträgt der Betrachtungszeitraum ab Änderung des Verkehrsregimes minimal 5 Jahre. Es kann aber auch der normale Betrachtungszeitraum von 40 Jahren verwendet werden.

Sämtliche Projektvarianten und der Referenzfall müssen für den gesamten Betrachtungszeitraum definiert sein.

4.3.4 Abgrenzung des Untersuchungsraums

Der Untersuchungsraum ist ein räumlich abgegrenztes Gebiet, innerhalb dessen die durch ein Projekt entstehenden Kosten und Nutzen in der KNA berücksichtigt werden. Er soll so klein wie möglich und so gross wie nötig sein, damit die wesentlichen Auswirkungen erfasst werden.

Wird ein Verkehrsmodell bei der Bewertung eingesetzt, so ergibt sich der Untersuchungsraum einfach als das Verkehrsmodellgebiet. Steht aber kein Verkehrsmodell zur Verfügung oder stellt sich die Frage, welches von mehreren möglichen Verkehrsmodellen zum Einsatz kommen soll, können die folgenden Hinweise hilfreich sein:

- Der Untersuchungsraum der Kosten-Nutzen-Analyse sollte das direkt betroffene Gebiet und das Einflussgebiet umfassen und muss zusammenhängend definiert sein.
  - Das direkt betroffene Gebiet umfasst das Gebiet, in dem das Projekt relevante Auswirkungen besitzt. Die Auswirkungen können unmittelbar (Landverbrauch, Auswirkungen auf das Ortsbild usw.) oder Folge von veränderten Verkehrsbelastungen sein (z.B. Veränderung der Lärm- oder Luftbelastung). Auswirkungen aufgrund von veränderten Verkehrsbelastungen werden als relevant bezeichnet, wenn sich die Verkehrsmenge um mehr als 5% oder um mehr als 1000 Fahrzeuge im durchschnittlichen Tagesverkehr (DTV) ändert.
  - Das Einflussgebiet umfasst das Gebiet, in dem die zur Berechnung der Verkehrsaufkommen im direkt betroffenen Gebiet relevanten Wunschlinien beginnen oder enden (Ziel- und Quellverkehr) sowie das zugehörige Netz.

  Das Verkehrsmodell sollte also das direkt betroffene Gebiet und das Einflussgebiet abdecken.
- Bei mehreren Projektvarianten ist immer derselbe Untersuchungsraum zu wählen.
- Bei grenznahen Projekten sollte der Untersuchungsraum auch ausländische Gebiete umfassen. Diese sind im Luxemburger Verkehrsmodell ebenfalls enthalten, aber weniger genau modelliert.

4.3.5 Rahmenbedingungen

Grundsätzlich ist für alle Varianten und den Referenzfall von der gleichen Entwicklung der Rahmenbedingungen (Diskontsatz, allgemeines projektunabhängiges Verkehrswachstum, Reallohnwachstum etc.) auszugehen. Diese Rahmenbedingungen (bzw. Annahmen zur künftigen Entwicklung) werden im Teil II des Berichtes hergeleitet (insbesondere in Kapitel 7).

4.4 Mengengerüst und Wertgerüst

Im Mengengerüst werden die Auswirkungen des Projektes in physikalischen Einheiten (Reisezeiten, Tonnen CO_2 etc.) abgeschätzt. Bei Verkehrsprojekten sind selbstverständlich die verkehrlichen Auswirkungen von besonderer Bedeutung (Veränderung der Fahrzeugkilometer, der Reisezeiten, der Zugkilometer, der Personenkilometer etc.). Daneben gilt es aber auch die Baukosten, die Schadstoffemissionen etc. abzuschätzen.

Ein mögliches, vermutlich oft eingesetztes Instrument zur Bestimmung der verkehrlichen Auswirkungen von Strassen- und Schienenprojekten ist das Luxemburger Verkehrsmodell. Die Ergebnisse des Verkehrsmodells bilden einen zentralen Input in eine KNA. Dabei müssen die Fahrzeugkilometer im Strassenverkehr differenziert werden nach innerorts, ausserorts und Autobahn, da Schäden durch Unfälle und Luftbelastung stark vom Emissionsort abhängen. Da das Verkehrsmodell zwischen 61 Streckentypen differenziert,[38] ist dies problemlos möglich (wobei bei der ersten Anwendung allenfalls festgelegt werden muss, wie die Abgrenzung genau erfolgt).

Wie genau das Verkehrsmodell ausgewertet werden muss, um die Inputdaten in die KNA zu bestimmen, wird im Teil II des Berichtes für die einzelnen Indikatoren beschrieben.

Ebenfalls im Teil II wird das Wertgerüst für die KNA hergeleitet, also die Kostensätze, mit denen das Mengengerüst in Geldeinheiten umgerechnet werden kann.

4.5 Berechnung der Wirtschaftlichkeit

4.5.1 Vergleichszeitpunkt und Diskontsatz

Um die Kosten und Nutzen, die in unterschiedlichen Zeitperioden anfallen, vergleichbar zu machen, müssen sämtliche Ausgaben und Einnahmen auf einen gemeinsamen Vergleichszeitpunkt umgerechnet werden. Der Vergleichszeitpunkt ist der Zeitpunkt der Entscheidung für oder gegen ein Projekt (oder eine Projektvariante). Der Vergleichszeitpunkt kann im MOBIMPACT-Tool frei gewählt werden.

Zu verschiedenen Zeitpunkten anfallende Einnahmen und Ausgaben besitzen einen unterschiedlichen Wert. Diesem Umstand wird mit der Anwendung eines (realen) Diskontsatzes Rechnung getragen, der im Teil II bestimmt werden wird (vgl. Kapitel 7.4.1). Zukünftige Kosten und Nutzen werden entsprechend mit dem Diskontsatz auf den Vergleichszeitpunkt abgezinst.

4.5.2 Entscheidungskriterien

Ein Projekt (oder eine Projektvariante) ist aus Sicht Kosten-Nutzen-Analyse (d.h. unter Vernachlässigung nicht-monetärer Indikatoren) grundsätzlich zur Realisierung zu empfehlen,

[38] PTV (2006), Integriertes Verkehrsmodell Stadt und Großherzogtum Luxemburg, S. 19.

wenn die diskontierten Nutzen die diskontierten Kosten übersteigen und somit der **Nettobarwert** (NBW) positiv ist:

Nettobarwert (NBW) = Nutzen – Kosten > 0

Die **Annuität** ist lediglich eine Umrechnung des Nettobarwertes in durchschnittliche jährliche Beträge (vgl. folgenden Exkurs) und sollte ebenfalls positiv sein:

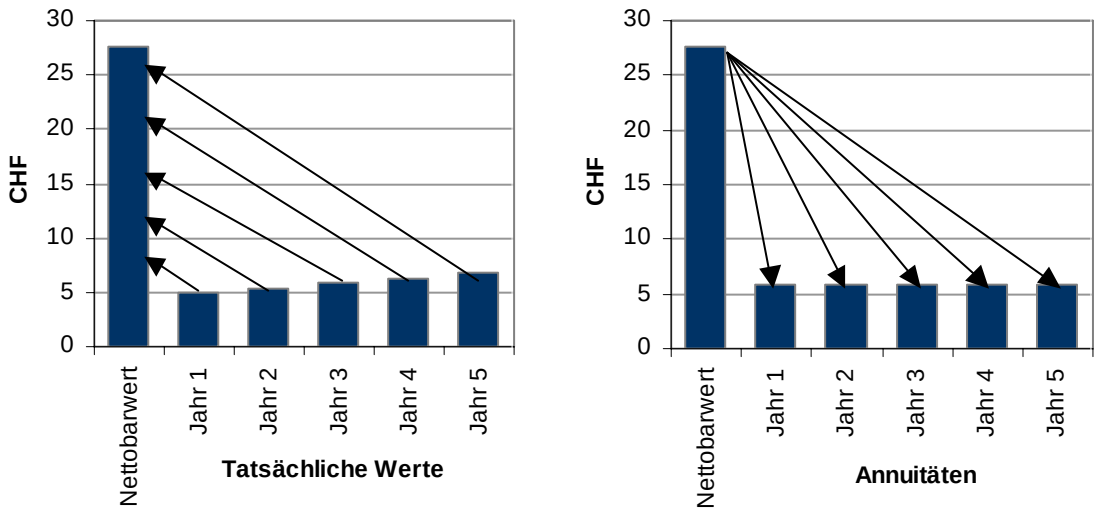
Annuität = durchschnittliche jährliche Nutzen – durchschnittliche jährliche Kosten > 0

In der Praxis wird statt des Nettobarwertes oft die Annuität verwendet, weil der Nettobarwert häufig eine (sehr) grosse Zahl ist, unter der man sich wenig vorstellen kann. Die Annuität kann demgegenüber mit anderen Kennzahlen auf jährlicher Basis gut verglichen und besser eingeordnet werden. Für die Kommunikation der Ergebnisse gegenüber Politik und Öffentlichkeit ist daher die Annuität besser geeignet als der Nettobarwert.

Exkurs: Berechnung des Nettobarwertes und der Annuitäten

Der linke Teil der folgenden Abbildung zeigt, wie aus einem fiktiven Geldstrom, der über die Jahre steigt (z.B. aufgrund des Verkehrswachstums), der Nettobarwert berechnet wird. Der rechte Teil der Abbildung stellt dar, wie aus diesem Nettobarwert die durchschnittliche jährliche Zahlung, d.h. die Annuität, ermittelt wird. Die Annuität wird dabei so bestimmt, dass der Nettobarwert des tatsächlichen Zahlungsstroms und der Nettobarwert der Annuitäten genau identisch sind.

Abbildung 4-2: **Berechnung des Nettobarwertes und der Annuitäten**



Um verschiedene vorteilhafte Projekte oder Projektvarianten in eine Rangliste zu bringen, wird das **Nutzen-Kosten-Verhältnis** (NKV) als Mass der Rentabilität verwendet:

$$\text{Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV)} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Kosten}} > 1$$

Ein NKV > 1 bedeutet grundsätzlich, dass das Projekt aus Sicht KNA empfohlen werden kann. Die Bestvariante ist diejenige mit dem höchsten NKV. Die Rangliste zeigt dabei die rentabelsten Projekte.

Das NKV entspricht nach unserem Verständnis den Wirkungen geteilt durch die Kosten. Die Wirkungen können dabei sowohl positive als auch negative Vorzeichen haben, denn es gibt erwünschte und unerwünschte Wirkungen. Entsprechend sind unerwünschte Wirkungen (z.B. mehr Lärmbelastung) nicht als Kosten zu bezeichnen, sondern vielmehr als negative Nutzen, die in den Zähler des NKV einfliessen.

Für Luxemburg sollen zwei verschiedene Varianten des NKV berechnet und ausgewiesen werden, wobei sich diese hinsichtlich der Anrechnung der Veränderung der Verkehrsmittelkosten zu den Nutzen bzw. Kosten unterscheiden (vgl. folgender Exkurs):

- NKV_1: Verkehrsmittelkosten = Nutzen: Die Betriebskosten der Verkehrsbetreiber und Infrastrukturnutzenden werden als Nutzen angesehen und deshalb im Zähler berücksichtigt.
- NKV_2: Verkehrsmittelkosten = Kosten: Die Betriebskosten der Verkehrsbetreiber und Infrastrukturnutzenden werden als Kosten angesehen und deshalb im Nenner berücksichtigt.

Für die Priorisierung zwischen verschiedenen Projektvarianten ist wie folgt vorzugehen: Falls NKV_1 und NKV_2 zu unterschiedlichen Entscheiden bezüglich der Priorisierung der Projektvarianten führen, dann sollten die Ursachen dieser Differenz genauer untersucht werden (z.B. bei Taktverdichtungen). In diesen Fällen können auch NBW (vgl. oben) und IBE (vgl. unten) für den Entscheid wichtig sein und sind in die Gesamtbetrachtung miteinzubeziehen. Bei ÖV-Projekten kann zudem auch das betriebswirtschaftliche NKV eine Rolle spielen.

Exkurs: Definition des Nutzen-Kosten-Verhältnisses in der Schweiz und Anpassung für Luxemburg

Bei der Definition des Nutzen-Kosten-Verhältnisses (NKV) ist es wichtig, festzulegen, welche Auswirkungen als Nutzen bzw. Kosten anzusehen sind – oder in anderen Worten, welche Indikatoren über bzw. unter dem Bruchstrich zu berücksichtigen sind.

Die bisher in der Schweiz verwendeten Definitionen führen zu Problemen beim Vergleich von Strassen- und ÖV-Projekten. Bisher werden in der Schweiz die folgenden Definitionen verwendet:

- **Strassenverkehr**
  - *Kosten*: Ressourcenverbrauch des Strasseninfrastruktur-Betreibers (allfällige Ressourcengewinne des Betreibers werden als negative Kosten berücksichtigt; exkl. Verkehrsmittelkosten PKW).

  - *Nutzen*: Alle anderen Indikatoren sind Nutzenindikatoren (gegebenenfalls auch negative Nutzen). Die Nutzen entsprechen also den Ressourcengewinnen der Verkehrsnutzenden, der Allgemeinheit und des Staates.
- **Öffentlicher Verkehr**
  - *Kosten*: Ressourcenverbrauch des Infrastruktur- und Verkehrsbetreibers (inkl. Verkehrsmittelkosten für Bus / Zug).[39]
  - *Nutzen*: Alle anderen Indikatoren werden wiederum als Nutzenindikatoren angesehen.

Die beiden Definitionen unterscheiden sich insofern als die Veränderung der Verkehrsmittelkosten (Betriebskosten PKW bzw. Bus / Zug) im Strassenverkehr als (positiver oder negativer) Nutzen angesehen werden, im ÖV hingegen als Kostenveränderung. Beim Vergleich eines Strassen- mit einem ÖV-Projekt wird dadurch das Schienenprojekt in der Regel benachteiligt.

Aufgrund der oben beschriebenen Problematik bezüglich Vergleichbarkeit zwischen ÖV- und Strassenprojekten sollen für Luxemburg zwei NKV berechnet werden, wobei bei:

- NKV_1 die Veränderung der Verkehrsmittelkosten als Nutzen angesehen wird.
  Begründung: Auswirkungen auf die Betriebskosten eines gegebenen Angebots sind eine Projektwirkung und damit eine Nutzenkomponente.
- NKV_2 die Veränderung der Verkehrsmittelkosten als Kosten angesehen wird.
  Begründung: Ein mit einem Projekt einhergehender Angebotsausbau ist im ÖV ein Kostenfaktor.

Das vorgeschlagene Vorgehen kann gut anhand von zwei verschiedenen Typen von ÖV-Projekten erläutert werden:

- **Infrastrukturprojekte** (z.B. neue Tunnels, Doppelspurausbauten, etc.): In diesem «klassischen» Projekttyp sind die ÖV-Betriebskosten wie bei Strassenprojekten grundsätzlich als Nutzen zu behandeln – für ein gegebenes Angebotskonzept. Somit steht bei der Beurteilung **NKV_1 im Vordergrund**.
- **Angebotsausbauten ohne Infrastrukturausbauten**: In diesem Fall sind die Kosten für den Betrieb dieses Ausbaus im Nenner zu verwenden (also die Verkehrsmittelkosten). Somit steht bei der Beurteilung **NKV_2 im Vordergrund**.

Im **Strassenverkehr** steht das **NKV_1 im Vordergrund**, da die Verkehrsmittelkosten als Wirkung des Projektes anzusehen sind.

Zentral ist, dass beim Vergleich verschiedener Projekte (aus dem Strassen- und Schienenverkehr) immer dasselbe NKV verwendet wird, also entweder NKV_1 oder NKV_2. Zu vermeiden ist ein Vergleich von NKV_1 für das eine Projekt mit dem NKV_2 für das andere Projekt.

[39] Die Betriebskosten des ÖV werden nicht bei den Nutzenindikatoren erfasst, sondern beim Kostenindikator Betriebskosten ÖV. Der Grund dafür ist, dass beim ÖV die Betriebskosten einen Teil der Kosten des geplanten Projektes ausmachen. Im Strassenverkehr hingegen stellen die Betriebskosten einen Teil der verkehrlichen Auswirkungen des Projektes dar und zählen damit zu den Nutzen.

Bei beschränktem Budget und beim Vergleich mehrerer Projekte ist zusätzlich eine Rangliste der Projekte aufgrund der **Infrastrukturbudgeteffizienz** (IBE) zu bilden:

$$\text{Infrastrukturbudgeteffizienz (IBE)} = \frac{\text{Nettobarwert}}{\text{Belastung des Infrastrukturbudgets}} > 0$$

Dieses Entscheidungskriterium sollte wie der NBW grösser als Null sein. Die Belastung des Infrastrukturbudgets entspricht dabei dem Barwert der Kosten, die aus dem beschränkten Budget bezahlt werden müssen. Dies entspricht meist den Investitionskosten (inkl. MWST).[40] Bei beschränktem Budget zeigt diese Rangliste, mit welchen Projekten der grösstmögliche Nutzenüberschuss (bzw. NBW) erzielt wird.

Wir empfehlen hingegen, auf die folgenden zwei möglichen Entscheidungskriterien zu verzichten:[41]

- Interner Zinsfuss: Entspricht der Rendite einer Investition, d.h. dem durchschnittlichen Zinssatz, zu welchem sich eine Investition über ihre Nutzungsdauer verzinst. Man sucht also den Zinssatz, der zu einem Nettobarwert von Null führt. Die Anwendung des internen Zinsfusses ergibt grundsätzlich dieselbe Projektrangliste wie das Nutzen-Kosten-Verhältnis.[42] Allerdings gilt die Aussage, dass ein möglichst hoher interner Zinsfuss vorteilhaft ist, nur, wenn die Kosten zuerst auftreten und die Nutzen erst danach anfallen – wie dies in Neubauprojekten der Fall ist. Fallen hingegen die Nutzen vor den Kosten an, so ist ein möglichst kleiner interner Zinsfuss anzustreben, weil bei einem hohen Zinssatz die anfänglichen Erträge gewinnbringend angelegt werden können.[43] Wechseln Perioden mit Kosten- und Nutzenüberschüssen einander ab, so wird die Interpretation des internen Zinsfusses schwierig. Zudem ist es dann auch möglich, dass sich für den internen Zinsfuss (mathematisch) keine oder mehrere Lösungen ergeben. Deshalb ist der interne Zinsfuss nicht zu verwenden.[44]
- Amortisationsdauer: Dauer bis die Investitionskosten zurückgezahlt werden können. Die Amortisationsdauer ist als Entscheidungskriterium abzulehnen, weil Kosten und Nutzen nach dem Amortisationszeitpunkt unberücksichtigt bleiben und damit Projekte bevorzugt werden, die einen hohen Anfangsnutzen bzw. geringe Investitionskosten aufweisen.[45]

---

[40] Bei einer Budgetbeschränkung ist genau zu analysieren, welche Kosten aus dem beschränkten Budget bezahlt werden müssen. Gehört z.B. das Land, auf dem eine neue Strasse gebaut wird, bereits dem Staat, so dass der Staat das Land nicht kaufen muss, so sind die Opportunitätskosten des Landes zwar im Nettobarwert zu berücksichtigen, aber nicht bei der Belastung des Budgets.

[41] Obwohl insbesondere der interne Zinsfuss teilweise auch empfohlen wird, siehe z.B. European Commission (2015), Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects, S. 25 und 65.

[42] ECMT (2001), Assessing the Benefits of Transport, S. 28. Es sind jedoch Situationen denkbar, in denen die beiden Methoden Nettobarwert und interner Zinsfuss zu unterschiedlichen Ranglisten führen (Abay 1984, Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 110-111).

[43] Abay (1984), Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 110.

[44] Diese Schlussfolgerung wird auch in der Literatur häufig gezogen: Siehe European Commission (1996), Cost-benefit and multi-criteria analysis for new road construction, S. 73, EWS (1997), Kommentar zum Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS, S. 11, und Lee (2000), Methods for evaluation of transportation projects in the USA, S. 48.

[45] EWS (1997), Kommentar zum Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS, S. 11, Lee (2000), Methods for evaluation of transportation projects in the USA, S. 48 und Shapiro (1990), Modern Corporate Finance, S. 182-183.

Bei der Analyse der Projekte, die gebaut werden sollen, kann ausserdem untersucht werden, ob bei der Definition der Variante der optimale Realisierungszeitpunkt gewählt wurde oder ob es besser ist, das Projekt z.B. 5 oder 10 Jahre später zu bauen. Dies kann mit der Berechnung des **optimalen Eröffnungszeitpunktes** ermittelt werden. Die Berechnung ist allerdings etwas aufwendig und das Ergebnis wird in der Praxis kaum je beachtet: Einerseits kann die Berechnung natürlich nur die monetarisierbaren Effekte miteinbeziehen. Die nicht-monetarisierbaren Effekte können aber dazu führen, dass das Projekt doch früher oder später eröffnet werden sollte. Andererseits will die Politik meist mit den geplanten Projekten vorwärts machen und lässt sich von einem später gelegenen optimalen Eröffnungszeitpunkt kaum abhalten. In Absprache mit dem Auftraggeber verzichten wir deshalb auf die Berechnung des optimalen Eröffnungszeitpunktes.

4.5.3 Teilbilanzen[46]

Eine Teilbilanz ist eine Teilaggregation der in einer Kosten-Nutzen-Analyse berücksichtigten Indikatoren. Teilbilanzen dienen dazu, Verteilungswirkungen eines Projekts aufzuzeigen. Es werden sozioökonomische, räumliche und betriebswirtschaftliche Teilbilanzen unterschieden. Teilbilanzen ändern nichts am Resultat der aggregierten Kosten-Nutzen-Analyse oder an der Reihenfolge der Varianten.

Die Gesamt-KNA ist aber «blind» gegenüber Verteilungsfragen, jeder Euro ist immer gleich viel wert. Teilbilanzen hingegen zeigen, wie sich die Auswirkungen räumlich oder zwischen verschiedenen sozialen Gruppen verteilen. Insbesondere geben Verteilungsaspekte auf der Nutzenseite einer Verkehrsmassnahme Hinweise auf geeignete / faire Finanzierungslösungen.

a) Sozioökonomische Teilbilanzen

In den sozioökonomischen Teilbilanzen werden alle Indikatoren auf eine der folgenden fünf Kostenträger aufgeteilt (vgl. Kapitel 3.3.2):

- Teilbilanz Verkehrsnutzende
- Teilbilanz ÖV-Betreiber
- Teilbilanz Staat als Infrastrukturbetreiber
- Teilbilanz übriger Staat
- Teilbilanz Allgemeinheit[47]

Um die sozioökonomischen Teilbilanzen korrekt ermitteln zu können, muss nicht nur die Verteilung der einzelnen Kostenindikatoren auf die erwähnten Kostenträger vorgenommen werden. Sondern es müssen drei zusätzliche Indikatoren berechnet werden, die zwar keinen

[46] Die folgenden Erläuterungen basieren im Wesentlichen auf der SN 641 820.Ziffern 4.32 und 18-20.

[47] Vor Berechnung des Gesamtergebnisses der Teilbilanz Allgemeinheit werden in der Schweiz die Saldi der Teilbilanzen Staat als Infrastrukturbetreiber und übriger Staat miteinbezogen, da der Staat letztendlich der Allgemeinheit «gehört». Darauf wird in Luxemburg jedoch verzichtet.

Einfluss auf das volkswirtschaftliche Gesamtergebnis haben, jedoch für das Ergebnis aus Sicht der jeweiligen Kostenträger (Teilbilanzen) relevant sind:

- Einnahmen aus den Treibstoffsteuern im Stammverkehr[48] (Transfer vom Verkehrsnutzenden zum Staat – Indikator W16 im Indikatorensystem in Kapitel 5),
- die Einnahmen aus ÖV-Erlösen im Stammverkehr (Transfer vom Verkehrsnutzenden zum ÖV-Betreiber – W17) und
- Trassenpreise (Transfer vom ÖV-Betreiber zum Staat als Infrastrukturbetreiber – W21).

Die sozioökonomischen Teilbilanzen werden in der Schweiz standardmässig mitberechnet – ihre Ergebnisse finden jedoch meist keine Beachtung. In Luxemburg sollen die sozioökonomischen Teilbilanzen auch berechnet werden, weil insbesondere die Teilbilanz Staat wichtig ist für die Abschätzungen der Auswirkungen auf die staatlichen Finanzen. Zudem soll die Transportrechnung nach den Kostenträgern differenziert werden. Dazu bildet diese Aufteilung die Grundlage.

b) Räumliche Teilbilanzen

In räumlichen Teilbilanzen wird unterschieden, wo resp. in welchen Gebieten die Kosten und Nutzen anfallen. Dabei geht es in erster Linie um die Differenzierung zwischen politischen Gebietseinheiten (z.B. Länder oder Gemeinden). Räumliche Teilbilanzen sind insbesondere bei Projekten zu empfehlen, die von mehreren Gebietskörperschaften gemeinsam finanziert werden. In der Praxis werden jedoch nur sehr selten räumliche Teilbilanzen berechnet.[49] Der Grund hierfür ist, dass der Aufwand für die Berechnung sehr hoch ist, da für die räumlichen Teilbilanzen deutlich mehr und komplexere Verkehrsmodellauswertungen nötig sind. Soll eine räumliche Teilbilanz durchgeführt werden, ist wie folgt vorzugehen:

- In räumlichen Teilbilanzen werden im Prinzip alle in der KNA berücksichtigten Indikatoren verwendet (ausser diejenigen Indikatoren, die räumlich nicht zuscheidbar sind wie z.B. die Auswirkungen auf das Klima). Ausgeklammert werden jedoch in einem ersten Schritt die Investitionskosten (Baukosten, Landkosten und evtl. die Ersatzinvestitionen), denn das Finden einer geeigneten Aufteilung dieser Kosten kann gerade das Ziel der Berechnung der räumlichen Teilbilanzen sein. In denjenigen Fällen, in denen die Finanzierungsschlüssel und Kostenaufteilungen (inkl. Transfers) gegeben sind, können in einem zweiten Schritt konsolidierte räumliche Teilbilanzen gebildet werden, die den Nettonutzen pro Teilraum unter Berücksichtigung der Kostenbeteiligung ausweisen.
- Bei vielen Indikatoren (z.B. Reisezeitveränderungen) sind die Effekte nach dem Wohnsitzprinzip zu verteilen, d.h. die Effekte werden demjenigen Raum zugeschrieben, in dem der betroffene Haushalt wohnt oder die betroffene Unternehmung ihre Niederlassung hat (dies stellt hohe Anforderungen an die Auswertungen mit dem Verkehrsmodell). Bei anderen Indikatoren ist hingegen das Territorialprinzip sinnvoller (z.B. Lärm).

---

[48] Der Stammverkehr ist die vom Projekt nicht veränderte Verkehrsmenge pro Zeiteinheit, d.h. die Verkehrsmenge, die sowohl mit als auch ohne Projekt von i nach j fährt (d.h. Minimum der Fahrten mit bzw. ohne Projekt) – dabei möglicherweise aber eine andere Route (z.B. neue Strasse) benutzt.

[49] Uns ist nur eine Studie bekannt: Ecoplan (2015), Fallstudie Kosten, Nutzen und Verteilungsaspekte einer Road-Pricing-Lösung in der Region Bern.

c) Betriebswirtschaftliche Teilbilanzen

Bei Projekten im öffentlichen Verkehr macht es Sinn, neben dem volkswirtschaftlichen Ergebnis auch das betriebswirtschaftliche Ergebnis für den ÖV-Betreiber zu ermitteln. Dies entspricht der oben dargestellten sozioökonomischen Teilbilanz für den ÖV-Betreiber. Sie ist eine wichtige Teilbilanz des Ergebnisses. Das betriebswirtschaftliche Ergebnis kann weiter unterteilt werden in das Ergebnis

- des **Regionalverkehrs** der Bahnen (dabei werden die verschiedenen Betreiber (CFL, SNCB, SNCF etc.) zusammengefasst (sozusagen fusionierte Geschäftsbereiche aller Bahnunternehmungen)):[50]

  Ergebnis = Erlöse – Betriebskosten – Trassenpreisentgelt

  Da der Regionalverkehr nicht selbsttragend betrieben werden kann, werden die ungedeckten Kosten des zusätzlich bestellten Verkehrs durch Abgeltungen ausgeglichen. Das Ergebnis des Regionalverkehrs zeigt also an, wie sich die **Abgeltungen** des Staates im Vergleich zum Referenzfall in etwa verändern dürften.
- des **Güterverkehrs** der Bahnen (dabei werden wiederum die verschiedenen Betreiber zusammengefasst):

  Ergebnis = Erlöse – Betriebskosten – Trassenpreisentgelt
- des **Trambetreibers**:

  Ergebnis = Erlöse – Betriebskosten
- der **Busbetreiber** (dabei werden wiederum die verschiedenen Betreiber zusammengefasst):

  Ergebnis = Erlöse – Betriebskosten

  Auch der Tram- und Busverkehr kann nicht selbsttragend betrieben werden. Das Ergebnis zeigt also wiederum, wie sich die **Abgeltungen** des Staates im Vergleich zum Referenzfall in etwa verändern dürften.

Im Ausland (z.B. in der Schweiz) wird oft auch noch das Ergebnis der Infrastruktur Bahn (= Trassenpreiseinnahmen – Energiekosten – Unterhaltskosten – Ersatzinvestitionskosten) ermittelt. In Luxemburg gehört die Bahn-Infrastruktur jedoch dem Staat bzw. dem «Fonds du rail». Damit gehören die Auswirkungen auf die Bahninfrastruktur (inkl. der Erstinvestitionen) nicht mehr zum betriebswirtschaftlichen Ergebnis der ÖV-Betreiber, sondern zur Teilbilanz Staat als Infrastrukturbetreiber.

Werden alle betriebswirtschaftlichen Ergebnisse zusammengezählt, so erhält man als betriebswirtschaftliches Endresultat die **betriebswirtschaftliche Annuität** (= Nutzen – Kosten, sollte grösser als 0 sein).

Eine alleinige Abstützung auf die Annuität würde grosse Projekte bevorzugen, weil bei grossen Projekten bei gleicher Rentabilität eine grössere Annuität resultiert. Deshalb wird auch das

[50] Daneben gibt es eigentlich auch eine Teilbilanz für den Fernverkehr, dieser wird in Luxemburg aber wegen fehelender Datengrundlagen nicht in die KNA miteinbezogen.

betriebswirtschaftliche Nutzen-Kosten-Verhältnis (= Nutzen / Kosten, sollte grösser als 1 sein) berechnet.[51] Die beiden betriebswirtschaftlichen Entscheidungskriterien (Annuität und Nutzen-Kosten-Verhältnis) werden im MOBIMPACT-Tool bei der Darstellung der Resultate der betriebswirtschaftlichen Teilbilanzen abgebildet.

4.6 Sensitivitätsanalysen

Um eine KNA berechnen zu können, sind immer viele Annahmen nötig, die teilweise unsicher sind. Die Bedeutung dieser Annahmen für das Endergebnis wird anhand ausgewählter Sensitivitätsanalysen abgeschätzt. Eine KNA enthält eine Vielzahl von Annahmen. In den Sensitivitätsanalysen sollen jedoch nur diejenigen Annahmen variiert werden, welche potentiell

- einen grossen quantitativen Einfluss auf das Gesamtergebnis haben[52]
- und über deren tatsächlichen Werte Unsicherheit besteht.

Wir schlagen deshalb vor, für folgende Annahmen standardmässig Sensitivitätsanalysen vorzusehen:

- Diskontsatz (gemäss Vorgaben in Kapitel 7.4.1)
- Baukosten (gemäss Genauigkeit der Kostenschätzung)
- Zeitwert (gemäss Vorgaben in Kapitel 14.3e)
- Reallohnwachstum (gemäss Vorgaben in Kapitel 7.4.1)
- Verkehrswachstum (gemäss Vorgaben in Kapitel 7.1.1f) und 7.1.2c)
- Ungenauigkeit der Verkehrsmodellergebnisse (von den Verkehrsmodellierern zu bestimmen, z.B. ±20%)

Im Rahmen dieser Sensitivitätsanalysen wird jeweils immer eine Annahme verändert und untersucht, wie sich das Ergebnis dadurch verändert.

4.7 Interpretation der Ergebnisse[53]

a) Interpretation der KNA-Ergebnisse

Bevor die Ergebnisse verschiedener Projektvarianten miteinander verglichen werden, muss sichergestellt sein, dass sie mit der gleichen Methodik berechnet wurden. Mit der Entwicklung des MOBIMPACT-Tools wird ein grosser Schritt in diese Richtung erreicht. Es muss jedoch auch mit dem MOBIMPACT-Tool darauf geachtet werden, dass dieselben Grundannahmen (z.B. Reallohnwachstum, Verkehrswachstum, Diskontsatz etc.) verwendet werden. Insbesondere ist darauf zu achten, dass alle Projekte mit demselben Betrachtungszeitraum berechnet

[51] Als Kosten werden dabei die Betriebskosten und die Trassenpreise verstanden, die Erlöse gelten als Nutzen.

[52] Hat ein Indikator kaum einen Einfluss auf das Endergebnis, so führt selbst eine grosse Schwankungsbreite dieses Indikators nicht zu nennenswerten Veränderungen des Gesamtergebnisses.

[53] Die folgenden Ausführungen basieren zu grösseren Teilen auf der SN 641 820, Ziffern 66-68 und dem Kommentar dazu (Ecoplan, Metron 2005).

werden. Ist dies nicht der Fall, muss der Betrachtungszeitraum der früher eröffneten Projekte verlängert werden, bis alle Projekte einen Betrachtungszeitraum haben, der in demselben Jahr endet (40 Jahre nach Eröffnung des zuletzt eröffneten Projektes – vgl. Kapitel 4.3.3).

Wie in Kapitel 4.5.2 erläutert, gibt es mehrere **Entscheidungskriterien**:

- Mit dem **Nettobarwert** (NBW) oder der **Annuität** wird die Vorteilhaftigkeit eines Projektes beurteilt (Nettobarwert oder Annuität positiv).
- Um verschiedene vorteilhafte Projekte oder Projektvarianten in eine Rangliste zu bringen, wird das **Nutzen-Kosten-Verhältnis** (NKV) als Mass der Rentabilität verwendet. Wie in Kapitel 4.5.2 erläutert gibt es zwei Varianten für die Definition des NKV.
- Bei beschränktem Budget und dem gleichzeitigen Vergleich mehrerer Projekte ist die Rangliste gemäss der **Infrastrukturbudgeteffizienz** (IBE) zu erstellen. Damit wird erreicht, dass die knappen Finanzmittel des Staates optimal eingesetzt werden, d.h. dass unter der Budgetbeschränkung ein maximaler Nettobarwert erzielt wird.

Ohne Budgetrestriktion können alle Projekte mit positivem Nettobarwert durchgeführt werden. Bei Budgetrestriktionen soll jedoch zuerst das Nutzen-Kosten-Verhältnis und nicht direkt die Infrastrukturbudgeteffizienz berechnet werden: Es soll zuerst unabhängig von der Finanzierungsfrage untersucht werden, welche Projekte besonders zu empfehlen sind bzw. eine besonders hohe Rentabilität erreichen. Denn einerseits ist die Finanzierungsfrage manchmal noch nicht geklärt und andererseits kann bei guten Projekten (mit einem hohen Nutzen-Kosten-Verhältnis) möglicherweise die Finanzierung noch verbessert werden (Finden von privaten Geldgebern, Teilfinanzierung durch das Ausland etc.).

Prinzipiell gibt es drei Entscheidungssituationen:

- Entscheid, ob ein Projekt (mit nur einer Variante) gebaut werden soll oder nicht: Das Projekt ist zu empfehlen, wenn der Nettobarwert (oder äquivalent die Annuität) positiv ist.
- Entscheid, welche Variante eines Projekts gebaut werden soll: Diejenige Variante mit dem höchsten Nutzen-Kosten-Verhältnis wird zum Bau empfohlen.
- Entscheid, welche Projekte innerhalb eines Bauprogramms gebaut werden sollen, wenn bei einem beschränkten Budget nicht alle vorteilhaften Projekte verwirklicht werden können: In diesem Fall kann eine Rangliste gemäss der Infrastrukturbudgeteffizienz erstellt werden und die besten X Projekte umgesetzt werden, bis mit der Umsetzung des nächstfolgenden Projektes in der Rangliste die Budgetrestriktion überschritten wird.

Generell empfehlen wir bei der Wahl der Bestvariante und der Wahl der besten Projekte bei beschränkten Budget sich nicht streng an obige Empfehlung zu halten, sondern jeweils sowohl das Nutzen-Kosten-Verhältnis als auch die Infrastrukturbudgeteffizienz zu berechnen. Denn einerseits ist es sinnvoll, möglichst rentabel Projekte umzusetzen. Andererseits ist es heutzutage immer so, dass eine Budgetrestriktion vorhanden ist: Selbst wenn diese beim momentanen Entscheid (z.B. Variantenwahl) nicht explizit betrachtet wird, ist es klar, dass das investierte Geld später nicht für andere Projekte eingesetzt werden kann.

Sollten die beide Ranglisten (gemäss Nutzen-Kosten-Verhältnis und Infrastrukturbudgeteffizienz) nicht dieselbe Empfehlung geben, so ist genauer zu untersuchen, weshalb es zu dieser Differenz kommt und in einer solchen Situation ist sorgfältig abzuwägen, welchem Projekt der Vorzug gegeben werden soll. Gerade in diesem Fall könnten auch nicht-monetäre Auswirkungen den Ausschlag für das eine oder andere Projekt geben.

Es ist auch zu betonen, dass der Bauentscheid / die Projektwahl ohnehin politisch gefällt wird und die KNA nur als Entscheidungsgrundlage dient, die den Entscheid aber nicht vorwegnehmen kann.

Schliesslich kann das Studium der Ergebnisse – insbesondere von Projektvarianten – dazu führen, dass neue Projektvarianten definiert werden: Die Bestvariante kann möglicherweise weiter verbessert werden. Die neuen Varianten müssen dann nochmals das ganze Ablaufdiagramm der Kosten-Nutzen-Analyse durchlaufen.

b) Entscheid unter Einbezug der Sensitivitätsanalysen

Bei der Analyse der Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse sind immer die Ergebnisse derselben Sensitivität für alle Projekte zu vergleichen.[54] Wenn die Interpretation der Sensitivitätsanalysen (Bauentscheid, Variantenwahl oder Wahl der besten Projekte) nicht dieselbe ist wie im Basisszenario (mit den Standardannahmen), gibt es keine einfache Entscheidungsregel. Im Folgenden wird zuerst analysiert, ob ein Projekt vorteilhaft ist (Nettobarwert positiv). Dann wird auf die beiden Ranglisten eingegangen.

- Bestimmung der Vorteilhaftigkeit eines Projekts: Ein Projekt wird dann empfohlen, wenn
  - die Nettobarwerte aller Sensitivitätsanalysen positiv sind
  - in den Sensitivitätsanalysen meist ein klar positiver Nettobarwert resultiert und nur vereinzelt ein leicht negativer Nettobarwert auftaucht
- Bestimmung der Rangliste verschiedener Projekte: Für alle Sensitivitäten sind die beiden Ranglisten gemäss Nutzen-Kosten-Verhältnis und Infrastrukturbudgeteffizienz zu erstellen. Dabei wird die veränderte Annahme immer auf alle Projekte bzw. Projektvarianten angewendet.
  - Wird die Bestvariante eines Projekts gesucht, ist zu klären, ob in allen Sensitivitätsanalysen dieselbe Variante die Bestvariante gemäss dem Nutzen-Kosten-Verhältnis bzw. Infrastrukturbudgeteffizienz darstellt.
  - Bei der Wahl des optimalen Bauprogramms sind die beiden Ranglisten genauer zu analysieren. In allen Ranglisten ist der Trennstrich einzuzeichnen, der die zu empfehlenden Projekte (gemäss der Rangliste und dem vorhandenen Budget) von den nicht zu empfehlenden Projekten trennt. Projekte, die in allen Ranglisten über dem Trennstrich liegen, können zum Bau empfohlen werden. Es ist jedoch möglich, dass gewisse Projekte in

[54] Ist das (projektunabhängige) Reallohnwachstum in einem Projekt hoch, so gilt dies auch für die anderen Projekte. Diese Aussage stimmt auch für die anderen oben vorgeschlagenen Sensitivitätsanalysen – ausser für die Baukosten und die Genauigkeit des Verkehrsmodells: Bei diesen Sensitivitäten ist es denkbar, dass bei einem Projekt die Baukosten und / oder die verkehrlichen Wirkungen überschätzt werden, während sie bei einem anderen Projekt unterschätzt werden. Trotzdem macht das im Haupttext erwähnte Vorgehen auch bei diesen Sensitivitäten Sinn.

gewissen Szenarien über und in anderen unter dem Trennstrich liegen. Projekte, die fast immer (bzw. fast nie) über dem Trennstrich liegen, können empfohlen werden (bzw. nicht empfohlen werden).

Für Projekte, die teilweise über und teilweise unter dem Trennstrich liegen, ist darauf zu achten, dass kleine Differenzen im Nutzen-Kosten-Verhältnis bzw. in der Infrastrukturbudgeteffizienz meist nicht signifikant oder gar zufällig sind: Wenn z.B. die Infrastrukturbudgeteffizienz eines Projektes nur geringfügig unter dem Verhältnis am Trennstrich liegt, so ist dies viel weniger negativ zu gewichten als wenn die Infrastrukturbudgeteffizienz eines Projektes deutlich unter dem Trennstrich liegt.

Für Projekte mit widersprüchlichen Ergebnissen in den Sensitivitätsanalysen ist der Entscheid schwierig und eine generelle Entscheidregel kann dafür nicht aufgestellt werden. Sicherlich werden in diesen Fällen Verteilungsfragen, regionalpolitische Fragen[55] sowie die nicht-monetarisierbaren Auswirkungen eine besondere Bedeutung haben.

c) Interpretation der Teilbilanzen

Die Interpretation der Resultate von Teilbilanzen muss vorsichtig erfolgen:

- Primär ist zu beachten, dass Teilbilanzen keinerlei Information darüber abgeben, ob ein Projekt volkswirtschaftlich lohnend ist oder nicht, resp. welche Variante eines Projekts zu wählen ist. Mit Teilbilanzen werden Verteilungsaspekte abgebildet.
- Hingegen sind Verteilungswirkungen für die politische Akzeptanz eines Projekts wichtig. Insbesondere negativ beurteilte Verteilungswirkungen können ein zweckmässiges Vorhaben blockieren.
- Teilbilanzen können auch Hinweise auf geeignete Finanzierungslösungen geben.

Teilbilanzen sind jedoch oft unvollständig, weil nur ein Teil der Auswirkungen monetarisiert werden kann. Dies gilt insbesondere für die Teilbilanz Allgemeinheit. Die errechneten Teilbilanzen sagen daher nichts Abschliessendes über die genaue Interessenlage der betroffenen Aggregate aus. Sie sind aber ein wichtiger Beitrag zu deren Abschätzung.

4.8 Grenzen der Aussagekraft der KNA

Die KNA stellt eine fundierte wissenschaftliche Methode dar, um all jene Wirkungen zu erfassen und zu beurteilen, welche sich in Geldeinheiten bewerten lassen. Die KNA hat aber auch ihre Grenzen:

- Wie erwähnt können nicht monetarisierbare Auswirkungen der Projekte in einer KNA nicht berücksichtigt werden. Diese Effekte müssen deshalb ausserhalb der KNA berücksichtigt werden, auch wenn sie für die Gesamtbeurteilung von grosser Bedeutung sein können.
- Verteilungseffekte lassen sich zwar aufzeigen, wie diese Teilbilanzen aber zu würdigen sind, muss auf politischer Ebene bestimmt werden.

[55] Sind alle aus Sicht KNA guten Projekte in der gleichen Region, ist aus politischen Gründen möglicherweise ein Projekt einer anderen Region zu bevorzugen.

- Die Einhaltung gesetzlicher Grenzwerte (z.B. im Lärmschutz) wird mit einer Kosten-Nutzen-Analyse nicht untersucht. Deshalb muss ein Projekt auch eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchlaufen. Die KNA und die UVP haben unterschiedliche Ziele (Bewertung der gesamtwirtschaftlichen Effizienz bzw. Vorsorgeprinzip im Umweltbereich) und können einander nicht ersetzen, sondern ergänzen sich gegenseitig. Die UVP kann zur Folge haben, dass gewisse Projekte oder Projektvarianten ausscheiden, weil gesetzliche Grenzwerte (massiv) überschritten werden. Alternativ ist es auch möglich, dass das Projekt durch flankierende Massnahmen ergänzt werden muss, damit es mit den Gesetzen im Bereich Umwelt vereinbar wird.

  In der KNA können negative Auswirkungen eines Projektes durch andere positive Auswirkungen ausgeglichen werden. In der UVP dagegen genügt im Prinzip die Überschreitung eines Grenzwertes, um das Projekt auszuschliessen[56] – eine Kompensation mit anderen Grenzwerten, die (deutlich) unterschritten werden, ist nicht möglich.

Aufgrund dieser Einschätzung ist es wichtig, dass die KNA als ein – wenn auch zentrales – Teilmodul eines umfassenden Entscheidverfahrens verstanden wird. Projektentscheide, die ausschliesslich auf einer KNA basieren, sind daher nicht zu empfehlen. Denn nicht-monetarisierbare Effekte können für den Entscheid für oder gegen ein Projekt, für die Auswahl der Bestvariante oder für die Reihenfolge verschiedener Projekte massgeblich sein: Eine alleinige Abstützung auf die KNA ist für eine umfassende Projektbeurteilung nicht ausreichend und kann zu Fehlentscheiden führen.

4.9 Nicht-monetarisierbare Auswirkungen

Die nicht-monetarisierbaren Auswirkungen werden deshalb in Kapitel 5 bei der Herleitung des Indikatorensystems miteinbezogen. Kann ein Effekt nicht in Geldeinheiten ausgedrückt werden, wird er im Rahmen der vorliegenden Studie nach der Auflistung in Kapitel 5 nicht mehr weiter untersucht. Da solche nicht-monetären Effekte bei der Entscheidungsfindung bzw. in der politischen Diskussion jedoch eine wichtige Rolle spielen können, dürfen sie bei einer Projektbewertung nicht fehlen.

Die KNA in Luxemburg wird deshalb durch qualitative Indikatoren erweitert. Bei all diesen Indikatoren ist jeweils zu untersuchen, ob sie durch das Projekt verbessert, verschlechtert oder nicht verändert werden (positive, negative oder neutrale Auswirkung). Neben dieser Einteilung ist im MOBIMPACT-Tool auch eine deskriptive Beschreibung der Auswirkungen erforderlich. Der Entscheidungsträger muss die Auswirkungen auf die nicht-monetarisierbaren Indikatoren also neben das Ergebnis der KNA stellen und dann beurteilen, ob die nicht-monetarisierbaren Indikatoren das Ergebnis der KNA allenfalls umstossen können.

Aufgrund der Hinzunahme von ergänzenden, nicht-monetarisierbaren Indikatoren bezeichnet man die resultierende Bewertungsmethode als **erweiterte KNA**.

[56] In der Praxis gilt jedoch das Verhältnismässigkeitsprinzip, so dass Überschreitungen unter gewissen Voraussetzungen doch möglich sind.

5 Indikatorensystem der Kosten-Nutzen-Analyse

5.1 Einleitung

Im vorliegenden Kapitel wird das Indikatorensystem festgelegt, mit dessen Hilfe die Auswirkungen von Verkehrsprojekten oder verkehrlichen Massnahmen erfasst und soweit möglich einer monetären Bewertung zugeführt werden.

Das vorgeschlagene Indikatorensystem wird in den folgenden beiden Abbildungen zusammengefasst. Der Aufbau der beiden Abbildungen ist wie folgt gegliedert:

- In den Spalten enthält die Tabelle die betrachteten Verkehrsträger und Fahrzeugkategorien. Zudem wird dargestellt, wer die entsprechenden Kosten trägt.
  - In den Abbildungen enthalten die Kostenträger-Spalten jeweils ein «X», wenn die entsprechenden Kosten vom diesem Kostenträger getragen werden. Enthalten mehrere Spalten ein «X», so werden die Kosten von mehreren Kostenträgern gemeinsam getragen oder es handelt sich um Beträge, die vom einen zum anderen fliessen (z.B. bei Steuereinnahmen).
  - In der Spalte «Eignung für die KNA» wird zudem dargestellt, ob der Indikator in der KNA berücksichtigt werden kann oder nicht (grün = ja, rot = nein).
- Die Zeilen der Tabelle entsprechen den Auswirkungen bzw. enthalten die entsprechenden Indikatoren.

Im Folgenden sollen nun die einzelnen Indikatoren (bzw. Zeilen der Abbildung 5-1 und Abbildung 5-2) diskutiert werden. Die Kosten- und Nutzenbereiche werden dabei möglichst umfassend aufgelistet, ohne Doppelzählungen zu enthalten. Für die Gliederung der Indikatoren haben wir eine Unterteilung der Indikatoren in die drei Nachhaltigkeitsbereiche Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt vorgenommen. Innerhalb dieser drei Hauptkategorien, werden folgende Bereiche unterschieden:

- Wirtschaft
  - Infrastrukturkosten
  - Verkehrsmittelkosten
  - Zeitkosten
  - Nutzen Mehrverkehr
  - Weitere ökonomische Auswirkungen
- Gesellschaft
  - Grundversorgung und Aktive Mobilität
  - Unfälle
  - Räumliche Auswirkungen
  - Planungsprozess

- Umwelt
  - Umweltbelastung im Betrieb
  - Umweltbelastung durch Infrastruktur
  - Umweltbelastung in Bauphase

Zur Verwendung in der KNA und zur Vereinfachung der Bezeichnungen haben wir alle Indikatoren mit einem Kürzel versehen. Die Kennzeichnung basiert auf dem ersten Buchstaben des Nachhaltigkeitsbereichs (W, G oder U) und einer laufenden Nummerierung (d.h. W1, W2, G1 etc.). Dabei erhalten in Absprache mit dem Auftraggeber alle Indikatoren ein Kürzel, auch diejenigen, die nicht monetarisierbar sind. Unterindikatoren, die zum gleichen Indikator gehören, werden mit kleinen Buchstaben nummeriert (also z.B. W10a, W10b…).

Für den Aufbau der Indikatorenliste wurden vor allem folgende Quellen berücksichtigt:

- Ecoplan (2010), Handbuch eNISTRA 2010 (NISTRA = Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte).
- Ecoplan (2018), Handbuch NISTRA 2017 (mit neuem Indikatorensystem bei den nicht-monetarisierbaren Indikatoren).
- BAV Bundesamt für Verkehr (2016), NIBA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Bahninfrastrukturprojekte.
- Litman Todd (2016), Transportation Cost and Benefit Analysis.
- PTV Group et al. (2016), Methodenhandbuch zum Bundesverkehrswegeplan 2030.
- Department for Transport (2017), Transport Analysis Guidance.
- Bahnknoten Basel (2017), Zukunft Bahnknoten Basel. Synthesebericht, Kapitel 9.
- Ecoplan (2011), Tram Region Bern Wirtschaftlichkeitsrechnung.

Generell sind die Effekte in der Betriebsphase meist deutlich grösser als die Effekte in der Bauphase (ausser bei Indikatoren, die sich nur auf die Bauphase beziehen wie die Baukosten). So sind z.B. die Veränderung der Reisezeiten oder Betriebskosten der Fahrzeuge in der Bauphase (z.B. durch Umleitungen, Rotlichter) typischerweise deutlich kleiner als die Effekte nach Eröffnung des Bauwerks. Im Folgenden konzentrieren wir uns deshalb zuerst auf die Betriebsphase und gehen in Kapitel 5.5 nochmals vertiefter auf die Effekte während der Bauphase ein.

Nachstehend folgt eine Beschreibung der einzelnen Indikatoren (bzw. Zeilen der Abbildung 5-1 und Abbildung 5-2) mit ergänzenden Erläuterungen, wobei die Erläuterungen den drei Nachhaltigkeitsbereichen und deren Einteilung folgen.

Abbildung 5-1: Indikatorensystem der erweiterten KNA: Bereich Wirtschaft

Nachhaltigkeitsbereich	Bereich	Kürzel	Indikatorname	Eignung für die KNA	Kostenträger: Verkehrsnutzende	Kostenträger: ÖV-Betreiber	Kostenträger: Staat als Infrastrukturtreiber	Kostenträger: Übriger Staat	Kostenträger: Allgemeinheit	Strassenverkehr – Personenverkehr – Motorisierter privater Personenverkehr – PKW: Benzin	PKW: Diesel	PKW: Elektro	PKW: Hybrid	Total	RBus: Diesel	MR: Benzin	Motorrad: Benzin	Aktive Mobilität: Musk/El	Ped25	Fahrrad: Muskel	Muskel	Fuss	Öffentlicher Personenverkehr – Linienbus: Diesel	Linienbus: Elektro	Total	Tram: Elektro	Güterverkehr – Leichte Nutzfahrzeuge: Benzin	Diesel	Elektro	Total	SNF: Diesel	Total	Schienenverkehr – Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	Total
Wirtschaft	Infrastrukturkosten	W1	Baukosten				X																													
		W2	Ersatzinvestitionen				X																													
		W3	Landkosten			X																														
		W4	Baurisiken			X																														
		W5	Realisierungszeit				X		X																											
		W6	Betriebs- und Unterhaltskosten Infrastruktur				X																													
	Verkehrsmittelkosten	W7	Variable Betriebskosten Fahrzeuge Stammverkehr		X																															
		W8	Fixe Betriebskosten Fahrzeuge		X																															
		W9	Betriebskosten ÖV					X																												
	Zeitkosten	W10	Reisezeit Stammverkehr																																	
		W10a	- Fahrzeit			X																														
		W10b	- Umsteigezeit		X																															
		W10c	- Anzahl Umsteigevorgänge		X																															
		W10d	- Zu- und Abgangszeiten		X																															
		W10e	- Taktfrequenz		X																															
		W11	Komfort Stammverkehr		X																															
		W12	Zuverlässigkeit		X																															
	Nutzen Mehrverkehr	W13	Nettonutzen Mehrverkehr																																	
		W13a	- Fahrzeit		X																															
		W13b	- Umsteigezeit		X																															
		W13c	- Anzahl Umsteigevorgänge		X																															
		W13d	- Zu- und Abgangszeiten		X																															
		W13e	- Taktfrequenz		X																															
		W13f	- Komfort		X																															
		W13g	- Variable Betriebskosten Fahrzeuge		X																															
		W14	Steuereinnahmen im Mehrverkehr				X																													
		W15	ÖV-Erlöse im Mehrverkehr			X																														
	Weitere ökonomische Auswirkungen	W16	Steuereinnahmen im Stammverkehr		X		X																													
		W17	ÖV-Erlöse im Stammverkehr		X	X																														
		W18	Etappierbarkeit		X	X	X	X	X																											
		W19	Streckenredundanz		X	X	X																													
		W20	Wider economic Impacts					X	X																											
		W21	Trassenpreise			X	X																													
		W22	Auslastung ÖV-Fahrzeuge		X	X																														
		W23	Polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung				X																													

Legende: Indikator kann in KNA integriert werden; Indikator kann nicht in KNA integriert werden; Indikator ist für diese Fahrzeugkategorie nicht relevant

Abbildung 5-2: Indikatorensystem der erweiterten KNA: Bereiche Gesellschaft und Umwelt

Nachhaltigkeitsbereich	Bereich	Kürzel	Indikatorname	Eignung für die KNA	Kostenträger: Verkehrsnutzende	Kostenträger: ÖV-Betreiber	Kostenträger: Staat als Infrastrukturbetreiber	Kostenträger: Übriger Staat	Kostenträger: Allgemeinheit	Strassenverkehr – Personenverkehr – Motorisierter privater Personenverkehr – PKW: Benzin	PKW: Diesel	PKW: Elektro	PKW: Hybrid	Total	RBus: Diesel	MR: Benzin	Motorrad: Benzin	Aktive Mobilität: Musk/El	Ped25	Fahrrad: Muskel	Muskel	Fuss	Öffentlicher Personenverkehr – Linienbus: Diesel	Linienbus: Elektro	Total	Tram: Elektro	Güterverkehr – Leichte Nutzfahrzeuge: Benzin	Diesel	Elektro	Total	SNF: Diesel	Total	Schienenverkehr – Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	Total
Gesellschaft	Grundversorgung und aktive Mobilität	G1	Grundversorgung sicherstellen		X				X																											
		G2	Attraktivität Fussverkehr		X				X																											
		G3	Attraktivität Fahrradverkehr		X				X																											
		G4	Trenneffekte		X				X																											
		G5	Externe Gesundheitsnutzen durch aktive Mobilität					X	X																											
	Unfälle	G6	Unfälle		X				X																											
		G7	Betriebsqualität, Betriebssicherheit			X	X																													
	Räumliche Auswirkungen	G8	Wohnlichkeit			X			X																											
		G9	Räumliche Verteilungseffekte		X		X		X																											
		G10	Erreichbarkeit Siedlungsschwerpunkte						X																											
	Planungsprozess	G11	Partizipation der Bevölkerung				X		X																											
		G12	Abstimmung mit der Siedlungsplanung					X	X																											
		G13	Potenzial für Siedlungsentwicklung				X		X																											
		G14	Aufwärtskompatibilität		X	X	X																													
Umwelt	Umweltbelastung im Betrieb	U1	Luftbelastung					X	X																											
		U2	Lärmbelastete Personen					X	X																											
		U3	Lärmbelastete Erholungsgebiete						X																											
		U4	Klimabelastung						X																											
		U5	Auswirkungen auf Gewässer						X																											
		U6	Erschütterungen						X																											
		U7	Risiken durch Energiebereitstellung						X																											
		U8	Externe Kosten Energie Infrastrukturbetrieb						X																											
		U9	Vor- und nachgelagerte Prozesse Energie						X																											
		U10	Vor- und nachgelagerte Prozesse Fahrzeug						X																											
	Umweltbelastung durch Infrastruktur	U11	Vor- und nachgelagerte Prozesse Infrastruktur						X																											
		U12	Bodenversiegelung						X																											
		U13	Zerschneidungseffekte						X																											
		U14	Landschafts- und Ortsbild						X																											
	Umweltbelastung in Bauphase	U15	Rundkiesverbrauch						X																											
		U16	Umweltbelastung in Bauphase						X																											

Legende: Indikator kann in KNA integriert werden; Indikator kann nicht in KNA integriert werden; Indikator ist für diese Fahrzeugkategorie nicht relevant

5.2 Indikatoren im Bereich Wirtschaft

Im Folgenden werden nun die **Indikatoren im Bereich Wirtschaft** erläutert. Dabei enthält das erste Aufzählungszeichen «•» jeweils die Definition des Indikators. Mit dem zweiten Aufzählungszeichen «–» werden wo nötig weitere Erläuterungen zum Indikator gegeben. Die Farbgebung zeigt, ob der Indikator in die KNA aufgenommen werden kann oder nicht (grün: in KNA enthalten; rot: Verzicht auf Aufnahme in KNA).

5.2.1 Infrastrukturkosten

- **W1 Baukosten**[57]: Erstinvestitionskosten für die Errichtung des Projektes (z.B. Neu- / Ausbau Strasse oder Schiene) abzüglich der Restwerte am Ende des Betrachtungszeitraums.
  - Die Baukosten werden auf verschiedene Baubestandteile mit unterschiedlichen Lebensdauern aufgeteilt. Die Restwerte der Baubestandteile, die länger halten als der Betrachtungszeitraum, werden von den Kosten abgezogen.
  - Die Baukosten (und auch die meisten der folgenden Kostenindikatoren) können nicht auf die Fahrzeugkategorien aufgeteilt werden, weshalb die entsprechenden Zellen grau hinterlegt sind. Sie sind in der Spalte Total (für alle Verkehrsträger) enthalten.
  - Im ÖV muss darauf geachtet werden, dass in den Projektkosten falls nötig auch die Aufwendungen für die erforderliche Anpassung / Ergänzung der Depots (Unterstand für Fahrzeuge) berücksichtigt werden.
  - Die Kosten von Umwelt-Kompensationsmassnahmen sind Teil der Baukosten.
- **W2 Ersatzinvestitionen**: Kosten von Ersatzinvestitionen von kurzlebigen Baubestandteilen während dem Betrachtungszeitraum.
  - Baubestandteile, deren Lebensdauer kürzer ist als der Betrachtungszeitraum, müssen ersetzt werden. Dazu werden dieselben Kosten wie die ursprünglichen Investitionskosten angesetzt und der Ersatz erfolgt X Jahre nach dem Bau, wobei X die Lebensdauer des Baubestandteils ist.
- **W3 Landkosten**: Zu den Landkosten zählen der Wert des Landes, über das die neue Infrastruktur führt, allfällige Wertminderung von angrenzendem Land (inkl. Kompensationszahlungen) sowie allfällige Transaktionskosten (Kosten für Grundstückmakler, Notar und Enteignungsverfahren).
- **W4 Baurisiken**: Qualitative Beschreibung der Baurisiken (z.B. Geologie, Naturgefahren etc.).
- **W5 Realisierungszeit**: Dauer der Bauphase. Je länger die Realisierungszeit dauert, desto eher können Finanzierungsschwierigkeiten, politische Einwände und Akzeptanzprobleme durch Bauimmissionen entstehen.
- **W6 Betriebs- und Unterhaltskosten Infrastruktur**: Hier werden die Betriebs- und Unterhaltskosten der Strassen- oder Schieneninfrastruktur erfasst – wie z.B. betrieblicher

[57] Die Schriftfarbe (grün, rot) entspricht der Beurteilung, ob der Indikator in der KNA berücksichtig bzw. quantifiziert werden kann oder nicht (grün: ja; rot: nein).

Unterhalt (Winterdienst, Reinigung, Grünpflege, kleine bauliche Reparaturen etc.), Signalisation, Verwaltung.

5.2.2 Verkehrsmittelkosten

a) Unterscheidung zwischen Stamm- und Mehrverkehr und Anwendung in der Praxis

Bei einigen Indikatoren ist es wichtig, zwischen Stamm- und Mehrverkehr zu unterscheiden. Auf diesen Aspekt gehen wir nachstehend ein bevor in Abschnitt 5.2.2b) die Ausführungen zu den Indikatoren der Verkehrsmittelkosten folgen.

Bei einer projekt- oder massnahmenbedingten Änderung des Verkehrsaufkommens ist wie erwähnt im Grundsatz zwischen dem Stamm- und Mehrverkehr zu unterscheiden. Darunter wird Folgendes verstanden:

- **Stammverkehr**: Der Stammverkehr ist die vom Projekt nicht veränderte Verkehrsmenge pro Zeiteinheit, d.h. die Verkehrsmenge, die sowohl mit als auch ohne Projekt von i nach j fährt (d.h. Minimum der Fahrten mit bzw. ohne Projekt).
- **Mehrverkehr**: Der durch das Projekt ausgelöste Mehrverkehr ist die Summe derjenigen Fahrten,
  - die durch das Projekt neu generiert werden (bisher keine Fahrt, auch Neuverkehr genannt),
  - die aufgrund des Umsteigens von anderen Fahrzeugkategorien zustande kommen (bisher Fahrt mit anderer Fahrzeugkategorie – Umsteigen zwischen ÖV, motorisierten Individualverkehr und aktiver Mobilität), und
  - die auf eine veränderte Zielwahl zurückzuführen sind (bisher Fahrt an einen anderen Ort).[58]

Die Unterscheidung ist insofern wichtig als Nutzengewinne im Stammverkehr voll berücksichtigt werden, im Mehrverkehr aber nur zur Hälfte (sogenannte «rule of half»). Zudem sind im Mehrverkehr zur Abschätzung des Nutzengewinns Steuereinnahmen und ÖV-Erlöse relevant, im Stammverkehr aber nicht (vgl. unten bzw. Anhang A).

In der praktischen Anwendung wird der Mehrverkehr bei Strassenprojekten manchmal nicht berechnet, weil zur Bestimmung des Mehrverkehrs das Verkehrsmodell umfassender ausgewertet werden muss. Wird nur der Stammverkehr untersucht, genügt eine Berechnung der Routenwahl mit dem Verkehrsmodell. Soll auch der Mehrverkehr berücksichtigt werden, müssen im Verkehrsmodell zudem das Verkehrsaufkommen (Anzahl Wege), Zielwahl und Verkehrsmittelwahl berechnet werden.[59] Bei ÖV-Projekten wird üblicherweise zumindest die Verkehrsmittelwahl mitberechnet, da man sich vom Angebotsausbau im ÖV ein Umsteigen vom

[58] Auf einer einzelnen Strecke zu einer bestimmten Zeit kann der Mehrverkehr auch durch eine andere Wahl der Route oder der Reisezeit (Schwachlast versus Spitzenlast) entstehen.

[59] Manchmal wird auch nur auf die Berechnung des Verkehrsaufkommens verzichtet.

motorisierten Individualverkehr auf den ÖV erhofft und das Projekt sich nur dann lohnen kann, wenn der Umsteigeeffekt gross genug ist.

Fraglich ist auch, wie genau bei einem Projekt im Strassenverkehr die Auswirkungen auf den ÖV bestimmt werden. Wird mit dem Verkehrsmodell die Verkehrsmittelwahl berechnet, so kann aus den Ergebnissen die Abnahme der ÖV-Erlöse ermittelt werden. Im Prinzip müsste man aber neben dem Erlösrückgang im ÖV auch untersuchen, ob die Abnahme zu einer Ausdünnung des ÖV-Angebots (weniger dichter Bustakt) oder zu kürzeren Zügen (geringen Betriebskosten) führt – oder ob Taktverdichtungen bzw. Zugsverlängerungen damit hinausgezögert werden können. Darauf wird meist verzichtet, weil die Effekte meist klein sind.

b) Indikatoren der Verkehrsmittelkosten

- **W7 Variable Betriebskosten Fahrzeuge Stammverkehr**: Individuell getragene variable Betriebskosten der Strassenfahrzeuge (inkl. Treibstoffkosten, ohne Steuern und Abgaben). Die variablen Kosten steigen mit der Zahl der Fzkm oder der Fahrzeugstunden.
  - Die Betriebskosten des ÖV werden nicht bei diesem Nutzenindikator erfasst, sondern beim Kostenindikator W9 Betriebskosten ÖV.
- **W8 Fixe Betriebskosten Fahrzeuge**: Individuell getragene fixe Betriebskosten der Strassenfahrzeuge, die unabhängig von der Zahl der Fzkm oder der Fahrzeugstunden sind.
  - Die fixen Fahrzeugkosten werden üblicherweise nicht in die KNA miteinbezogen, da sie sich durch einzelne Strasseninfrastrukturprojekte nicht verändern, da kaum jemand aufgrund eines Infrastrukturprojektes ein Auto kauft oder aufgrund eines ÖV-Projektes das Auto verkauft. Für das MOBIMPACT-Tool in Luxemburg müssen die Fixkosten aber miteinbezogen werden, weil mit dem Tool auch Carpooling und Steuererleichterungen für Elektrofahrzeuge analysiert werden sollen. Dies bedingt, dass ausserhalb des KNA-Tools bestimmt wird, wie sich der Fahrzeugbestand durch die Massnahmen verändert.
- **W9 Betriebskosten ÖV**: Betriebskosten des veränderten ÖV-Angebotes. Diese setzen sich zusammen aus den folgenden drei Komponenten:
  - Rollmaterialkosten: Kosten für die Beschaffung des zusätzlich benötigten Rollmaterials (Züge, Trams, Busse), um das geplante Angebotskonzept fahren zu können.
  - Leistungsabhängige Kosten: Leistungsabhängige Kosten, die mit den Zugkm oder Buskm zunehmen.
  - Zeitabhängige Kosten: Zeitabhängige Kosten, die mit den Einsatzzeiten zunehmen.

5.2.3 Zeitkosten

- **W10 Reisezeit Stammverkehr**: Kürzere Reisezeiten (Dauer eines Weges von Tür zu Tür) zählen häufig zu den Hauptzielen eines Projektes. In vielen Projekten sind die Reisezeiten der wichtigste Nutzenindikator. Die Reisezeit setzt sich aus den folgenden 5 Komponenten zusammen:
  - **W10a Fahrzeit**: Die Fahrzeit ist die Dauer des Aufenthalts im Innern von Fahrzeugen. Im Strassenverkehr können kürzere Fahrzeiten durch neue kürzere Wege entstehen,

durch einen Abbau des Staus bzw. höhere Geschwindigkeiten oder durch eine Reduktion der Parksuchzeiten.

- **W10b Umsteigezeit**: Die Umsteigezeit ist die Dauer aller Umsteigevorgänge einer Reise. Darin enthalten sind Fusswege zum Halteort des folgenden ÖV-Fahrzeuges und Wartezeiten bis dieses fährt.
- **W10c Anzahl Umsteigevorgänge**: Der Umsteigevorgang ist der Wechsel des Fahrzeugs im ÖV.
- **W10d Zu- und Abgangszeit**: Die Zu- und Abgangszeit ist die Dauer des Weges zwischen Tür und ÖV-Haltestelle bzw. zwischen Haltestelle und Tür.
- **W10e Taktfrequenz**: Die Taktfrequenz ist die Dauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kursen im ÖV.

– Im Strassenverkehr werden nur die Fahrzeiten und die Zu- und Abgangszeiten mitberücksichtigt, im öffentlichen Verkehr alle fünf Bestandteile der Zeitkosten.

- **W11 Komfort Stammverkehr**: Im ÖV wird der Komfort von Schienenfahrzeugen (inkl. Tram) höher eingeschätzt als derjenige von Bussen.

  – Dieser Effekt wird nur mitberücksichtigt, wenn sich der Fahrzeugtyp ändert, z.B. bei der Umstellung von Bus auf Tram.

- **W12 Zuverlässigkeit**: Ist eine Strasse öfter vom Stau betroffen, weiss man nie genau, wie lange man für die Bewältigung der Strecke braucht. Kommt man zu früh oder zu spät am Zielort an, ist dies mit Unannehmlichkeiten verbunden. Auch im ÖV ist die Zuverlässigkeit (oder die Fahrplanstabilität) ein wichtiges Qualitätsmerkmal.

  – Im Strassenverkehr gibt es zwar erste Quantifizierungsmethoden. So wird z.B. in der Schweiz die Zuverlässigkeit in der SN 641 825 behandelt. Die entwickelte Methodik ist jedoch nur auf Autobahnen anwendbar (ohne Ein- und Ausfahrten). Das untergeordnete Strassennetz und Knoten fehlen. Zudem ist die Methodik so komplex und datenhungrig, dass sie nicht ins MOBIMPACT-Tool integriert werden kann (wäre zu aufwändig). Auch in anderen Ländern gibt es erste Methoden, die jedoch schwer übertragbar sind.

  – Im ÖV spielt die Zuverlässigkeit auch eine Rolle, da auch hier Verspätungen unangenehm sind – und in Luxemburg relativ häufig vorkommen. Man spricht im ÖV auch von **Fahrplanstabilität**. Uns sind jedoch noch keine Methoden bekannt, wie man dies in die KNA integrieren könnte (zumal dies voraussetzen würde, dass man bestimmen kann, wie sich ein Projekt auf die durchschnittliche Verspätung auswirkt). Die erwarteten Auswirkungen können qualitativ einfliessen.

5.2.4 Nutzen Mehrverkehr

Der Nutzen des Mehrverkehrs setzt sich aus den folgenden drei Bestandteilen zusammen (zur Definition des Mehrverkehrs siehe Kapitel 5.2.2a):

- **W13 Nettonutzen des Mehrverkehrs**: Individueller Nutzenzuwachs des Mehrverkehrs, der sich aus folgenden Komponenten zusammensetzt: W13a Fahrzeit, W13b Umsteigezeit, W13c Anzahl Umsteigevorgänge, W13d Zu- und Abgangszeiten, W13e Taktfrequenz, W13f

Komfort und W13g variable Betriebskosten (inkl. Steuern) der Fahrzeuge (für die Definitionen siehe oben). Im Strassenverkehr sind nur die Fahrzeiten, die Zu- und Abgangszeiten sowie die Betriebskosten relevant, im ÖV alles ausser die Betriebskosten.

- **W14 Steuereinnahmen im Mehrverkehr**:[60] Um den Nutzen des Mehrverkehrs bei volkswirtschaftlichen Preisen abbilden zu können, wird neben dem Nettonutzen des Mehrverkehrs als Hilfskonstruktion noch die Veränderung der Treibstoffsteuern und MWST im Mehrverkehr berücksichtigt. Steuerzahlungen von Umsteigern zwischen Individual- und öffentlichem Verkehr sind auf beiden Seiten zu berücksichtigen (mit umgekehrten Vorzeichen).
  - Man könnte meinen, dass es sich bei diesem Indikator um einen reinen Transfer zwischen Verkehrsteilnehmer und dem Staat handelt, der nicht einbezogen werden darf. Warum der Indikator trotzdem einbezogen werden muss, wird im Anhang A ausführlich erläutert.
- **W15 ÖV-Erlöse im Mehrverkehr:** Einnahmen der ÖV-Unternehmen aus Billettverkäufen im Mehrverkehr.
  - Die Erlöse im Mehrverkehr sind aus betriebs- und volkswirtschaftlicher Sicht relevant (vgl. Anhang A) – obwohl man auch hier meinen könnte, es sei ein reiner Transfer zwischen Fahrgast und ÖV-Betreiber.

5.2.5 Weitere ökonomische Nutzen

- **W16 Steuereinnahmen im Stammverkehr**: Dieser Indikator ist nur für die Bildung der sozioökonomischen Teilbilanzen relevant. Die Einnahmen aus Treibstoffsteuern und MWST im Stammverkehr stellen einen Transfer von den Benutzern zum Staat dar.
- **W17 ÖV-Erlöse im Stammverkehr**: Einnahmen der ÖV-Betreiber aus Billettverkäufen im Stammverkehr – bzw. Ausgaben der Fahrgäste.
  - Die ÖV-Erlöse im Stammverkehr verändern sich nur, wenn die Billettpreise aufgrund des Projekts verändert werden oder die Fahrgäste neu eine andere Strecke im ÖV wählen und damit einen anderen Preis bezahlen. In den bisher von uns bewerteten Projekten war dieser Indikator immer Null, da es nie Preisanpassungen oder Routenumlagerungen gab. Treten einmal Preisanpassungen auf, ist der Indikator nur für die Teilbilanzen relevant – volkswirtschaftlich hingegen nicht, da die Erlöse im Stammverkehr einen reinen Transfer zwischen Benutzer und ÖV-Betreiber darstellen.
- **W18 Etappierbarkeit**: Können Teile des Projektes bereits vor Abschluss des Gesamtprojektes dem Verkehr übergeben werden, kann ein Teil der Nutzen bereits früher erzielt werden.
  - Dieser Indikator hat prinzipiell Auswirkungen auf alle Indikatoren der KNA. Es müssten eigentlich alle Varianten einzeln bewertet werden, um zu untersuchen, ob allenfalls auf eine Etappe auch verzichtet werden könnte. Da die einzelnen Zwischenvarianten aber

[60] Eigentlich müssen neben den Steuereinnahmen auch die Mauteinnahmen berücksichtigt werden. In Luxemburg gibt es aber keine Maut und wird nächstens auch keine eingeführt.

häufig nur kurz in Betrieb sind, werden sie in der Praxis manchmal nicht genauer untersucht. Mit diesem beschreibenden Indikator kann der Etappierbarkeit doch ein Gewicht in der Gesamtbewertung gegeben werden. Es ist jedoch auch möglich, etappierte Projekte im MOBIOMPACT-Tool mit der KNA genau zu untersuchen. Dann entfällt dieser Indikator, um Doppelzählungen zu vermeiden.

- **W19 Streckenredundanz**: Mit diesem Indikator wird beurteilt, ob und wie gut bei zukünftigen Bauarbeiten auf dem betroffenen Streckenabschnitt die bestehende Verkehrsmenge abgewickelt werden kann, d.h. wie gross die Netzredundanz ist (Verfügbarkeit von Netzalternativen).
  - Für grössere zukünftige bauliche Unterhalts- und Erneuerungsmassnahmen ist auf Schweizer Autobahnen relevant, welcher Anteil des Verkehrs trotz Sperrung aller Spuren einer Fahrtrichtung oder eines Tunnels im Richtungsverkehr auf den restlichen Autobahnen bewältigt werden kann. Prinzipiell kann der Indikator auch von Autobahnen auf übrige Strassen und auf Schienen übertragen werden.
- W20 «**Wider Ecomomic Impacts**» (WEI): Die «wider economic impacts» können pragmatisch definiert werden als ökonomische Auswirkungen, die in der klassischen KNA nicht berücksichtigt werden.[61] In Anhang B wird ausführlich auf die «wider economic impacts» eingegangen.
- **W21 Trassenpreise**: Entgelt, das der Schienenverkehrsbetreiber dem Eigentümer der Schieneninfrastruktur für deren Benutzung bezahlt.
  - Die Trassenpreise sind ein reiner Transfer zwischen Verkehrsbetreiber und Infrastruktureigentümer. Sie sind deshalb für die volkswirtschaftliche KNA nicht relevant, aber für die betriebswirtschaftlichen Teilbilanzen bzw. für die Teilbilanzen von ÖV-Betreiber und Staat als Infrastrukturbetreiber (vgl. Kapitel 4.5.3).
- **W22 Auslastung ÖV-Fahrzeuge**: Hohe Auslastungen sind für ÖV-Fahrgäste unangenehm (kein Sitzplatz, verminderter Komfort, längere Haltezeiten für Fahrgastwechsel und damit möglicherweise Verspätungen). Zudem machen zu hohe Auslastungen grössere Fahrzeuge oder Taktverdichtungen nötig.
  - Der Indikator eignet sich auch zur Prüfung, ob das geplante Angebot die Nachfrage auch tatsächlich decken kann oder ob dichtere (oder weniger dichte) Taktfolgen oder längere Züge nötig sind (oder kürzere auch ausreichen). Für diese Prüfung müssen Datengrundlagen zur Auslastung in den Spitzenzeiten verfügbar sein.
- **W23 Polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung**: Der zusätzliche Strassenverkehr führt dazu, dass auch die Polizei mehr Aufwand hat für die Verkehrsregelung und Überwachung.

[61] Rothengatter (2017), Wider ecomomic impacts of transport infrastructure investments: Relevant or negligible?

5.3 Indikatoren im Bereich Gesellschaft

5.3.1 Grundversorgung und aktive Mobilität

- **G1 Grundversorgung sicherstellen**: Ganz Luxemburg soll mit einer Mobilitäts-Grundversorgung ausgestattet sein.
  - Im Strassenverkehr dürfte dies bereits erfüllt sein. Dieser Indikator dürfte in den wenigsten Projekten in Luxemburg relevant sein.
- **G2 Attraktivität Fussverkehr**: In diesem Indikator werden die gesamten Auswirkungen auf den Fussverkehr qualitativ beurteilt.
  - Dieser Indikator darf nur berücksichtigt werden, wenn der Fussverkehr in der übrigen Bewertung nicht enthalten ist. Werden die Zeitgewinne und die Unfallfolgen aber in den entsprechenden Indikatoren miterfasst, würde hier eine Doppelzählung entstehen. Können gewisse Auswirkungen beim entsprechenden Indikator aufgrund fehlender Daten nicht miterfasst werden (z.B. Sicherheitsgewinn durch Neugestaltung einer Strasse), so können die nicht monetarisierbaren Effekte hier ausgewiesen werden.
- **G3 Attraktivität Fahrradverkehr**: In diesem Indikator werden die gesamten Auswirkungen auf den Fahrradverkehr qualitativ beurteilt.
  - Wie im Fussverkehr Gefahr der Doppelzählung.
- **G4 Trenneffekte**: Strassen- und Schieneninfrastrukturen führen im städtischen Raum zu Zeitverlusten für Fussgänger und Fahrradfahrer bei der Querung solcher Infrastrukturen.
  - Aus Sicht Verkehrsträger handelt es sich bei den vom Strassenverkehr verursachten Kosten um interne Kosten, denn sie fallen innerhalb des Verkehrsträgers Strasse an (z.B. verursacht der PKW-Fahrer der Fussgängerin zusätzliche Kosten). Nur aus Sicht Verkehrsteilnehmende sind diese Kosten relevant.
  - In KNA wurde dieser Effekt bisher in der Schweiz unseres Wissens noch nie mitberücksichtigt. Aus einer volkswirtschaftlichen Gesamtsicht sollten diese Effekte aber miteinbezogen werden (wie in Deutschland), denn es entstehen hier zusätzlichen Kosten, die sonst vernachlässigt würden.
  - Aus mehreren Gründen wird darauf verzichtet, die Trenneffekte in der KNA zu berücksichtigen: Schwierige Datenerhebung, kleiner Effekt, Übernahme von Daten aus dem Ausland nötig, deren Übertragbarkeit kritisch ist (Anzahl Überquerungen pro Tag, Zeitverlust beim Überqueren)).
- **G5 Externe Gesundheitsnutzen durch aktive Mobilität**: Durch körperliche Aktivität vermindert sich die Zahl der Spitalaufenthalte in der Bevölkerung und die Lebenserwartung nimmt zu. Berücksichtigt werden medizinische Heilungskosten, Wiederbesetzungskosten (Arbeitsplatz), Produktionsausfälle (da die Unfallopfer vorübergehend oder dauerhaft nicht als Arbeitskräfte eingesetzt werden können) und Versicherungsleistungen.
  - Es dürfen nur die externen Nutzen in die KNA integriert werden, denn die internen Nutzen werden bereits beim Entscheid berücksichtigt, wie der Weg zurückgelegt wird (zu Fuss, mit dem Fahrrad, Auto oder ÖV). Die Berücksichtigung der internen Nutzen würde deshalb zu einer Doppelzählung führen (vgl. Kapitel 20 unten).

5.3.2 Unfälle

- **G6 Unfälle**: Die Kosten, die durch Unfälle ausgelöst werden, umfassen Sachschäden, Polizeikosten, Rechtsfolgekosten, medizinische Heilungskosten, Wiederbesetzungskosten (Arbeitsplatz), Produktionsausfälle (da die Unfallopfer vorübergehend oder dauerhaft nicht als Arbeitskräfte eingesetzt werden können), immaterielle Kosten (Schmerz, Leid der Unfallopfer) sowie Administrativkosten von Versicherungen.
- **G7 Betriebsqualität, Betriebssicherheit**: Dieser Strassen-Indikator misst, wie das Projekt die Betriebsqualität für den Betreiber und die Betriebssicherheit für Blaulichtorganisationen und den kleinen Unterhalt verändert.
  - Geprüft wird beispielsweise, wie die Sicherheitsbedingungen für das Betriebspersonal bei kleineren Unterhaltsmassnahmen wie Reinigung, Winterdienst, Grünpflege, Werkreparaturen, Wartung und Unterhalt der technischen Einrichtungen zu beurteilen sind. Ebenso ist die Betriebsqualität bei Unfällen zu prüfen (Zugang für Blaulichtorganisation, Sicherheit für Betriebspersonal und Verkehrsteilnehmende).

5.3.3 Räumliche Auswirkungen

- **G8 Wohnlichkeit**: Attraktivität einer Ortschaft als Wohnstandort, welche primär durch Ruhe, Sicherheit, geringe Verkehrsmengen und geringe Trennwirkung des Verkehrs charakterisiert werden kann (hohe Aufenthaltsqualität).
- **G9 Räumliche Verteilungseffekte**: Beschreibung der räumlichen Verteilung der Nutzen und Kosten.
  - In den räumlichen Verteilungswirkungen wird das Ergebnis der räumlichen Teilbilanzen erläutert – sofern diese berechnet wurden. Falls nicht, kann hier qualitativ die räumliche Verteilung beschrieben werden.
  - Der Indikator kann somit auf der KNA beruhen, die Beurteilung der Verteilung (fair / unfair) erfolgt aber ausserhalb der KNA.
- **G10 Erreichbarkeit Siedlungsschwerpunkte**: Dieses Kriterium beschreibt, inwieweit ein Projekt zur Realisierung von verbindlich festgelegten Siedlungs- und Entwicklungsgebieten (Wohnen und Arbeiten) beiträgt. Im Vordergrund steht eine Verbesserung der Erreichbarkeit.

5.3.4 Planungsprozess

- **G11 Partizipation der Bevölkerung**: Beteiligung der Bevölkerung im Rahmen des Planungsprozesses. Eine ausreichende Partizipation ist nicht nur ein Anliegen der gesellschaftlichen Nachhaltigkeit, sondern auch ein Erfordernis zur Schaffung von Akzeptanz und damit zur möglichst raschen und reibungslosen Realisierung (ohne viele Einsprachen).
- **G12 Abstimmung mit der Siedlungsplanung**: Grad der Übereinstimmung des Verkehrsprojektes mit der bestehenden Siedlungsplanung (auch Kohärenz mit nationalen oder regionalen Verkehrskonzepten, Plans Sectoriels, Flächenwidmungs- und

Bebauungsplänen (Plan d'Aménagement Général PAG), Teilbebauungsplänen (Plan d'Aménagement Particulier PAP), etc.).

- **G13 Potential für Siedlungsentwicklung**: Der Indikator beurteilt die zukünftigen Entwicklungspotenziale als Folge möglicher Entlastungen der Siedlungsgebiete aufgrund des Projekts.
- **G14 Aufwärtskompatibilität**: Vereinbarkeit mit langfristigen Ausbauzielen.
  - Als Beispiel sei hierzu der Ausbau auf Doppelspur im Schienenverkehr erwähnt: Wird im Schienenverkehr eine Doppelspur gebaut und kurz darauf die Fahrplanlage der Züge so verändert, dass die Doppelspur am falschen Ort liegt (weil die Züge sich nicht mehr hier kreuzen), so war der Bau der Doppelspur nicht aufwärtskompatibel.

5.4 Indikatoren im Bereich Umwelt

5.4.1 Umweltbelastung im Betrieb

- **U1 Luftbelastung**: Die durch den Verkehr verursachte Luftbelastung führt zu Kosten an Gesundheit (Krankheits- und Todesfälle), Gebäuden (Renovations- und Reinigungskosten) und Vegetation (Ernteausfälle, Waldschäden, Bodenschäden, Biodiversitätsverluste). Zudem wird auch die Belastung aufgrund der Bauphase miteinbezogen (Bauemissionen).
  - Die Kosten fallen primär bei der Allgemeinheit an, werden aber z.B. bei Gesundheitsschäden über die Deckung der Spitaldefizite durch den Staat teilweise auf den Staat übertragen. Dies gilt auch für die lärmbelasteten Personen.
- **U2 Lärmbelastete Personen**: Verkehr führt zu Lärmemissionen. Dies führt einerseits dazu, dass belärmte Wohnungen entlang Verkehrswegen zu einem weniger hohen Preis vermietet werden müssen als vergleichbare Wohnungen an ruhiger Lage. Andererseits führt der Lärm zu Gesundheitsschäden (Bluthochdruck und ischämische Herzkrankheiten (mangelnde Versorgung mit Blut), Schlaganfälle).
- **U3 Lärmbelastete Erholungsgebiete**: Verkehrslärm wird auch in Schutz- und (Nah-) Erholungsgebieten als Belästigung wahrgenommen.
- **U4 Klimabelastung**: Die CO_2-Emissionen des Verkehrs tragen zum Treibhauseffekt bei. Aufgrund der Klimaerwärmung werden gravierende Folgen (Überschwemmungen, Wirbelstürme, Hitzeperioden etc.) befürchtet.
- **U5 Auswirkungen auf Gewässer**: Der Verkehr hat verschiedenartige negative Auswirkungen auf die Gewässer: Schäden aus Luftschadstoffen (Versauerung, Überdüngung, toxische Schadstoffe), Schäden durch chemische Hilfsmittel wie Streusalz oder Pflanzenschutzmittel, Verschmutzungen durch Unfälle oder Lecks, Aufwand für Reinigung von Regenwasser auf Verkehrsflächen.
  - Uns liegen keine verlässlichen Monetarisierungen dazu vor: Entweder liegen keine verlässlichen quantitativen Expositions-Wirkungs-Zusammenhänge vor oder die Schäden

werden als sehr gering eingestuft.[62] Ein Teil der schädlichen Auswirkungen ist auch bereits bei den Bodenschäden (bei der Luftbelastung) enthalten.

- **U6 Erschütterungen**: Erschütterungen durch vorbeifahrenden Schwerverkehr oder durch Züge kann zu Schäden an Gebäuden und zu Belästigungen (und Schlafstörungen) für die darin wohnenden / arbeitenden Personen führen.[63]
  - Einerseits sehen wir keine Möglichkeit für eine verlässliche Quantifizierung dieser Schäden, andererseits zeigen Grobschätzungen, dass diese Kosten sehr gering sein dürften. Erschütterungen sind in keiner uns bekannten KNA enthalten.[64]
- **U7 Risiken durch Energiebereitstellung**: Bei der Bereitstellung der Energie treten teilweise Risiken auf (Risiken beim Transport von Öl sowie Kernkraftrisiken).
  - Risiken beim Transport von Öl: In Europa wurde im Rahmen des Projektes NEEDS erstmals versucht, die externen Kosten durch Risiken beim Öltransport zu bestimmen. Hierbei wurde ermittelt, dass die Kosten pro Tonne importiertes Öl lediglich ca. 2.5 € betragen.[65] Die im Projekt NEEDS ermittelten externen Kosten der Risiken beim Öltransport sind also so gering, dass auf deren Quantifizierung unseres Erachtens problemlos verzichtet werden kann.
  - Kernkraftrisiken: Beim Kernkraftrisiko handelt es sich um ein sogenanntes Damokles-Risiko – ein Risiko mit sehr hohen Kosten aber sehr kleiner Wahrscheinlichkeit. Damokles-Risiken sind problematisch, da in der Bevölkerung eine Risikoaversion für solche Risiken besteht. Bei einem Kernkraftunfall kommt neben der schwierigen Bestimmung der Kosten aufgrund der Risikoaversion noch dazu, dass die Schätzungen des Schadens und der Eintretenswahrscheinlichkeit in verschiedenen Studien sehr uneinheitlich sind.[66] In Europa hat sich die Ansicht durchgesetzt, dass Kernkraftrisiken aufgrund der hohen Unsicherheiten und der unterschiedlichen Gewichtungen kaum in die Berechnung externen Kosten integriert werden können.[67]
- **U8 Externe Kosten Energie Infrastrukturbetrieb**: Der Energieverbrauch durch den Betrieb der Infrastruktur entsteht durch die Beleuchtung und durch den Tunnelbetrieb (Beleuchtung, Ventilation, Pumpen zur Wasserhaltung etc.). Bei der Produktion der elektrischen Energie kommt es zur Emission von Luftschadstoffen und Treibhausgasen.
  - Dieser Indikator wurde bisher in der Schweiz in der KNA berücksichtigt. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Effekte sehr klein sind, so dass der Indikator in Zukunft aus den Berechnungen gestrichen wird. Wir empfehlen, ihn auch in Luxemburg nicht in der KNA zu betrachten.

---

[62] Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010, S. 556-557.

[63] Infras (2006), Externe Kosten des Strassen- und Schienenverkehrs 2000, S. 102.

[64] Infras (2006), Externe Kosten des Strassen- und Schienenverkehrs 2000, S. 102-110.

[65] NEEDS (2007), Report on the economic evaluation of externalities due to extraction and transport of oil.

[66] Umweltbundesamt (2005), Ökonomische Bewertung von Umweltschäden, S. 27.

[67] Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010, S. 551-555.

- **U9 Vor- und nachgelagerte Prozesse Energie**: Schäden durch die Emission von Luftschadstoffen und Klimagasen bei Herstellung, Transport und Bereitstellung der Antriebsenergie (Benzin, Diesel, Strom).
- **U10 Vor- und nachgelagerte Prozesse Fahrzeug**: Schäden durch die Emission von Luftschadstoffen und Klimagasen bei Herstellung, Unterhalt und Entsorgung der Fahrzeuge.
  - Dieser Indikator verändert sich nur, wenn sich der Fahrzeugbestand verändert. Bei einem Angebotsausbau im ÖV ist dies oft der Fall (zusätzliche ÖV-Fahrzeuge), im Strassenverkehr hingegen dürfte das bei den wenigsten Projekten der Fall sein (vgl. W8 fixe Betriebskosten Fahrzeuge oben).

5.4.2 Umweltbelastung durch Infrastruktur

- **U11 Vor- und nachgelagerte Prozesse Infrastruktur**: Schäden durch die Emission von Luftschadstoffen und Klimagasen bei Herstellung, Unterhalt und Entsorgung der Infrastruktur.
- **U12 Bodenversiegelung**: Die Böden spielen als Nährstoff- und Wasserspeicher, als Puffer und Lebensraum eine zentrale Rolle im Naturhaushalt. Verkehrsflächen führen zu einer Versiegelung des Bodens, so dass sie diese Funktion nicht mehr erfüllen können.
- **U13 Zerschneidungseffekte**: Neue Verkehrswege durch bisher unversehrte Räume in ländlichen Gebieten führen zu einer Habitatsfragmentierung, welche die Qualität von Tierhabitaten massgeblich beeinträchtigen kann. Auch Belastungen durch Lärm und Licht (in der Nacht) können negative Auswirkungen auf die Fauna haben, die hier mitberücksichtigt werden können.
- **U14 Landschafts- und Ortsbild**: Verkehrsinfrastrukturen haben einen erheblichen Einfluss auf das Landschafts- und Ortsbild. Sie können die Ursprünglichkeit, die Einmaligkeit, die Ästhetik, die Vielfältigkeit, den Erholungswert, den kulturhistorischen und den touristischen Wert einer Landschaft oder eines Orts (oder einer Sehenswürdigkeit) vermindern.
  - Das Landschafts- und Ortsbild kann durchaus relevant sein für den Bauentscheid oder die Variantenwahl. Eine Monetarisierung ist jedoch äusserst schwierig, weil die Bewertung stark von den genauen örtlichen Gegebenheiten abhängt, denen ein irgendwie hergeleiteter Durchschnittswert kaum gerecht werden kann. Dieser Effekte muss ausserhalb der KNA berücksichtigt werden.[68]

5.4.3 Umweltbelastung in Bauphase

- **U15 Rundkiesverbrauch**: Die Gewinnung von Rundkies ist aus mehreren Gründen problematisch: Erstens handelt es sich dabei um eine nicht erneuerbare Ressource, mit welcher haushälterisch umzugehen ist. Zweitens können Verschmutzungen als Folge des Kiesabbaus die Qualität des Grundwassers ernstlich beeinträchtigen. Zwei weitere negative

[68] In der Schweiz wurde das Landschafts- und Ortsbild bisher in der KNA berücksichtigt. Die Quantifizierung hat sich jedoch nicht bewährt, so dass dieser Indikator aus der Schweizer KNA entfernt wird.

Folgen des Kiesabbaus betreffen die Lebensräume von Tieren (Artenschutz) sowie das Landschaftsbild, das durch offene Kiesgruben Schäden erleidet.

  – Dieser Indikator wurde früher in der Schweiz in NISTRA (Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte) in einer Nutzwertanalyse miteinbezogen. In der neuen Version von NISTRA (2018) wird dieser Indikator jedoch nicht mehr berücksichtigt.

- **U16 Umweltbelastung in Bauphase**: Mit diesem Indikator sollen die Umweltbelastungen während der Bauphase (Lärm- und Klimabelastung, Gewässer, Erschütterungen) sowie der Ressourcenverbrauch bewertet werden.
  – Die Luftbelastung in der Bauphase wird bereits im Indikator Luftbelastung berücksichtigt.
  – Wird der Indikator Rundkiesverbrauch berücksichtigt, darf hier der Ressourcenverbrauch nicht miteinbezogen werden, um Doppelzählungen zu vermieden. Wird auf den Rundkiesverbrauch verzichtet, sollte der Ressourcenverbrauch hier miteinbezogen werden.

Gewisse Indikatoren in allen Nachhaltigkeitsbereichen dürften nur selten relevant sein, so dass sie bei vielen Projektbewertungen auch nicht genauer analysiert werden müssen. Eine kurze Begründung, warum sie nicht relevant sind für das vorliegende Projekt, genügt. Je nach betrachtetem Projekt können dies sehr unterschiedliche Indikatoren sein. Bei den meisten Indikatoren gibt es Projekte, von denen sie nicht betroffen sind. So gibt es z.B. Indikatoren, die nur bei Strassen- oder nur bei ÖV-Projekten relevant sind (vgl. dazu die grauen Balken in Abbildung 5-1 und Abbildung 5-2).

5.5 Effekte während der Bauphase

Im Normalfall sind die Effekte in der Betriebsphase deutlich grösser als die Effekte in der Bauphase. Insbesondere bei längeren Bauphasen oder wenn während dem Bau grössere Behinderungen auftreten, können Effekte in der Bauphase aber durchaus auch von Relevanz sein.

So bedingt der Bau einer neuen Infrastruktur manchmal die vorübergehende Schliessung (eines Teils) der bestehenden Infrastruktur. Dies kann zu Umwegverkehr (Umleitungen) und zu Zeitverlusten (wegen Umleitungen oder geringeren Geschwindigkeiten und Wartezeiten an Rotlichtern) führen. Meist ist die Bauphase aber relativ kurz (zumindest derjenige Teil der Bauphase, der zu Behinderungen führt). Deshalb wird nur sehr selten ein Verkehrsmodell für die Abschätzung dieser Effekte verwendet (in Luxemburg gebe es gemäss MDDI ein Beispiel dafür). Wenn die Effekte der Bauphase berücksichtigt werden, dann oft mit vereinfachten Methoden:

- Von Fahrzeugkilometern abhängige Effekte: Die Dauer der Umleitung wird multipliziert mit der Verkehrsmenge pro Tag und der Verlängerung der Strecke pro Fahrzeug. Die so ermittelte Veränderung der Fahrzeugkilometer (oder Zugkilometer) wird dann mit den entsprechenden Kostensätzen für die verschiedenen Effekte verbunden. So werden die Auswirkungen auf folgende Indikatoren miteinbezogen:
  – W7 Variable Betriebskosten Fahrzeuge
  – U1 Luftbelastung

  - U2 Lärmbelastete Personen
  - U4 Klimabelastung
- Reisezeiten: Die Dauer der Behinderung wird multipliziert mit der Verkehrsmenge pro Tag auf der betroffenen Strasse (Schiene), dem erwarteten durchschnittlichen Zeitverlust pro Fahrzeug (Zug) und dem durchschnittlichen Besetzungsgrad (Anzahl Personen pro Fahrzeug (Zug)). Bei der Berechnung des durchschnittlichen Zeitverlusts kann es wichtig sein, zwischen Haupt- und Nebenverkehrszeiten zu unterschieden. Die Zeitverluste werden dann mit dem Zeitkostensatz monetarisiert. Dies wird bei folgenden Indikatoren miteinbezogen:
  - W7 Variable Betriebskosten Fahrzeuge
  - W10a Fahrzeiten

In der Praxis werden die Effekte während der Bauphase in der KNA jedoch meist ganz vernachlässigt bzw. nur qualitativ (ausserhalb der KNA) berücksichtigt. Trotzdem werden die verkehrlichen Effekte während der Bauphase im MOBIMPACT-Tool abgebildet, da zum Beispiel das Tramprojekte in Luxemburg zu grossen Behinderungen im Strassenverkehr geführt hat.

Zudem sind auch die Indikatoren U12 Bodenversiegelung und U13 Zerschneidung in der Bauphase relevant, weil diese Effekte nicht erst mit der Eröffnung des Projektes beginnen, sondern vielmehr mit dem Baubeginn starten. Selbstverständlich beziehen sich auch die Indikatoren W1 Baukosten und W3 Landkosten auf die Bauphase.

Teil II: Herleitung der Kostensätze und Kosten in Luxemburg

Nachdem in Teil I des Berichtes die grundlegende Methodik der KNA und der Transportrechnung erläutert wurde, werden nun im vorliegenden Teil II die benötigten Kostensätze für alle Indikatoren der KNA hergeleitet. Auf dieser Grundlage werden zudem für alle relevanten Effekte die Gesamtkosten für das Jahr 2016 in Luxemburg bestimmt. Die Gesamtkosten pro Indikator stellen den zentralen Input in die Luxemburger Transportrechnung dar. An einigen Stellen sind für die Transportrechnung zusätzliche Abklärungen nötig, welche für die KNA alleine nicht erforderlich wären (z.B. Baukosten und Landkosten).

Teil II des Berichtes ist wie folgt gegliedert: In Kapitel 6 wird der generelle Ansatz zur Herleitung der Unfall- und Umweltkosten dargestellt. In Kapitel 7 werden einige wichtige Datengrundlagen eingeführt, die bei mehreren Indikatoren für die Berechnung verwendet werden. Danach folgen in den Kapiteln 8 bis 26 die Berechnungen für die einzelnen Indikatoren – in der Reihenfolge des KNA-Indikatorensystems. In all diesen Kapitel wird jeweils zuerst der Berechnungsgegenstand erläutert (Kapitel X.1 für X = 8 bis 26), dann die grundlegende Methodik zu dessen Quantifizierung erklärt (Kapitel X.2) und die verwendeten Datengrundlagen beschrieben (Kapitel X.3).[69] Anschliessend werden in Kapitel X.4 die Ergebnisse für die KNA und die Transportrechnung präsentiert – differenziert nach den in Kapitel 2.1 definierten Fahrzeugkategorien (und Antriebsarten). Abschliessend wird in Kapitel 27 noch die Finanzierung des Verkehrs in Luxemburg analysiert: Die Finanzierung wird für die Verteilung der direkten Kosten auf die finale Kostenträger in der Transportrechnung benötigt.

Grenzgänger sind in Luxemburg von grosser Bedeutung. Deshalb wird ergänzend in Anhang E erläutert, wie bei den einzelnen Indikatoren mit den Verkehrskosten der Grenzgänger umgegangen wird.

6 Genereller Ansatz zur Berechnung der Unfall- und Umweltkosten[70]

Im Folgenden wird der grundlegende Ansatz dargelegt, der zur Bestimmung der Effekte im Umwelt- und Unfallbereich verwendet wird.[71] Die Abbildung 6-1 zeigt im Überblick das Vorgehen in vier Arbeitsschritten. Dieses generelle Vorgehenskonzept wird in den folgenden Kapiteln auf die spezifischen Verhältnisse in den einzelnen Kostenbereichen adaptiert.

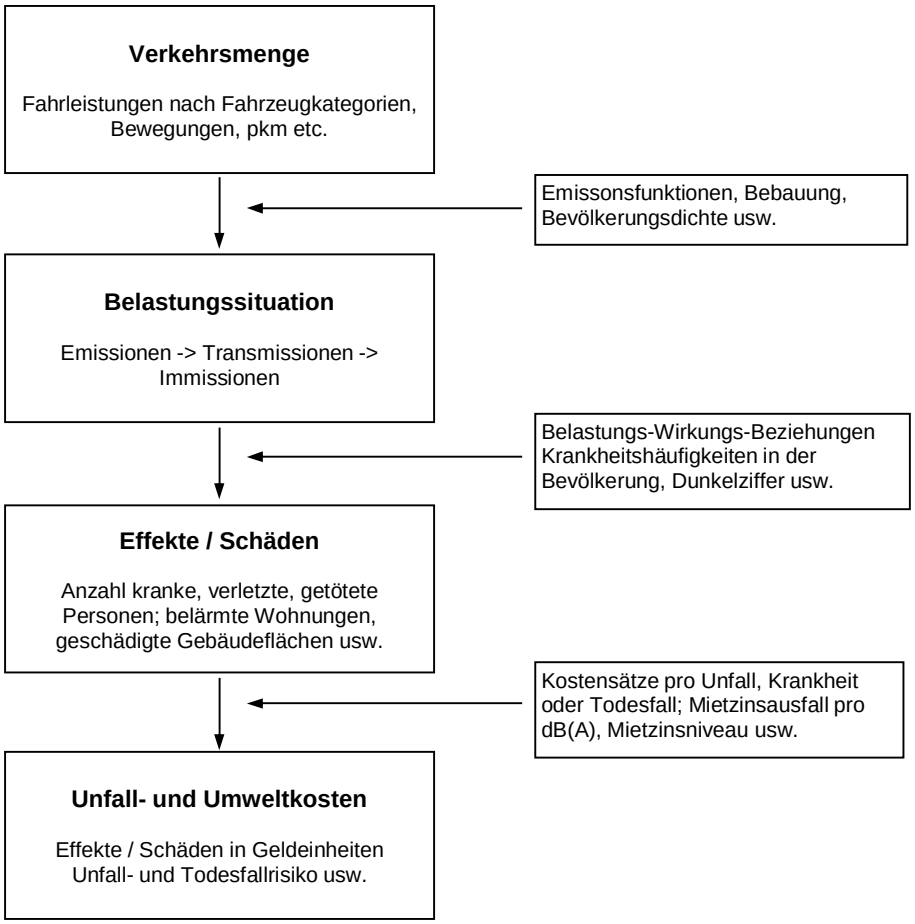
- Ausgangslage bildet die Verkehrsmenge bzw. die Fahrleistungen im Strassen- und Schienenverkehr sowie die Personenkilometer in der aktiven Mobilität etc.

[69] Ebenso wird in diesen Kapiteln aufgezeigt, welche Annahmen den Berechnungen zugrunde liegen und in welchen Bereichen – mangels entsprechender Daten in Luxemburg – auf ausländische Datenquellen zurückgegriffen werden musste.

[70] Dieses Kapitel basiert auf Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010, S. 99-101.

[71] Natürlich wird es nebst den Unfall- und Umweltindikatoren verschiedene Bereiche geben, für deren Kostenermittlung nicht auf diese detaillierte Methodik zurückgegriffen wird. Dies wird insbesondere bei den Baukosten, Reisezeitgewinne, Betriebskosten etc. der Fall sein.

Abbildung 6-1: Allgemeine Systematik zur Berechnung von Unfall- und Umweltkosten



- Daraus wird die Belastungssituation abgeschätzt. Je nach Kostenbereich sind für diese Schätzungen Emissionsfunktionen, Windverhältnisse, Bevölkerungsdichte, Bebauung, Lärmschutzwände, Aufteilungen nach Verletzungsschwere 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, Überlebenswahrscheinlichkeiten und weitere Grundlagen verwendet.
- Im abschliessenden Berechnungsschritt werden die Schäden in Geldeinheiten quantifiziert. Dazu werden je nach Kostenbereich spezifische Kostensätze pro Unfall, Verletzten, Getöteten, Krankheitsfall, verlorenes Lebensjahr oder die Reduktion der Wohnugnspreise ermittelt und mit den ermittelten Schäden verknüpft. Die Wahl der Bewertungsmethode für die Herleitung der Kostensätze wird im folgenden Exkurs erläutert.

Exkurs: Wahl der Bewertungsmethode für die Ermittlung der externen Kosten[72]

Es gibt verschiedene Methoden, um die Folgekosten einer Aktivität (hier die externen Kosten des Verkehrs) zu bewerten. In erster Priorität hat die Bewertung anhand von Marktpreisen zu erfolgen, da diese die Knappheit der verbrauchten Ressourcen bzw. die Wertschätzung der Gesellschaft für ein bestimmtes Gut (z.B. Ruhe, saubere Luft oder unverschmutztes Trinkwasser) am besten reflektieren. Liegen keine direkt beobachtbaren Marktpreise vor – was insbesondere bei Umweltqualitäten oft der Fall ist – sind folgende Bewertungsmethoden möglich (vgl. Abbildung 6-2):

- **Schadenskosten-Ansatz**: Bei diesem Ansatz wird versucht, den entstehenden Schaden (z.B. durch Luftverschmutzung, Lärm oder Unfälle) abzuschätzen. Beim Schadenskosten-Ansatz gibt es zwei Untervarianten:
  - **Zahlungsbereitschaftsansatz**: In direkten Umfragen wird mittels Fragebogen die Zahlungsbereitschaft (willingness to pay WTP) der Leute (z.B. für eine Reduktion des Unfallrisikos oder einen Zeitgewinn) erfragt. Es handelt sich dabei meist um sogenannte stated preference Ergebnisse: Die Bewertung beruht auf Aussagen der Befragten, die ihre Präferenzen in einer hypothetischen Situation während einem Interview angeben.
  - **Hedonic Pricing**: Im Gegensatz dazu beruht die Hedonic Pricing Methode im Grundsatz auch auf Marktpreisen. Aus den direkt beobachtbaren Marktpreisen eines Gutes (z.B. Mietpreis) und seinen verschiedenen Eigenschaften (z.B. Lage, Grösse, Lärmbelastung etc.) wird mittels statistischer Verfahren der Preis für die einzelnen Eigenschaften geschätzt. So wird z.B. der Wert der Ruhe (bzw. des Lärms) aus dem Vergleich der Mietpreise einer ruhigen und einer belärmten Wohnung ermittelt. Im Wohnungsmarkt offenbaren also die Konsumenten ihre Präferenzen für Ruhe (revealed preference).

  Der Schadenskosten-Ansatz beruht somit entweder auf (indirekt beobachtbaren) Marktpreisen (Hedonic Pricing) oder auf hypothetischen Fragestellungen (Zahlungsbereitschaft). Da auch die indirekt beobachtbaren Marktpreise letztlich auf tatsächlichen Entscheidungen basieren, ist ihnen prinzipiell mehr Vertrauen zu schenken als erfragten Zahlungsbereitschaften.

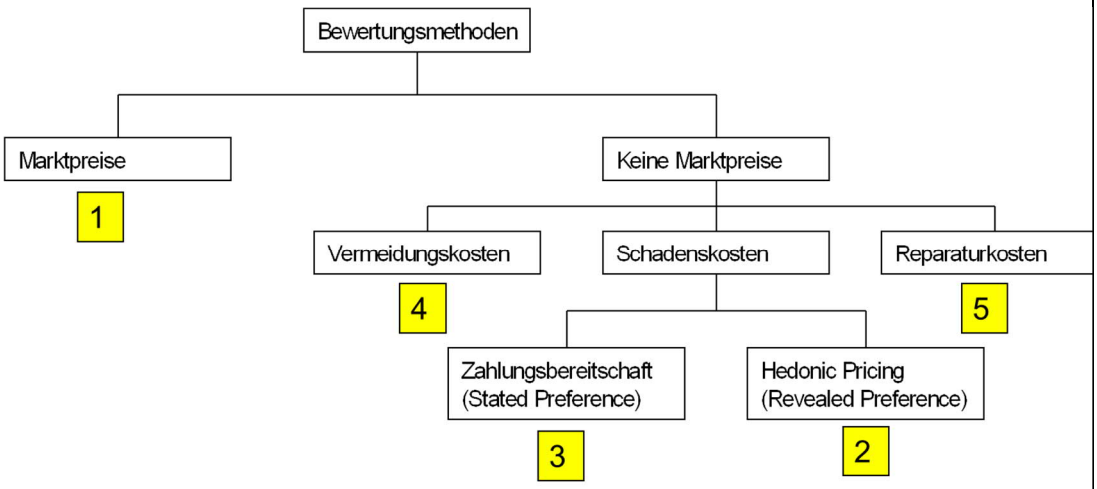
- **Vermeidungskosten-Ansatz**: Bei diesem Ansatz werden die Kosten von Massnahmen verwendet, welche die Entstehung von Schäden verhindern. Es werden also nicht wie beim Schadenskosten-Ansatz die Kosten des Schadens ermittelt, sondern es wird untersucht, wie teuer es ist, den Schaden zu vermeiden. Bei den Vermeidungskosten besteht kein direkter Zusammenhang zwischen den ermittelten Kosten und dem Schaden – es ist sowohl eine Überschätzung als auch eine Unterschätzung des Schadens möglich. Deshalb werden meist die Vermeidungskosten für ein politisch akzeptiertes Ziel

[72] Dieser Exkurs beruht auf der SN 641 820, Ziffer 49 bzw. Ecoplan und metron (2005), Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, S. 116-120.

berechnet (z.B. 2-Grad-Ziel für Treibhausgase). Dieses Ziel ist implizit mit einer gesellschaftlichen Bewertung des Schadens verbunden.

- **Reparaturkosten- oder Ersatzkosten-Ansatz**: In einem dritten Ansatz werden die Kosten von Massnahmen ermittelt, die den entstandenen Schaden reparieren oder das beschädigte Gut ersetzen. So kann z.B. das durch eine neue Strasse verlorene Land (wie beispielsweise ein Moor) mit den Kosten bewertet werden, die entstehen, wenn das verlorene Moor andernorts ersetzt wird. Die Reparatur- oder Ersatzkosten sind allerdings ein vergleichsweise schlechtes Mass für den Schaden bzw. Wohlfahrtsverlust, da sie keinen direkten Zusammenhang mit dem Schaden haben und oft die Reparatur bzw. der Ersatz nicht perfekt ist. Es ist sowohl eine Unter- als auch eine Überschätzung des Schadens möglich.

Abbildung 6-2: Übersicht über verschiedene Bewertungsmethoden



Basierend auf diesen Erläuterungen wird für die Bewertung der externen Effekte von folgender Prioritätensetzung ausgegangen (vgl. Abbildung 6-2):

- Liegen Marktpreise vor, sind diese zu benutzen
- Ohne Marktpreise ist wenn möglich der Schadenskosten-Ansatz zu verwenden. Existieren Zahlen aus dem Hedonic Pricing Ansatz, sind diese zu verwenden, ansonsten kommt der Zahlungsbereitschafts-Ansatz zur Anwendung.
- Liegen auch keine (zuverlässigen) Schadenskostenschätzungen vor, kann der Vermeidungskostenansatz (oder gar der Reparatur- oder Ersatzkosten-Ansatz) zum Einsatz kommen.

Die gänzliche Vernachlässigung von Effekten, für die kein (zuverlässiges) Resultat aus einer Zahlungsbereitschaftsstudie vorliegt, ist kein empfehlenswertes Vorgehen. In diesem Fall ist es besser, Resultate aus dem Vermeidungs-, Reparatur- oder Ersatzkosten-Ansatz zu verwenden, als auf eine Bewertung vollständig zu verzichten.

7 Wichtige Datengrundlagen

Dieses Kapitel enthält verschiedene, zentrale Datengrundlagen, die in mehreren Kosten- bzw. Nutzenbereichen in die Berechnung der spezifischen Kostensätze bzw. Kosten einfliessen.

7.1 Verkehrsleistungen

7.1.1 Strassenverkehr

Grundlage für die Verkehrsleistung des Strassenverkehrs bilden die Studien zum Kraftstoffexport und zur Emission klimarelevanter Gase und Luftschadstoffe des Verkehrssektors in Luxemburg, die komobile gemeinsam mit der Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik (FVT) der TU Graz seit 2009 für Luxemburg durchführt. In den Studien wird die Inlandsfahrleistung aus den Streckenbelastungen im Verkehrsmodell, der Flottenzusammensetzung, dem Treibstoffverbrauch im Inland sowie dem Kraftstoffverkauf im Inland abgeleitet. Dabei wird der Kraftstoffexport im Tank, d.h. in Luxemburg verkaufter Treibstoff, der ausserhalb von Luxemburg verbraucht wird herausgerechnet, was v.a. für die Berechnung der Emissionen relevant ist. Die Studien bilden auch die Grundlage für das Reporting von Luxemburg im Rahmen der National Emission Ceilings Directive (NECD 2016/2284/EU) der EU[73].

Der Fuhrpark und die Verteilung der Fahrleistung auf die einzelnen Fahrzeugkategorien wurden zuletzt im Frühjahr 2017 aktualisiert[74], ebenso die Prognose für das „Business-as-usual (BAU)“-Szenario bis 2050[75]. Die Fahrleistung sowie die Zusammensetzung des Fuhrparks für die KNA wurde den Rohdaten dieser beiden Studien entnommen.

a) Fahrzeugkilometer für den motorisierten Strassenverkehr

Die Fahrzeugkilometer des motorisierten Strassenverkehrs stammen aus den Rohdaten der oben genannten Studien und wurden von komobile nach den Kategorien der KNA zusammengefasst. Die folgende Abbildung zeigt die Ergebnisse.

Elektrische Linienbusse waren zum Zeitpunkt der letzten Aktualisierung der Fahrleistung und des Fuhrparks noch kein Thema, daher ist keine Fahrleistung hinterlegt – gleiches gilt für Trams. Um allerdings auf zukünftige Entwicklungen reagieren zu können, ist hier bereits vorausschauend eine Spalte vorgesehen, in die bei einer Aktualisierung des KNA Tools die entsprechenden Werte eingepflegt werden können.

---

[73] Eionet Central Data Repository – National Emission Ceilings Directive (NECD 2016/2284/EU) http://cdr.eionet.europa.eu/lu/eu/nec_revised (last visited: 12.02.2018).

[74] komobile, FVT (2017), Aktualisierung der Zeitreihen zum Kraftstoffexport und der Emissionen von klimarelevanten Gasen und Luftschadstoffen des Verkehrssektors in Luxemburg von 1990 – 2015.

[75] komobile, FVT (2017), BAU2017: Aktualisierung des BAU Szenarios 2016 und Überarbeitung der Flottenzusammensetzung (AP2).

Abbildung 7-1: Fahrzeugkilometer, Personenkilometer und Tonnenkilometer im Strassenverkehr

	Personenverkehr															Güterverkehr					Gesamt-total
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität			Öffentlicher Personenverkehr									
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss	Linienbus		Tram		Leichte Nutzfahrzeuge				SNF	
Antrisbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel	
Mio. Fahrzeugkm 2016	1'527.7	5'330.7	4.4	42.3	6'905.1	6.0	55.3	30.3	6.7	54.7	305.0	82.3	-	82.3	-	12.7	756.9	0.3	769.9	346.0	8'561.5
Mio. Personenkm 2016	2'370.3	8'270.6	6.8	65.6	10'713.3	111.5	60.8	33.3	6.7	54.7	305.0	720.5	-	720.5	-						12'005.9
Mio. Tonnenkm 2016																3.8	227.1	0.1	231.0	3'494.9	3'725.9

b) Personenkilometer im motorisierten Strassenverkehr

Für die Umrechnung in Personenkilometer ist noch der Besetzungsgrad erforderlich. Für den motorisierten Individualverkehr wurde dieser im Rahmen der Mobilitätserhebung Luxemburg erfasst. Basierend auf diesen Daten[76] wurden die Personenkilometer für PKW berechnet.

PKM MIV Strasse: PKW = Fzkm x Besetzungsgrad LU

Besetzungsgrad MIV LU = 1.5515

Für Mofas und Motorrädern wurde von komobile ein durchschnittlicher Besetzungsgrad von 1.1 Personen angenommen.

Da zu dem Besetzungsgrad für Reisebusse keine Daten aus Luxemburg vorliegen, wurde ein Durchschnittswert aus Studien aus Österreich (18.79)[77], Deutschland (14.6)[78] und der Schweiz (22)[79] gewählt, was 18.5 Fahrgäste pro Reisebus ergibt.

Für Linienbusse haben wir Rohdaten von RGTR und TICE erhalten, von AVL leider nicht. Daher wurden für die Personenkilometer der öffentlichen Linienbusse die Werte aus der Mobilitätserhebung übernommen, die uns vom MDDI zur Verfügung gestellt wurden. Diese betragen *720.516.631 pkm.* Umgerechnet über die Fahrzeugkilometer ergibt sich so ein Besetzungsgrad von 8.755 Personen.

c) Tonnenkilometer im motorisierten Strassenverkehr

Für Luxemburg liegen keine aktuellen Daten für den Auslastungsgrad von leichten bzw. schweren Nutzfahrzeugen (LNF bzw. SNF) vor. Daher wurden die Annahmen aus den Studien von komobile und FVT fortgeführt:

TKM = Fzkm x Auslastungsgrad (t/Fzg)

Studien komobile/FVT: 10.1 t/Fzg SNF (Durchschnitt SNF >=3.5t – 40t),
0.3 t/Fzg LNF[77]

---

[76] Vom MDDI per Mail übermittelt.

[77] Umweltbundesamt AT (2016), Emissionskennzahlen bezogen auf Besetzungs-/Auslastungsgrad.

[78] Umweltbundesamt DE (2014), Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung. Anhang B der „Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten".

[79] KCW Gmbh und Hochschule Luzern (2017): Studie zum internationalen Personenverkehr (Bahn/Bus).

d) Verkehrsleistung im Fuss- und Fahrradverkehr

Die Daten zur Verkehrsleistung im Fuss- und Fahrradverkehr stammen aus der Mobilitätserhebung Luxemburg und wurden uns vom MDDI übermittelt. Die folgende Abbildung zeigt die Ergebnisse für Fahrräder und Pedelec25.

Abbildung 7-2: Datengrundlagen für die Verkehrsleistungen der Fahrräder und Pedelec 25

	Durchschnittliche Kilometeranzahl pro Weg	Wege pro Tag
Pedelec 25	4.748	3‘866
Fahrrad	5.953	25‘183

Bei den Fusswegen zeigte eine Plausibilitätsprüfung, in der die Mobilitätsdaten aus Luxemburg mit den Zahlen anderer Länder verglichen wurden, ein unplausibles Verhältnis Fusswege zu Bevölkerung. In Mobilitätserhebungen aus Österreich[80], Deutschland[81] und der Schweiz[82] beträgt dieses Verhältnis im Mittel 65%, für Luxemburg unter Verwendung der Zahlen aus der Mobilitätserhebung Luxemburg sowie der Einwohnerzahl Luxemburgs für 2016 laut STATEC[83] hingegen nur 38%, was eindeutig zu gering ist. Aus diesem Grund wurde für die Ermittlung der Verkehrsleistung im Fussverkehr ein alternativer, zweigeteilter, Ansatz verfolgt:

Teil 1 – Reine Fusswege

Für Luxemburg wurde angenommen, dass – bezogen auf die Luxemburger Bevölkerung – das Verhältnis Fusswege zur Bevölkerung ähnlich wie in Deutschland, Österreich und der Schweiz ist. Wird dieses Verhältnis (65%) übernommen, ergeben sich für die Bevölkerung Luxemburgs durchschnittlich 379‘248 Fusswege pro Tag.

Weiters wurde angenommen, dass jeder Grenzpendler im Durchschnitt einen Fussweg pro Tag hat (da Grenzpendler einen hohen Anteil an der Tagesbevölkerung haben, beanspruchen sie natürlich auch Fussinfrastrukturen). Dabei wurde weiters angenommen, dass die Grenzpendler hauptsächlich an Werktagen in Luxemburg unterwegs sind. Bei 177‘200[84]

[80] Tomschy et al. (2016), Österreich unterwegs 2013/2014. Ergebnisbericht zur österreichweiten Mobilitätserhebung „Österreich unterwegs 2013/2014“.

[81] Weiß et al. (2016), Deutsches Mobilitätspanel (MOP) – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen Bericht 2015/2016: Alltagsmobilität und Fahrleistung und omniphon (2012), Mobilitätsverhalten 2012 - Stadt Karlsruhe. Im Auftrag der Stadt Karlsruhe und des Nachbarschaftsverbandes Karlsruhe.

[82] Bundesamt für Statistik / Bundesamt für Raumentwicklung (2017), Verkehrsverhalten der Bevölkerung. Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015, Neuchâtel und Bern.

[83] Die STATEC gibt die Einwohnerzahl immer für den ersten Jänner des jeweiligen Jahres an (STATEC (2017): Population par sexe et par nationalité au 1er janvier (b1101)). In der vorliegenden Studie wurde für die Einwohnerzahl von 2016 daher der Mittelwert aus der Einwohnerzahl vom 1.Jänner 2016 (576.200) und dem 1. Jänner 2017 (590.700) verwendet, d.h. 583.458 Einwohner.

[84] STATEC (2017), Travailleurs frontaliers occupés au Luxembourg selon la résidence et la nationalité (en 1 000 personnes) 1974 – 2016 (b3107).

Grenzpendlern im Jahr 2016 ergibt dies 177‘200 Fusswege pro Werktag bzw.126‘571 Fusswege pro Tag[85].

Für die Umrechnung auf Personenkilometer wurde anschliessend die Anzahl Wege mit der Durchschnittsdistanz von Fusswegen in Luxemburg multipliziert. Diese Durchschnittsdistanz wurde bestimmt, indem die Anzahl reiner Fusswege pro Altersgruppe mit der durchschnittlichen Wegelänge je Altersgruppe laut Mobilitätserhebung Luxemburg multipliziert und gemittelt wurde.

Teil 2 – Fusswegetappen

Die Berechnung der Verkehrsleistung aus reinen Fusswegen wurde ergänzt um eine weitere Berechnung für Fussweg-Etappen, da auch für jede Fussweg-Etappe entsprechende Infrastruktur benötigt wird. Aus der Mobilitätserhebung Luxemburg sind die Anzahl der kombinierten Wege pro Tag bekannt, die Fusswege enthalten, sowie die Anzahl der täglichen Wege, die mit dem ÖV zurückgelegt werden. Für die Berechnung der Fusswege-Etappen wurde angenommen, dass zusätzlich zu den kombinierten Wegen mit Fussweg-Etappen bei jedem ÖV Weg zwei Fussweg-Etappen (An- und Abgang zur / von der Haltestelle) anfallen:

- Kombinierte Wege mit Fussweg-Etappen (pro Tag) 135‘903
- Fussweg Etappen bei ÖV Wegen (pro Tag) 450‘097
- Fussweg-Etappen gesamt (pro Tag) 586‘000

Für die Fussweg-Etappen wurde eine kürzere durchschnittliche Wegelänge von 300m angenommen, die einem Standardeinzugsgebiet für ÖV Haltestellen entspricht.

Die jährliche Verkehrsleistung im Fuss- und Radverkehr wurde anhand dieser Daten hochgerechnet und beträgt 304.97 Mio. Personenkilometer (pkm) für den Fussverkehr, 54.7 Fzkm (pkm) für den Radverkehr und 6.7 Fzkm (pkm) für Pedelecs.

e) Anzahl Fahrräder und Pedelecs 25

Die Anzahl der Fahrräder wurde aus der Mobilitätserhebung Luxemburg übernommen, wonach es in den Haushalten in Luxemburg 515’900 Fahrräder gibt.[86] Unter der Annahme, dass 70 % der Fahrräder in Gebrauch sind, wurde ein aktiver Fahrzeugbestand von 361’130 Fahrrädern in Luxemburg errechnet, der in dieser Studie verwendet wird. Die Werte aus der Mobilitätserhebung liegen ca. 20% über den Werten, die 2017 im Rahmen der Studie „Enquête mobilité douce“ – durchgeführt von TNS – ermittelt wurde, wonach es in Luxemburg 428‘269 Fahrräder gibt.[87] Da für die Mobilitätserhebung Luxemburg eine höhere Anzahl an Personen befragt

[85] Umrechnung über das Verhältnis Werktage/Wochentage (5/7).

[86] Angaben des MDDI (Mail vom 12.01.2018).

[87] TNS (2018), Enquête mobilité douce 2017.

wurde, werden für die Kosten-Nutzen-Analyse die Zahlen aus der Mobilitätserhebung Luxemburg verwendet.

Für die Anzahl der Pedelecs gibt es keine belastbaren Zahlen. Laut SNCA (Prüf- und Zulassungsstelle) wurden Pedelecs 25 – gemeinsam mit Elektrofahrrädern – bis zum 31.1.2016 in die Datenbank aufgenommen, aber nicht als Strassenfahrzeug registriert und hatten daher keine eigene Kategorie. Seit 1.2.2016 werden Pedelecs 25 und Elektrofahrräder nun gar nicht mehr registriert. Damit sind aus der Datenbank der SNCA leider keine Daten zu Pedelecs 25 abrufbar. Auch sonst gibt es wenig belastbare Daten zur Zahl der Pedelecs in Luxemburg: Laut der Verkaufsstatistik der «Confederation of the European Bicycle Industry»[88], wurden 2016 3'000 Pedelecs in Luxemburg verkauft, laut „Enquête mobilité douce 2017" sind 4.6% der Fahrräder Pedelecs bzw. Elektrofahrräder (allerdings muss hier die sehr geringe Stichprobenanzahl berücksichtigt werden)[89] – mehr Daten sind nicht verfügbar. Aufgrund dieser mageren Datenbasis wurde vom MDDI die Anzahl von Pedelecs auf 25'000 Stück geschätzt.

f) Erwartetes künftiges Verkehrswachstum

Im Rahmen der KNA werden Annahmen zum künftigen Verkehrswachstum benötigt. Die Abschätzung des Verkehrswachstums ist für Luxemburg eine schwierige Übung, da dieses mit dem Wirtschafts- sowie mit dem Bevölkerungswachstum verknüpft ist (siehe Kapitel 7.3).

In der letzten Studie zu Kraftstoffexport und Emissionen von klimarelevanten Gasen und Luftschadstoffen des Verkehrssektors in Luxemburg, die von komobile und der FVT im Auftrag von der Administration de l'Environnement erstellt wurde, wurde von einem abflachenden Zuwachs der Inlandsfahrleistung ausgegangen (von 1.7% zwischen 2016 und 2017 auf 0.7% in der Periode 2049 auf 2050, was einem Mittelwert von ~1% entspricht)[90].

Darauf aufbauend wurden die Emissionen von klimarelevanten Gasen und Luftschadstoffen aus dem Verkehrssektor berechnet. Angesichts der aktualisierten Prognosen zur Entwicklung der Bevölkerung und der Arbeitsplätze (siehe Kapitel 7.3), muss aber auch das Verkehrswachstum angepasst werden und höher angesetzt werden, als es in der vorangegangenen Prognose der Fall war. Dabei sind folgende Einschränkungen zu berücksichtigen:

Exkurs: Anpassung des Verkehrswachstums an das Bevölkerungswachstum und Auswirkung auf die Emissionsfaktoren

Das Verkehrswachstum in der oben erwähnten Studie zu Kraftstoffexport und Emissionen des Verkehrssektors in Luxemburg[90] wurde basierend auf der damaligen Bevölkerungs- und

[88] CONEBI (2017), European Bicycle Market 2017 Edition.

[89] TNS (2018): Enquête mobilité douce 2017.

[90] komobile, FVT (2014), BAU-Prognose zum Kraftstoffexport und der zugehörigen Emissionen von klimarelevanten Gasen und Luftschadstoffen des Verkehrssektors in Luxemburg von 2015 - 2030 und Ausblick bis 2050, *und* komobile, FVT (2017), BAU2017: Aktualisierung des BAU Szenarios 2016 und Überarbeitung der Flottenzusammensetzung.

Arbeitsplatzentwicklungsprognose berechnet. Dem Verkehrswachstum liegen dabei auch spezifische Annahmen bezüglich der zukünftigen Entwicklung der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte (Alter, Euroklasse, etc.) in Luxemburg zugrunde. Wird nun von einem stärkeren Verkehrswachstum ausgegangen, muss gleichzeitig berücksichtigt werden, dass sich dadurch auch die Zusammensetzung der Flotte ändert. Vor allem der Anteil an neuen Fahrzeugen wird höher sein, als in der vorangegangenen Prognose. Bei einem stärkeren Verkehrswachstum mit veränderter Flottenzusammensetzung ändern sich selbstverständlich auch die Emissionsfaktoren (die ja einen Mischwert aus der Flotte darstellen). Dies wird besonders für die Jahre zwischen 2018 und etwa 2040 schlagend, da hier die meisten Änderungen in der Flottenzusammensetzung zu erwarten sind und sich die Emissionsfaktoren am stärksten verändern werden.

Da im Rahmen des vorliegenden Projektes keine Aktualisierung der Emissionsdaten möglich war, werden die vorhandenen Emissionsfaktoren – trotz dieser Einschränkungen – für den gesamten Zeitraum 2016 – 2050 übernommen. Auf eine Anpassung muss verzichtet werden.

Sobald neue Emissionsfaktoren vorliegen, welche die starken Veränderungen im Bevölkerungs- und Verkehrswachstum in Luxemburg berücksichtigen, sollten diese in das KNA-Tool eingepflegt werden.

Für die vorliegende KNA-Methodik wurde das Verkehrswachstum an die aktualisierten Prognosen zur Entwicklung der Bevölkerung und der Arbeitsplätze angepasst. Dabei wurde das Verhältnis von Bevölkerungswachstum zu Verkehrswachstum[91] aus der letzten Studie zu Kraftstoffexport und Emissionen des Verkehrssektors in Luxemburg beibehalten und auf die aktuelle Prognose zum Bevölkerungswachstum übertragen. Das Verkehrswachstum im motorisierten Individualverkehr sowie im Güterverkehr bezieht sich dabei auf Fzkm, im öffentlichen Verkehr auf Pkm, da hier im Rahmen der KNA von einem konstanten Angebot – bei steigender Nachfrage – ausgegangen wird.[92]

Für die aktive Mobilität ist in der erwähnten Studie[91] kein Verkehrswachstum hinterlegt. Für die aktive Mobilität wird angenommen, dass sie sich analog zum Bevölkerungswachstum entwickelt (1.6%).

Als Sensitivität für das Verkehrswachstum werden die Wachstumsraten aller Fahrzeugkategorien um +/- 50% verändert.

Für PKW und LNF wird das Verkehrswachstum zuerst gesamt hochgerechnet und dann anhand der hinterlegten Wachstumsfunktionen auf die verschiedenen Antriebsarten umgelegt.

[91] komobile, FVT (2014), BAU-Prognose zum Kraftstoffexport und der zugehörigen Emissionen von klimarelevanten Gasen und Luftschadstoffen des Verkehrssektors in Luxemburg von 2015 - 2030 und Ausblick bis 2050, *und* komobile, FVT (2017), BAU2017: Aktualisierung des BAU Szenarios 2016 und Überarbeitung der Flottenzusammensetzung.

[92] Die Auslastung der ÖV-Fahrzeuge wird im Rahmen des Indikators W22 «Auslastung ÖV-Fahrzeuge» in die Bewertung miteinbezogen.

Dies ist notwendig, da die hinterlegten Wachstumsfunktionen nicht linear sind, was besonders bei Elektro- und Hybridfahrzeugen sehr stark ins Gewicht fällt, da für diese in den nächsten 20 Jahren ein überdurchschnittlich starkes Wachstum hinterlegt ist, das dann stark abflacht.

Die Wachstumsraten in Abbildung 7-3 werden in der KNA verwendet, um die Eingaben aus dem Verkehrsmodell für ein Jahr auf den gesamten Betrachtungszeitraum hochzurechnen (z.B. vom Eingabejahr 2030 auf den Betrachtungszeitraum 2025 – 2064[93]).

Abbildung 7-3: Verkehrswachstum pro Jahr nach Fahrzeugkategorien

	Personenverkehr							Güterverkehr (Mio. Fzkm)	
	Motorisierter privater Personenverkehr (Mio. Fzkm)				Aktive Mobilität	Öffentlicher Personenverkehr (Mio. Pkm)			
	PKW	RBus	MR	Mofa		Linienbus	Tram	LNF	SNF
Wachstum %	1.5%	1.8%	2.1%	1.6%	1.6%	1.6%	1.6%	2.1%	2.6%

g) Fahrtzwecke

Die Fahrtzwecke für alle Wege in Luxemburg wurden im Rahmen der Mobilitätserhebung „Luxmobil“ erfasst. Aufgrund der Tatsache, dass 190’000 Grenzpendler täglich nach Luxemburg einpendeln, ist der Anteil der Arbeitswege im Vergleich zu vergleichbaren Erhebungen deutlich höher.[94]

Abbildung 7-4: Aufteilung der Wege nach Wegezweck und Verkehrsmittel

	Motorisierter privater PV	Öffentlicher Strassenverkehr	Aktive Mobilität	ÖV Schiene (Regionalverkehr)
Pendlerfahrt	50.9%	70.3%	45.1%	63.4%
Einkaufsfahrt	7.4%	3.8%	6.7%	2.0%
Nutzfahrt (Geschäftsverkehr)	6.1%	2.2%	1.4%	4.5%
Freizeitfahrt	35.6%	23.7%	46.8%	30.1%
Total	100%	100%	100%	100%

Quelle: MDDI; Luxmobil

[93] Liegt das Eingabejahr (z.B. 2030) nach dem Eröffnungsjahr (2025) so werden die Wachstumsraten auch für die Rückrechnung bis zum Eingabejahr (2025) verwendet).

[94] Vgl. BMVIT et al. (Hrsg., 2016), Österreich unterwegs 2013-2014, Ergebnisbericht zur österreichweiten Mobilitätserhebung „Österreich unterwegs 2013/2014“, Wien und Bundesamt für Statistik, Bundesamt für Raumentwicklung (2017), Verkehrsverhalten der Bevölkerung, Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015.

7.1.2 Schienenverkehr

a) Personenverkehr

Die Daten zum Personenverkehr auf der Schiene umfassen die Verkehrsleistung, das gesamte Fahrgastaufkommen sowie die durchschnittlich zurückgelegte Strecke je Fahrgast. Die Daten im Schienenverkehr werden jährlich von der CFL publiziert. Diese Zahlen beinhalten alle Fahrten innerhalb des Netzes der CFL inklusive der grenzüberschreitenden Züge. Alle Leistungen im Personenverkehr im Regionalverkehr sind über einen „contrat de service public“ subventioniert. Ausgenommen davon sind die Angebote mit TGV nach Frankreich, die im kommerziellen Dienst von der SNCF angeboten werden und hier nicht betrachtet werden.

Ergänzend zu dieser Datenquelle stehen auch Daten aus der Befragung zum Mobilitätsverhalten („Luxmobil“) von 2017 zur Verfügung. Nach der Hochrechnung aus der Befragung würde die Verkehrsleistung auf der Schiene 487.6 Mio. Pkm 2016 betragen, während die CFL 417.64 Mio. Pkm[95] für 2016 angibt. Die Abweichung ist nicht unbedeutend und liegt bei ca. 17%. Die durchschnittliche Fahrtweite liegt laut CFL bei 18.58 km, laut „Luxmobil“ bei 17.91 km; die Abweichung der durchschnittlichen Fahrtweite liegt bei nur 4%. Nachdem uns keine weiteren Grunddaten zur Verfügung stehen, konnte keine Prüfung auf Plausibilität erfolgen. Es wurden daher für die weiteren Berechnungen die Zahlen der CFL bzw. Statec verwendet.

Die Zugkilometer im Personenverkehr wurden von der CFL-GI für 2016 zur Verfügung gestellt und nach Triebwagen („automotrices“), Leerfahrten („haut-le-pied“) und Zügen (Lok + Wagen, „rames tractées“) unterschieden. Im Personenverkehr erfolgten 2016 die Zugleistungen nahezu vollständig mit elektrischer Traktion. Insgesamt wurden 7.98 Mio. Zugkm im Personenverkehr inklusive Leerfahrten auf dem Schienennetz abgewickelt.

Die Verkehrsleitungen des Personen- und Güterverkehrs werden übersichtlich in der folgenden Abbildung zusammengefasst.

Abbildung 7-5: Verkehrsleistungen im Schienenverkehr in Luxemburg

	2016				
	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr elektrisch	Güterverkehr Diesel	Güterverkehr total	Total
Mio. Zugkm	7.98	0.44	0.20	0.64	8.62
Mio. Pkm	417.34				417
Mio. Btkm	1'888.11	562.34	67.47	629.82	2'518
Mio. Ntkm		271.76	32.61	304.36	304
Mio. NNtkm		262.76	32.61	295.37	295

[95] CFL (2017), Rapport annuel 2016, Luxembourg, Statec (2017); Daten OHNE TGV. Die Verkehrsleistung im TGV auf dem Schienennetz Luxemburgs ist niedrig und demnach im Vergleich zum Regionalverkehr vernachlässigbar; die Streckenlänge Bahnhof Luxemburg – Bettemburg frontière liegt bei 16.78km; die durchschnittliche Zahl der werktäglichen Zugpaare liegt bei 9 Zugpaaren.

b) Güterverkehr

Im Güterverkehr wurden die Leistungen für Brutto-Tonnenkilometer (= Gesamtmasse des Zuges inklusive der Lokomotive), für Netto-Tonnenkilometer (= Gesamtmasse des transportierten Gutes inklusive der Behälter im kombinierten Verkehr) und für Netto-Netto-Tonnenkilometer (= Gesamtmasse des transportierten Gutes) berechnet. Dafür wurden von der CFL-GI für 2016 die Zugkilometer am Schienennetz getrennt nach Gewichtsklassen der Züge und getrennt nach elektrischer Traktion und Dieseltraktion zur Verfügung gestellt. Die durchschnittliche Zugsmasse[96] multipliziert mit den Zugkilometer ergibt die Brutto-Tonnenkilometer. Für die Berechnung der Netto-Tonnenkilometer wurde ein Umrechnungsfaktor von 2.0693 angewendet, den uns die CFL kommunizierte. Eine Überprüfung auf Plausibilität anderer europäischer Schienennetze[97] ergab einen ähnlichen Wert.

Die Umrechnung in Netto-Netto-Tonnenkilometer wurde für die Ganzzüge im kombinierten Verkehr angewendet, wobei angenommen wurde, dass alle Ganzzüge im UKV (unbegleiteten kombinierten Verkehr) abgewickelt werden. Als Umrechnungsfaktor zum Herausrechnen der Masse der transportierten Ware im Verhältnis zur Gesamtmasse wurde der Faktor von 1.12097 für die Berücksichtigung der sogenannten „Totlast“ (= Behälter im kombinierten Verkehr) angenommen. Dieser Faktor stammt im Analogieschluss aus den Daten des alpenquerenden Schienengüterverkehrs.[98] Einzelne Wagen im kombinierten Verkehr, etwa Containerwagen in Zugverbänden, bleiben dabei unberücksichtigt; ausgewertet werden können mangels Datengrundlage nur die Werte für Ganzzüge im kombinierten Verkehr.

Unberücksichtigt wurde des Weiteren der Verkehr mit Lorry-Rail vom Terminal Multimodal zwischen Bettemburg und Boulou; die Fahrtlänge im Schienennetz Luxemburgs liegt bei ca. 3.7km. Der Umrechnungsfaktor zum Herausrechnen der Masse der transportierten Ware im Verhältnis zur Gesamtmasse beträgt für Sattelauflieger ca. 1.2 und 1.25, also etwas über dem Umrechnungsfaktor für Behälter (Container, Wechselaufbauten). Mangels detaillierter Daten konnten die Netto-Netto-Tonnenkilometer für diesen Verkehr nicht heraus gerechnet werden. Insofern dürften die unten angegebenen Netto-Netto-Tonnenkilometer insgesamt etwas zu hoch liegen; die Fehlerquote wird jedoch als gering eingestuft.

Daten zum Rangierverkehr lagen keine vor; der Rangierverkehr wird nahezu zur Gänze von Diesel-Lokomotiven abgewickelt. Der Treibstoffverbrauch der Diesel-Lokomotiven für 2016 liegt vor; jedoch wird auch ein Teil des Güterverkehrs mit Diesel-Lokomotiven abgewickelt. Eine Aufteilung auf Strecken- und Rangierdienst war mangels Daten nicht möglich.

Die Verkehrsleistungen im Güterverkehr werden in der Abbildung 7-5 oben übersichtlich dargestellt.

---

96 Dazu wurde je Klasse ein Wert angenommen; in der Regel der Mittelwert (z.B. in der Gewichtsklasse 800 bis 1.200 t wurden 1.000 t durchschnittliche Zugmasse angenommen).

97 S. exemplarisch: Schienencontrol GmbH (2017), Jahresbericht 2016.

98 Amt der Tiroler Landesregierung (2017), Verkehr in Tirol – Bericht 2016, S.9.

c) Erwartetes künftiges Verkehrswachstum

Im Schienenverkehr gehen wir im Rahmen der KNA von folgenden Annahmen zum künftigen Verkehrswachstum aus:

- Personenverkehr
  - Die Zugkm und Btkm werden durch das Angebot bestimmt und verändern sich nicht über die Zeit (deren Veränderung durch das Projekt ist aber oft der Untersuchungsgegenstand der KNA).
  - Die Personenkilometer nehmen mit demselben Wachstum zu wie im Strassen-ÖV, d.h. mit 1.6% pro Jahr.
- Güterverkehr
  - Der Schienengüterverkehr hat sich seit den 1990-er Jahren (v.a. aufgrund der Umstellung von Hochöfen auf Elektrostahlverfahren und den damit entfallenden Kohletransport) mehr als halbiert, d.h. der Quell- / Zielverkehr wird auch in Zukunft ungefähr auf aktuellem Niveau bleiben. Weil aber der Transitverkehr zunehmen wird (u.a. durch den Multimodal Terminal Bettembourg) wird ein Wachstum von 1% für die Ladung bzw. die Netto-Tonnenkilometer angenommen.
  - Für die Btkm gehen wir vom halben Wachstum, d.h. 0.5% pro Jahr aus, weil ca. die Hälfte des Gewichts der Züge dem Leergewicht der Züge entspricht und die andere Hälfte die transportierte Ware verkörpert, die mit 1% pro Jahr steigt.
  - Die Zugkm verändern sich wie im Personenverkehr nicht über die Zeit.
- Als Sensitivität für das Verkehrswachstum werden die Wachstumsraten wie im Strassenverkehr um +/- 50% verändert.

7.2 Emissionen

7.2.1 Emissionen im Strassenverkehr

Die Emissionen aus dem Strassenverkehr beruhen auf den Berechnungen, die komobile gemeinsam mit der Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik (FVT) der TU Graz seit 2009 für Luxemburg durchführt. Fuhrpark und Verteilung der Fahrleistung wurden zuletzt im Frühjahr 2017 aktualisiert[99], ebenso die Prognose für das „Business-as-usual (BAU)“-Szenario bis 2050[100]. Aufgrund der neuen Daten zu den NOx Emissionen von Diesel-PKW, wurde im November 2017 von der FVT ein minimales Update durchgeführt, in

[99] komobile, FVT (2017), Aktualisierung der Zeitreihen zum Kraftstoffexport und der Emissionen von klimarelevanten Gasen und Luftschadstoffen des Verkehrssektors in Luxemburg von 1990 – 2015.

[100] komobile, FVT (2017), BAU2017: Aktualisierung des BAU Szenarios 2016 und Überarbeitung der Flottenzusammensetzung (AP2).

dem die Emissionsdaten von HBEFA 3.2 auf HBEFA 3.3 aktualisiert wurden.[101,102] Für die KNA wurden die Emissionen dieses Updates verwendet.

Durch komobile wurden die Emissionen für PM2.5 (inkl. Abrieb und Aufwirbelung), NOx, CO2-Äquivalente (CO2, CH4, N2O), NO2, NH3 und SO2, sowie der Treibstoffverbrauch – jeweils für 2016 gesamt sowie für 2015 – 2050 getrennt nach innerorts, ausserorts und Autobahn – nach den Kategorien der KNA zusammengefasst und über die Fahrleistung die spezifischen Emissionsfaktoren berechnet. Für Zink waren keine Daten verfügbar, daher wurden die Daten aus der Schweiz übernommen. Weiters wurden für die Fahrzeugkategorien PKW, LNF und Linienbus die Fahrzeugkilometer je Antriebsart ausgewiesen.

Die Emissionen für Fahrzeuge mit Elektroantrieb betragen – abgesehen von Abrieb und Aufwirbelung – immer Null. Emissionen aus der Vorkette (Stromproduktion) werden im Rahmen der vorgelagerten Prozesse berücksichtigt (vgl. Kapitel 25).

Im MOBIMPACT-Tool werden die spezifischen Emissionen je Fahrzeugkilometer als Eingangswert verwendet (Emissionsfaktoren), wobei für die aktuellen Emissionsfaktoren die in Kapitel 7.1.1f) erwähnten Einschränkungen gelten.

7.2.2 Emissionen im Schienenverkehr

Alle Personenverkehrszüge der CFL fahren mit Strom. Dieser stammt zu 100% aus erneuerbarer Energie (Nova Naturstrom), damit entfällt für den PV der CO2-Ausstoss. Die Emissionen bei der Stromproduktion werden daher bei den vorgelagerten Prozessen berücksichtigt (vgl. Kapitel 25). Im Schienenpersonenverkehr werden daher nur die Emissionen aus Abrieb und Aufwirbelung betrachtet, wobei die in Abbildung 7-6 angeführten Emissionsfaktoren für SPNV (Schienenpersonennahverkehr) verwendet wurden.

Abbildung 7-6: Emissionsfaktoren für PM2.5- sowie PM10-Abrieb in g / Zugkilometer[103]

Verkehrsart	PM10-EFA (g / Zugkm)	PM2.5-EFA (g / Zugkm)
Schienen-Güterverkehr	23.1	3.22
Schienen-Personennahverkehr	3.1	0.37
Schienen-Personenfernverkehr	8.6	0.95

[101] Schwingshackl, Rexeis (2017), Aktualisierung der Zeitreihen zum Kraftstoffexport und der Emissionen von klimarelevanten Gasen und Luftschadstoffen des Verkehrssektors in Luxemburg von 1990 – 2016 (minimales Update).

[102] Schwingshackl, Rexeis (2017), BAU2017-Update: Aktualisierung des BAU Szenarios 2017 und des Szenarios 4 mit dem Update2017 (AP2b)

[103] Löchter (2007), Modellsystem zur Berechnung des Abriebs und anderer luftgetragenen Schadstoffe des Schienenverkehrs, Immissionsschutz 2007.

Für den Güterverkehr und den Rangierverkehr werden teilweise noch Dieselloks eingesetzt, der Treibstoffbedarf betrug dafür im Jahr 2016 2'409'899 Liter. Da dies dem im letzten Update der Studie zum Kraftstoffexport in Luxemburg[104] hinterlegten Treibstoffbedarf im Schienenverkehr sehr nahe kommt (Abweichung <1%), können die Emissionswerte für den dieselbetriebenen Schienenverkehr aus den Berechnungen übernommen werden (CO2, CH4, NO2, NOx, PM2.5 und PM10 (ohne Abrieb und Aufwirbelung), NH3, SO2). Für Abrieb und Aufwirbelung wurden die in Abbildung 7-6 angeführten Emissionsfaktoren für SGV (Schienengüterverkehr) verwendet.

Zu Kupfer liegen für Luxemburg keine Werte vor, entsprechende Emissionsfaktoren wurden daher aus der Schweiz übernommen.[105]

7.3 Bevölkerung / Erwerbstätige

Die Bevölkerungszahlen und die Erwerbsquote (ohne Grenzgänger) nach Altersgruppen aggregiert für Luxemburg sind für 2016 verfügbar (s. folgende Abbildung).

Abbildung 7-7: Erwerbsquote Luxemburgs 2016 (ohne Grenzgänger)

	2016	
Alter	Frauen	Männer
20-64	65.04	76.15
20-29	62.35	64.08
30-54	75.74	89.26
55-64	32.32	46.35

Quelle: Statec

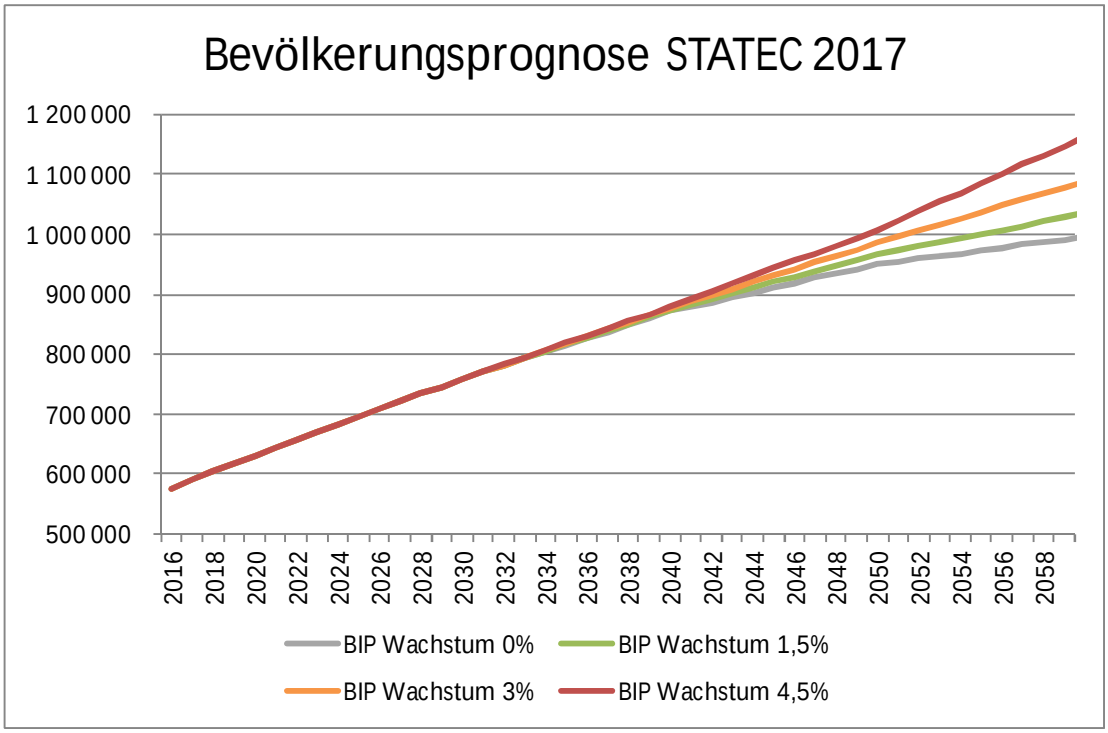
Zur Bevölkerungsentwicklung wurde von der STATEC im November 2017 ein umfassender Bericht publiziert, in dem vier Szenarien bis 2060 beschrieben werden.[106] Bei allen vier Szenarien wird davon ausgegangen, dass die Bevölkerung in einer ersten Phase bis zum Jahr 2030 auf 759‘000 Personen anwächst. Für die zweite Phase, also die Jahre 2031-2060, wurden vier Szenarien betrachtet, die von einem BIP Wachstum zwischen 0 und 4.5 % ausgehen. Je nach Szenario liegt die Einwohnerzahl Luxemburgs 2060 zwischen ~1.0 bzw. ~1.15 Mio. (bzw. für 2050 zwischen 0.95 und 1.0 Mio.). In allen Szenarien wird davon ausgegangen, dass der Anteil an Grenzpendlern an den gesamten ausländischen Arbeitskräften 50 % beträgt (entspricht dem langjährigen Mittel).

[104] Schwingshackl, Rexeis (2017): Aktualisierung der Zeitreihen zum Kraftstoffexport und der Emissionen von klimarelevanten Gasen und Luftschadstoffen des Verkehrssektors in Luxemburg von 1990 – 2016 (minimales Update).

[105] Infras, Ecoplan (2018), Externe Effekte des Verkehrs 2015.

[106] STATEC Luxembourg (2017) : BULLETIN DU STATEC 3-17: Projections macroéconomiques et démographiques de long terme: 2017-2060.

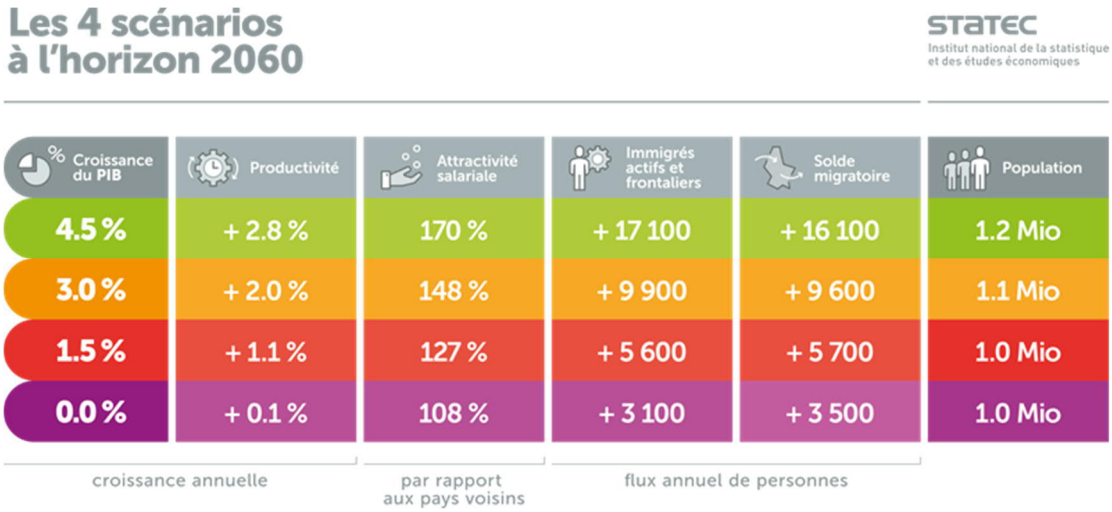
Abbildung 7-8: Entwicklung der Einwohnerzahl laut STATEC (2017)



Quelle: Statec (Daten bis 2016); MDDI/Dater (Daten ab 2016)

Wesentliche Treiber für die Entwicklung der Einwohnerzahl sind die wirtschaftliche Entwicklung und die Lohndifferenz Luxemburgs im Vergleich zu den Nachbarstaaten (siehe Abbildung 7-9).

Abbildung 7-9: 4 Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung in Luxemburg bis 2060



Quelle: http://www.statistiques.public.lu/fr/actualites/economie-finances/conjoncture/2017/11/20171110/index.html

Die Bevölkerungsprognose ist in Luxemburg schwierig, da die Entwicklung massgeblich von der Migration abhängt, was auch in den vier Szenarien der STATEC deutlich herausgearbeitet wurde. Die (Arbeits-)Migration kann sowohl nach Luxemburg stattfinden, wodurch die Einwohnerzahl in Luxemburg sich erhöht, als auch ins unmittelbar benachbarte Ausland erfolgen, wodurch sich die Zahl der Grenzpendler erhöhen würde. Die Entwicklung der Arbeitsplätze würde in beiden Fällen gleichbleiben.

Die Prognose der Einwohnerzahl bis 2050 hängt daher neben der ökonomischen Entwicklung Luxemburgs auch u.a. von folgenden Faktoren ab:

- Bauleistung Wohnungen: Bei 15'000 Einwohnern muss die Bauleistung ca. 7'000 Wohnungen pro Jahr erreichen, ohne die zusätzliche Bauleistung für den Ersatz bestehender Wohnungen. Dabei ist kritisch anzumerken, ob diese Bauleistung auch über mehr als 30 Jahre aufrechterhalten werden kann, da entsprechend auch Grundstücke verfügbar sein müssen und die Prozeduren in Genehmigungsverfahren vom PAG bis zur Baugenehmigung ausreichen rasch erfolgen müssten. Anrainerrechte und andere Schutzrechte können zu signifikanten Zeitverzögerungen in den Verfahren führen.
- Kosten für Wohnungen: Die Kosten für eine Wohnung hängen neben den Baukosten wesentlich von den Grundstückskosten ab. Hier stellt sich die Frage, inwiefern sich die angenommene hohe jährliche Bauleistung auf die Grundstückskosten niederschlägt und die Wohnung nicht noch weiter verteuert. Die Folge wäre eine – bereits heute beobachtbare Verdrängung ins benachbarte Ausland – wodurch sich die Zahl der Grenzpendler bei gleichbleibender Wirtschaftsleistung erhöhen würde.

In der vorliegenden Studie wird in Rücksprache mit dem MDDI angenommen, dass die Bevölkerungsentwicklung sich gemäss dem Szenario „3% BIP Wachstum" fortsetzt. Diese Annahme wirkt sich auch auf die Prognose des zukünftigen Verkehrswachstums aus, was in Kapitel 7.1.1f) bereits beschrieben wurde.

7.4 Ökonomie

7.4.1 Ökonomische Grunddaten

Die Grunddaten hinsichtlich der Nominal- und Reallohnentwicklung, der Teuerung und der nominalen bzw. realen BIP pro Kopf wurden uns vom STATEC Luxemburg geliefert und teilweise vom STATEC neu aufgearbeitet (vgl. folgende Abbildung). Für Berechnungen, die sich auf das BIP abstützen, werden im Rahmen dieser Studie die Pro-Kopf-Werte unter Ausschluss der Grenzgänger verwendet (letzte beiden Spalten in der nachstehenden Abbildung), dies vor dem Hintergrund, dass das normal berechnete BIP in einem Land wie Luxemburg zu einer deutlichen Überschätzung des pro-Kopf-Einkommens führt, weil die Arbeit der vielen Grenzgänger einfach auf die Luxemburger Bevölkerung verteilt wird.

Abbildung 7-10: Ökonomische Grundlagedaten

Jahr	Nominallohn-index	Reallohn-index	Teuerungs-index (1948=100)	Bruttonational-einkommen pro Kopf der in Luxemburg wohnenden Menschen (nominal in €)	Bruttonational-einkommen pro Kopf der in Luxemburg wohnenden Menschen (real in € zu Preisen 2000)
2000	100.00	100.00	610.30	33'368.3	33'368
2001	102.66	99.99	626.56	33'837.7	33'684
2002	106.88	101.99	639.55	35'390.8	34'648
2003	108.03	101.01	652.66	37'416.8	35'674
2004	112.27	102.84	666.26	38'745.5	35'880
2005	115.67	103.38	682.85	42'274.1	37'572
2006	121.12	105.46	700.91	44'470.1	36'926
2007	126.73	107.95	716.47	43'948.5	35'957
2008	130.11	107.26	740.31	42'822.9	33'726
2009	131.16	107.79	742.63	46'932.1	36'453
2010	134.11	107.81	759.19	50'583.4	37'917
2011	136.37	106.05	784.83	46'702.4	33'413
2012	138.33	104.81	805.43	53'101.1	37'044
2013	142.24	105.97	819.17	53'563.8	36'743
2014	145.60	107.83	824.05	45'094.3	30'433
2015	150.27	110.81	827.64	51'697.2	34'435
2016	151.71	111.58	829.85	51'985.7	35'086
Wachstum pro Jahr 2006-16	2.28%	0.56%	1.70%	1.57%	-0.51%
Wachstum pro Jahr 2000-16	2.64%	0.69%	1.94%	2.81%	0.31%

Für die KNA wird eine **Prognose des Reallohnwachstums** für mindestens die nächsten 50 Jahre benötigt. Im Rahmen der KNA wird auch eine Sensitivität für das angenommene Reallohnwachstum berechnet. Bei der Festlegung der Prognose wird einerseits die Entwicklung in der Vergangenheit (0.56% bzw. 0.69% pro Jahr beim Reallohnindex in den letzten 10 bzw. 16 Jahren) betrachtet. Andererseits werden Überlegungen der OECD, Zahlen aus einem Bericht der Europäischen Kommission sowie von EUROSTAT[107] in Betracht gezogen. Es wird vorsichtig ein künftiges Reallohnwachstum von 0.5% pro Jahr angenommen. Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse wird auch mit 0% (kein Reallohnwachstum) und mit 1.5% pro Jahr gerechnet.

Sowohl die KNA als auch die Transportrechnung werden zu Faktorpreisen gerechnet, d.h. die indirekten Steuern und Subventionen werden herausgerechnet.[108] Um Angaben in Markt-

[107] OECD (2017), Gesamtbeurteilung der Wirtschaftslage, Europäische Kommission (2017), Entwurf des Gemeinsamen Beschäftigungsberichts der Kommission und des Rates Eurostat und (2018), Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen.

[108] Wie in Kapitel 2.5.2 erläutert und wie international üblich, werden zur internationalen Vergleichbarkeit der Ergebnisse Faktorpreise verwendet. Steuern werden nicht betrachtet, weil sie mit keinen realen Kosten verbunden sind, sondern reine Transfers darstellen.

preisen umrechnen zu können, benötigen wir deshalb einen **Umrechnungsfaktor zwischen Markt- und Faktorpreisen**. Der Umrechnungsfaktor von 1.181 wird ermittelt, indem die indirekten Steuern (abzüglich Subventionen) durch die Konsumausgaben dividiert werden. Die Daten wurden uns vom STATEC zur Verfügung gestellt.

Die **Wiederbesetzungskosten**[109] basieren wie in der Schweiz auf der Hälfte des Jahreseinkommens. Ausgehend von einem Jahreseinkommen im Jahr 2016 von 62'200 € für Männer bzw. 57'500 € für Frauen[110] und unter Berücksichtigung des Umrechnungsfaktors von 1.181 in Faktorpreise ergibt sich bei den Männern ein Kostensatz von 25'900 € und bei den Frauen ein Betrag von 24'300 €.

Zudem beträgt der **Durchschnittsstundenlohn** 24.88 € zuzüglich 13.39% Arbeitgeberzuschlag, was 28.81 € ergibt.[111]

Bei der Festlegung des realen **Diskontsatzes** für Luxemburg wird die übliche Berechnungsformel verwendet:[112]

$$\text{Diskontrate} = p + e * g$$

wobei p die reine Zeitpräferenzrate ist, e die Elastizität des Grenznutzens des Konsums und g die erwartete jährliche Wachstumsrate des Konsums pro Kopf. Vereinfachend kann p mit der Sterblichkeitsrate in Luxemburg gleichgesetzt werden (Anzahl Todesfälle durch Bevölkerung).[113] Gemäss unseren Datengrundlagen (vgl. Kapitel 7.3 und 7.6) beträgt diese 0.68%. Die Elastizität des Grenznutzens des Konsums wurde von der Universität Mailand für Luxemburg auf 1.84 geschätzt.[114] Zudem erwartet die Universität Mailand in Luxemburg ein Konsumwachstum pro Kopf von 0.77% pro Jahr. Dies ergibt einen Diskontsatz von 2.1% oder gerundet 2%. Wird hingegen das Konsumwachstum pro Kopf der vergangenen 16 Jahre von 0.2% (gemäss STATEC) in die Formel eingesetzt ergibt sich lediglich 1.05% oder gerundet 1%. Wir verwenden deshalb als Basiswert für den Diskontsatz 2% und führen eine Sensitivität mit 1% und 3% durch.

7.4.2 Value of statistcial life (VOSL) and value of life year lost (VLYL)

Der «value of statistcial life» (VOSL) wird für die Bewertung von Todesfällen im Bereich der Luft- und Lärmbelastung, der Unfälle und der Gesundheitsnutzen durch aktive Mobilität benötigt. Zur Einordnung des VOSL siehe den folgenden Exkurs.

---

[109] Die Wiederbesetzungskosten zeigen auf, welche Kosten anfallen, wenn eine erwerbstätige Person z.B. wegen eines Unfalls seine Arbeit nicht mehr erledigen kann und die Stelle neu besetzt werden muss.

[110] STATEC Luxemburg (2017), Le Luxembourg en chiffres 2017.

[111] STATEC Luxemburg (2017), Le Luxembourg en chiffres 2017.

[112] European Commission (2015), Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects, S. 302-303.

[113] European Commission (2015), Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects, S. 302-303.

[114] Center for Industrial Studies and University of Milan (2013), The social cost of capital: recent estimates for the EU countries.

Exkurs: Einordnung des VOSL

Die Bewertung von immateriellen Kosten bei Todes- oder Krankheitsfällen stösst ausserhalb der Ökonomie auf Kritik, weil nach Ansicht vieler Betroffener der Wert eines Menschenlebens nicht in Geldeinheiten bewertet werden darf oder kann. Bei der Herleitung des VOSL geht es aber vielmehr darum, den **Nutzen der Risikoverminderung** zu bewerten, wenn z.B. infolge vermehrter Verkehrssicherheit die Zahl der tödlichen Strassenverkehrsunfälle abnimmt. In der Ökonomie wird in diesem Zusammenhang oft der Begriff des „Value of Statistical Life" (VOSL) verwendet (manchmal auch „value of preventing a statistical fatality VPF" genannt). Damit wird ausgedrückt, dass es grundsätzlich um die Bewertung von verminderten Risiken geht, bevor die negativen Folgen bereits eingetreten sind und nicht um den Wert eines bestimmten Menschenlebens, nachdem ein Unfall zum Tod dieses Menschen geführt hat.

Es ist auch darauf hinzuweisen, dass es sich beim „Value of statistcial Life" um ein unglückliche Wortwahl handelt:[115]

- Value: Gemeint ist die Zahlungsbereitschaft (willingness to pay) für die Verminderung des Risikos eines tödlichen Unfalls, nicht der «Wert» eines bestimmten Lebens.
- Statistical: Gemeint ist die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls mit tödlichen Folgen, nicht eine sichere, statistische Einheit.
- Life: Eigentlich geht es um kleine Risikoreduktionen tödlicher Unfälle bei ganz vielen verschiedenen Menschen; die Normierung auf die Einheit 1 dient letztlich nur zur Vereinfachung beim Ausweis der Zahlungsbereitschaft.

Zudem geht es in der Praxis nicht tatsächlich darum, für eine Risikoreduktion etwas bezahlen zu müssen, sondern um eine Abwägung, ob man für ein kleineres Risiko auf einen anderen Vorteil (z.B. kürzere Reisezeit) oder auf andere Annehmlichkeiten verzichtet. Eine bessere Namenswahl wäre daher „Bereitschaft zum Verzicht auf andere Güter oder Dienstleistungen für eine kleine Reduktion beim Risiko eines tödlichen Unfalls". Dieser genauere, aber etwas umständliche Begriff hat sich jedoch nicht durchgesetzt und deshalb verwenden wir in diesem Bericht weiterhin den Begriff VOSL.

Der VOSL wird üblicherweise mittels einer Umfrage zur Zahlungsbereitschaft für eine Reduktion des Todesfallrisikos bestimmt. In den Umfragen werden Personen befragt, wie viel sie zu zahlen bereit wären, um das Todesfallrisiko zu vermindern. Erhoben wird dabei jeweils die Zahlungsbereitschaft für eine geringe Risikoreduktion z.B. eines tödlichen Unfalls (z.B. wie viel wären die Befragten bereit zu bezahlen, um das Unfallrisiko um 0.1% zu verringern) bei ganz vielen verschiedenen Menschen. Diese Zahlungsbereitschaft wird danach auf einen Todesfall hochgerechnet (in diesem Beispiel Multiplikation mit 1'000, da 0.1% * 1000 = 100% = ein verhinderter Todesfall) und als VOSL bezeichnet. Diese Normierung auf einen Todesfall dient letztlich nur der Vereinfachung beim Ausweis der Zahlungsbereitschaft und der einfachen Anwendung in der Praxis bei der Bewertung von Todesfällen.

[115] Cameron (2010), Euthanizing the Value of Statistical Life.

Der empfohlene VOSL basiert auf der weltweit grössten Metaanalyse von Zahlungsbereitschaftsstudien zum VOSL.[116] Ziel dieser Studie war es, alle VOSL-Studien zu erfassen, die auf dem sogenannten „stated preferences"-Ansatz beruhen. Basierend auf der Metaanalyse mit 261 VOSL-Werten aus 28 Studien aus OECD-Ländern hat die OECD einen VOSL von 3.0 Mio. US$ (2005) hergeleitet.[117] Dieser Wert gilt für alle Einsatzbereiche (Unfälle, Umwelt, Gesundheitsnutzen). Dieser Wert kann wie folgt auf Luxemburg umgerechnet werden:

$$VOSL_{LUX,\ 2016\ (CHF)} = VOSL_{OECD,\ 2005,\ USD} * (Y_{LUX,\ 2005} / Y_{OECD,\ 2005})^{0.8} * PPP_{2005}$$
$$* (1 + \%\Delta P_{2005\text{-}2016}) * (1 + \%\Delta Y_{2005\text{-}2016})^{0.8}$$
$$= 3.013 \text{ Mio. } \$ * (44'670\ \$ / 30'869\ \$)^{0.8} * 0.946\ € / \$ * 1.22 * 0.934^{0.8}$$

$VOSL_{OECD,\ 2005,\ USD}$ = Basiswert der OECD von 3.013 Mio. US$

$Y_{LUX,\ 2005}$= Reales BIP pro Kopf in Luxemburg in Kaufkraftparität 2005 (ohne Grenzgänger)[118]

$Y_{OECD,\ 2005}$ = Durchschnittliches reales BIP pro Kopf in der OECD in Kaufkraftparität 2005[119]

0.8 = Einkommenselastizität des VOSL, die sich aus den OECD-Schätzungen ergibt[120]

PPP_{2005} = Mit der Kaufkraftparität angepasster Wechselkurs 2005[121]

$(1 + \%\Delta P_{2005\text{-}2016})$ = Inflation in Luxemburg zwischen 2005 und 2016[122]

$(1 + \%\Delta Y_{2005\text{-}2016})$ = Wachstum des realen BIP pro Kopf in Luxemburg von 2005 bis 2016[123]

Mit dieser Berechnung ergibt sich für Luxemburg im Jahr 2016 ein VOSL von 4.41 Mio. €. Dieses Ergebnis basiert auf Marktpreisen und muss für die weitere Verwendung noch in Faktorpreise umgerechnet werden. Der Umrechnungsfaktor beträgt 1.81 (vgl. Kapitel 7.4.1). Für das Jahr 2016 ergibt sich also ein **VOSL von 3.73 Mio. €** (genau 3'732'554 € zu Faktorpreisen 2016).

Der OECD-Basiswert und die erläuterte Umrechnungsmethode werden auch in der Schweiz und von der WHO verwendet.[124]

---

[116] OECD (2012), Mortality Risk Valuation in Environment, Health and Transport Policies.

[117] Alternativ könnte auch ein VOSL von 3.6 Mio. $ verwendet werden, welcher auf 16 europäischen Studien in OECD (2012) beruht. Dieser höhere Wert wird jedoch nicht empfohlen, weil er auf einer schmaleren Datenbasis beruht und weil aufgrund der Unsicherheiten bei der Bestimmung des VOSL der vorsichtigere, tiefere Wert zu bevorzugen ist.

[118] Daten des Statec Luxemburg – ohne Berücksichtigung der Grenzgänger (42'274 € umgerechnet mit Kaufkraftparität von 0.946 € / $ in US-$).

[119] Daten der OECD.

[120] OECD (2012), Mortality Risk Valuation in Environment, Health and Transport Policies, S. 63-64.

[121] Daten der OECD.

[122] Daten des Statec Luxemburg.

[123] Daten des Statec Luxemburg.

[124] Ecoplan (2016), Empfehlungen zur Festlegung der Zahlungsbereitschaft für die Verminderung des Unfall- und Gesundheitsrisikos (value of statistical life) und WHO (2017), Health Economic Assessment Tool (HEAT) for walking and cycling.

Für die monetäre Bewertung des krankheits- oder unfallbedingten Todesfallrisikos kommt grundsätzlich sowohl der VOSL in Frage – also die Bewertung anhand der Anzahl frühzeitiger Todesfälle – als auch die Bewertung anhand der verlorenen Lebensjahre (**VLYL: value of a life year lost**). Für beide Ansätze ergeben sich aus Theorie und Empirie sowohl Pro- wie auch Contra-Argumente. Weil in Luxemburg viele verschiedene Bereiche mit teilweise sehr unterschiedlichem Alter der Todesopfer zu bewerten sind, nehmen wir, wie in der Schweiz, die Bewertung anhand der verlorenen Lebensjahre (VLYL) vor. Dieses Vorgehen führt zu tieferen Kosten als die Bewertung von frühzeitigen Todesfällen mit dem VOSL und entspricht demzufolge dem at least Ansatz. Der VLYL kann wie folgt berechnet werden:

$$VOSL = VLYL * \sum_{i=a}^{T} \frac{{}_aP_i}{(1+r)^{i-a}}$$

wobei T = maximale Lebenserwartung (110 Jahre)

a = Durchschnittliches Alter der Personen, deren VOSL erfragt wurde: 50 Jahre[125]

${}_aP_i$ = bedingte Wahrscheinlichkeit, dass eine Person im Alter a das Alter i erreicht[126]

r = Diskontrate.

Die Diskontrate setzt sich aus zwei Teilen zusammen: Einerseits der realen Diskontrate, die auch in der KNA verwendet wird, und 2% beträgt (vgl. Kapitel 7.4.1). Zudem wird berücksichtigt, dass der VLYL über die Zeit mit dem Reallohnwachstum von 0.5% zunehmen wird. Dabei wird berücksichtigt, dass gemäss OECD die Einkommenselastizität des VOSL (bzw. des VLYL) 0.8 beträgt (vgl. oben). Damit ergibt sich 1.59% (= (1.02) / (1.005)^0.8 – 1).

Aus dem VOSL für Luxemburg von 3.73 Mio. € resultiert unter diesen Annahmen ein **VLYL von 145‘000 €** (genau 144‘594 €). Dieser Wert wird als Kostensatz für ein verlorenes Lebensjahr eingesetzt.

7.4.3 Produktionsausfall

Todesfälle, Krankheiten und Unfälle haben nebst den immateriellen Kosten – welche mit dem vorangehend beschriebenen value of life year lost bewertet werden – auch einen Produktionsausfall (Ausfall der Arbeitsleistung der betroffenen Person) zur Folge. Zur Bewertung des Produktionsausfalls wird im Unterschied zu vielen anderen Studien nicht vom Netto-, sondern vom Bruttoproduktionsausfall (= Nettoproduktionsausfall + Eigenkonsum) ausgegangen.[127]

---

[125] Das Durchschnittsalter in den Studien-Ländern wurde aus den Daten der OECD-Studie berechnet, die auf dem Internet frei verfügbar sind (www.oecd.org/env/policies/vsl). Allerdings ist das Durchschnittsalter nicht bei allen Studien in der Datenbank angegeben, so dass der Durchschnittswert nur auf den verfügbaren Daten beruhen kann.

[126] Dies wird aus den Luxemburger Überlebenswahrscheinlichkeiten ermittelt (vgl. Kapitel 7.6a).

[127] Hintergrund dieser Wahl ist das Ergebnis einer Schweizer Studie (B,S,S. 2015, Monetarisierung des statistischen Lebens im Strassenverkehr), in welcher unseres Wissens erstmals explizit erfragt wurde, ob bei der Angabe zur Zahlungsbereitschaft der Verlust des Eigenkonsums mitgerechnet wird. Dies ist gemäss den Antworten klar nicht der Fall, entsprechend ist es angezeigt, beim Produktionsausfall den gesamten Ausfall inklusive des Verlusts an Eigenkonsum einzurechnen.

Bei der Herleitung des Bruttoproduktionsausfalls ist wiederum darauf zu achten, dass die Einkommen der Grenzgänger nicht berücksichtigt werden, da der Produktionsausfall für die in Luxemburg wohnhafte Bevölkerung bestimmt werden soll.[128]

Der Bruttoproduktionsausfall wird wie folgt ermittelt: Ausgangslage bilden das verfügbare Bruttoeinkommen (17'177.6 Mio. € im Jahr 2016 ohne Grenzgänger)[129] sowie die Zahl der Erwerbstätigen (im Alter von 15 – 74: 265'108 Erwerbstätige – vgl. Kapitel 7.3). Daraus ergibt sich pro Erwerbstätigen und Jahr ein Bruttoproduktionsausfall von 54'862 € (zu Faktorpreisen[130]). Dazu ist noch die Zunahme des Arbeitgeberanteils an die Rentenversicherung in Höhe von 8% auf den Bruttoeinkommen (1'374.2 Mio. €) zu rechnen, die sich pro Erwerbstätigen auf 4'389 € belaufen. Dies ergibt einen Bruttoproduktionsausfall (inkl. Arbeitgeber-Rentenversicherung) von 59'251 € pro Jahr und Erwerbstätigen oder 162.33 € pro Tag und Erwerbstätigen.

7.5 Spitaldaten

a) Spitalkosten

Spitalkosten wurden, sofern vorhanden und verwendbar, von der IGSS (inspection Générale de la Sécurité Sociale) zur Verfügung gestellt. Sie stammen vom « Data Warehouse » IGSS Januar 2018 (Inspection Générale de la Sécurité Sociale, Département Statistiques).

Zu beachten ist, dass in mehreren Fällen der Durchschnitt von 2014-2016 verwendet wurde, um etwaige Anomalien eines Einzeljahres auszugleichen, wobei diese Anomalien nicht besonders gross waren.

Abbildung 3-1 zeigt, dass ein Spitaltag für Herzkreislauferkrankungen und ischämische Herzkrankheiten teurer ist als ein Spitaltag für Demenz und Depression, aber dass letztere Krankheiten, wie auch Schlaganfall, viel mehr Spitaltage erfordern zur Genesung.

Abbildung 7-11: Spitalkosten in Luxemburg (Durchschnitt 2014 – 2016)

	Gesundheitsnutzen aktive Mobilität						Lärm			Luftverschmutzung	
	Demenz	Depression	Diabetes	Herzkreislauferkrankungen	Brustkrebs	Kolonkrebs	Ischämische Herzkrankheiten	Bluthochdruck bedingte Krankheiten	Schlaganfall	Atemwegserkrankungen	Herzkreislauferkrankungen
Durchschnittliche Kosten pro Spitalaufenthalt in €	14'683	11'377	7'842	11'073	6'662	11'757	9'986	6'560	14'464	10'708	11'073
Durchschnittliche Aufenthaltsdauer in Tagen	27	20	9	9	8	13	6	7	16	12	9
Kosten pro Spitaltag in €	543	578	885	1'169	879	902	1'688	890	899	865	1'169

[128] Der Produktionsausfall wird benötigt, um z.B. die Kosten der Luftbelastung und des Lärms am Wohnort bestimmen zu können. Zudem wir der Produktionsausfall auch bei der Bewertung der Unfälle und der Gesundheitsnutzen in der aktiven Mobilität verwendet. Betroffen sind wiederum mehrheitlich in Luxemburg wohnhafte Personen – oder Grenzgänger, deren Produktionsausfall pro Kopf etwa gleich hoch ist.

[129] Daten STATEC

[130] Es gilt also: 54'862 € = 17'177.6 * 1'000'000 / 265'108 / 1.181.

b) Hospitalisationen, Spitaltage

Diese Daten stammen von der gleichen Quelle wie die Spitalkosten (IGSS).

Abbildung 3-2 zeigt die Anzahl der Spitaleintritte nach Krankheitsbild und Altersgruppe.[131] Dabei ist sehr auffällig, dass Herzkreislaufkrankheiten einen sehr bedeutenden Teil der Spitaleintritte darstellen, gefolgt von Krebs (Brust- und Kolonkrebs) und Depression. Für Herzkreislaufkrankheiten sind zudem noch die Komponenten (ischämische Herzkrankheiten, Schlaganfall und hoher Bluthochdruck) separat aufgeführt.

Abbildung 7-12: Spitaleintritte und Aufenthaltsdauern in Luxemburg (Durchschnitt 2014 – 2016)

Anzahl Spitaleintritte	0-14 Jahre	15-39 Jahre	40-69 Jahre	70+ Jahre	Total
Herz-Kreislauf	4	76	1'461	1'756	3'297
Kolonkrebs	-	10	285	328	622
Brustkrebs	-	41	536	232	808
Demenz	-	2	28	354	384
Depression	6	332	685	143	1'165
Diabetes (II)	1	23	176	112	312
	Anzahl Spitaleintritte	Anzahl Spitaltage			
Ischämische Herzkrankheiten	1'811	16'195			
Schlaganfall	1'098	9'816			
Bluthochdruck	389	3'476			

c) Ausfalltage

Statistiken über Ausfalltage basieren für luxemburgische Quellen (Spitaltage wegen Atemwegserkrankungen und Herzkreislauferkrankungen) sowohl auf der IGSS (Statistik Abteilung, siehe oben) wie auch auf publizierten Statistiken des Observatoire de l'Absentéisme, einer Abteilung der IGSS.[132] Daraus können die Ausfalltage für Atemwegserkrankungen (8.25 Tage) und wegen Herkreislauferkrankungen (17.14 Tage) abgeleitet werden.

Für die übrigen Krankheitsbilder müssen ausländische Quellen verwendet werden, da keine luxemburgischen Daten gefunden werden konnten.

---

[131] In Abbildung 7-12 werden die folgenden Definitionen der Krankheitsbilder gemäss dem sogenannten ICD10-Code verwendet:
- Herz-Kreislauf: I10-I13, I20-I25, I60-I69
- Kolonkrebs: ICD C18-C21
- Brustkrebs: ICD C50
- Demenz: F01, F03, G30-G31
- Depression: F32-F33
- Diabetes (II): E11-E14
- Ischämische Herzkrankheiten: I20-I25
- Schlaganfall: I60-I64
- Bluthochdruck bedingte Krankheiten: I10-I15

[132] http://www.observatoire-absenteisme.public.lu, siehe «Aperçu N°6». September 2017)

Genaue Abwesenheitstage (Arbeits-Ausfalltage) wegen Verkehrsunfällen konnten nicht gefunden werden.

d) Ambulante Behandlungen, Spitaltage von Erwerbstätigen

Rund 16.5% der Luxemburger Bevölkerung geben an, chronisch unter Bluthochdruck zu leiden. Auf Basis dieser Angabe und der Annahme, dass diese Personen pro Jahr einmal den Arzt aufsuchen, wird die Anzahl ambulanter Behandlungen aufgrund von Bluthochdruck ermittelt.[133]

Schliesslich wurde aus den Daten der IGSS auch erhoben, welcher Anteil der Hospitalisierten erwerbstätig ist (denn nur bei diesen Patienten ergeben sich Produktionsausfälle). Folgende Anteile konnten hergeleitet werden:

- Ischämische Herzkrankheiten: 17.0%
- Bluthochdruck bedingte Krankheiten: 10.4%
- Schlaganfall: 11.3%
- Atemwegserkrankungen: 11.5%
- Herzkreislauferkrankungen: 11.4%

7.6 Todesfälle

a) Sterbetafeln

Für die Berechnung der verlorenen Lebensjahre werden die Überlebenswahrscheinlichkeiten nach 1-Jahres-Altersklassen und Geschlecht benötigt. Diese stammen aus luxemburgischen Sterbetafeln des Statistikamts STATEC «Mouvement de la Population-Décès».[134]

b) Aufteilung der Todesfälle

Für die Berechnung der verlorenen Lebensjahre wird auch die Zahl aller Todesfälle sowie der Todesfälle für gewisse Todesursachen benötigt – wiederum nach 1-Jahres-Altersklassen und Geschlecht. Für die Anzahl aller Todesfälle sowie für Todesfälle durch Gewalt, Unfall und Suizid stammen die Angaben aus Luxemburg Daten.[135] Der Anteil der Todesfälle durch Bluthochdruck, ischämische Herzkrankheiten und Schlaganfall musste jedoch aus der Schweiz übernommen werden, da keine Luxemburger Daten gefunden werden konnten. Vergleiche zwischen Luxemburg und Schweiz (OECD Statistik) zeigen, dass die Unterschiede sehr gering sind.

---

[133] In der Schweiz beträgt dieser Anteil 13%.

[134] http://www.statistiques.public.lu/stat/ReportFolders/ReportFolder.aspx?IF_Language=fra&MainTheme=2&FldrName=2

[135] Quelle dieser Daten sind das Gesundheits-Ministerium-Service Epidémiologie et Statistiques.

8 W1[136] Baukosten

8.1 Berechnungsgegenstand

KNA: Erstinvestitionskosten für die Errichtung des Projektes (z.B. Neu- / Ausbau Strasse oder Schiene) abzüglich der Restwerte am Ende des Betrachtungszeitraums.

Transportrechnung: Die Kosten der Verkehrsinfrastrukturen in Luxemburg im Jahr 2016 (Strasse und Schiene) setzen sich aus mehreren Bestandteilen zusammen:

- Kapitaldienst bzw. die Kosten für Abschreibung und Verzinsung der bestehenden Infrastrukturanlagen (Neubau, Ausbau, Erneuerung, Planung, Landerwerb) – betrifft W1 Baukosten / W2 Ersatzinvestitionen[137] und W3 Landkosten
- Betriebs- und Unterhaltskosten – betrifft W6
- Personalkosten bzw. Kosten aller Ämter / Ministerien, die sich mit dem Verkehr befassen – betrifft W1 und W6

Diese Kosten betreffen auch den ruhenden Verkehr (Parkplätze, Parkhäuser, Garagen, Depots etc.) und nicht nur die «normalen» Strassen- und Schieneninfrastrukturen.

Im Folgenden wird für die Transportrechnung also nicht nur auf Datengrundlagen für W1 / W2 eingegangen, sondern auch auf Datengrundlagen für W6, weil diese Indikatoren teilweise auf denselben Datengrundlagen basieren bzw. die Datengrundlagen auf diese Indikatoren aufgeteilt werden müssen.

Die Transportrechnung stellt zusätzliche Anforderungen an die Datenverfügbarkeit, da gewisse benötigte Daten in einer KNA nicht relevant sind. Dies betrifft insbesondere die Infrastrukturkosten: In einer KNA werden nur die Infrastrukturkosten des zu betrachtenden Aus- / Neubaus betrachtet. In der Transportrechnung hingegen muss die gesamte Verkehrsinfrastruktur in Luxemburg miteinbezogen werden (alle Strassen, Schienen, inkl. Parkplätzen, Depots etc.). Während die Betriebs- und Unterhaltskosten der Infrastrukturen (W6) auch in der KNA benötigt werden, sind insbesondere die Kapitalkosten der bestehenden Infrastrukturen zusätzlich zu erheben (Abschreibung und Verzinsung).

Schliesslich müssen die Infrastrukturkosten auch noch auf die Fahrzeugkategorien aufgeteilt werden. Dazu werden sogenannte Allokationsmethoden verwendet.

[136] Die Kurzbezeichnung folgt der Nummerierung in Abbildung 5-1 und Abbildung 5-2. Im Folgenden werden nur jene Indikatoren behandelt, welche sich auch monetarisieren lassen, entsprechend ist die Nummerierung in den Kapitelüberschriften nicht kontinuierlich, sondern mit Lücken versehen.

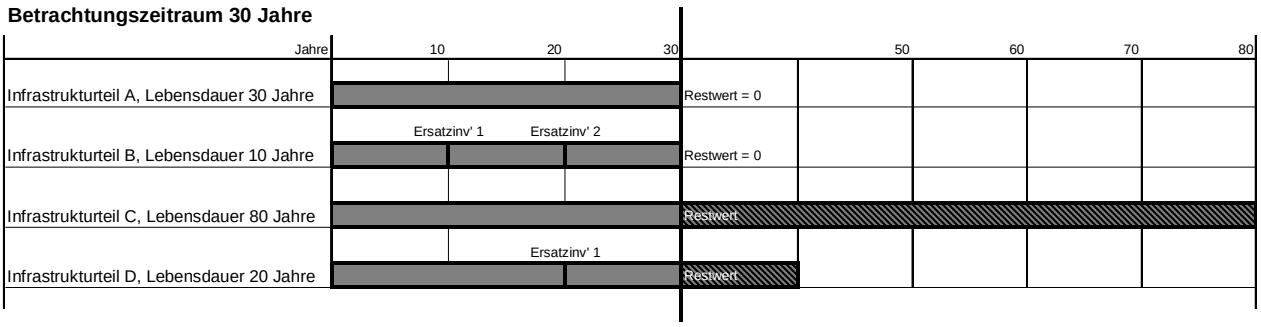
[137] Die Indikatoren W1 Baukosten und W2 Ersatzinvestitionen werden für die Transportrechnung zusammen erhoben.

8.2 Berechnungsmethodik für die KNA[138]

8.2.1 Baukosten

Die Baukosten werden auf verschiedene Baubestandteile mit unterschiedlichen Lebensdauern aufgeteilt. Wenn die Lebensdauer eines Teiles der Infrastruktur kleiner als der Betrachtungszeitraum ist, sind Ersatzinvestitionen einzuplanen. Ist hingegen die Lebensdauer grösser als der Betrachtungszeitraum, ist der Restwert dieses Infrastrukturteiles zu berücksichtigen. Dies wird mit der folgenden Abbildung verdeutlicht. Die Restwerte der Baubestandteile, die länger halten als der Betrachtungszeitraum, werden von den Kosten abgezogen.

Abbildung 8-1: Restwerte und Ersatzinvestitionen



Zu den Baukosten gehören neben den eigentlichen Erstellungskosten auch die Kosten für

- Planung und Projektierung (liegen keine genaueren Schätzungen vor, so können für Planung und Projektierung 20% der übrigen Baukosten veranschlagt werden.[139])
- Abbruch- und Anpassungsarbeiten
- Leitungsverlegungen
- Lärmschutz
- Bepflanzungen
- Schutz-, Wiederherstellungs-, Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen
- Massnahmen, die Umweltbeeinträchtigungen vermindern (Kompensationsmassnahmen)
- Flankierende Massnahmen, ohne die das Projekt nicht durchführbar ist, ohne die der Nutzen des Projekts massiv beeinträchtigt wird oder mit denen der Nutzen des Projekts deutlich erhöht wird
- Reserven (vgl. unten)

---

[138] Der folgende Text basiert auf SN 641 820, Ziffer 30 und Ecoplan, Metron (2005), Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. Kommentar zur SN 641 820 und Ecoplan (2005), Bewertungsmethode für die Priorisierung von Projekten im Schienenverkehr.

[139] Ecoplan, Metron (2005), Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. Kommentar zur SN 641 820, S. 93.

Es werden nur Kosten berücksichtigt, die entstehen, wenn das Projekt weiterverfolgt wird. Kosten, die vor dem Entscheidungszeitpunkt angefallen sind (z.B. Planungskosten), dürfen nicht mehr berücksichtigt werden, da es sich hierbei um sogenannte «sunk costs» handelt. Eine Ausnahme bilden die Landkosten (Indikator W3), da das Land wieder verkauft werden könnte.

Die sogenannten Ohnehin-Kosten sind herauszurechnen: Muss z.B. eine Strasse ohnehin unterhalten werden und entfallen diese Kosten mit dem Projekt, so müssen diese Kosten von den Baukosten abgezogen werden (Differenzbetrachtung).

Die MWST ist herauszurechnen (da die gesamte KNA zu Faktorpreisen berechnet wird).

8.2.2 Reserven

Die Baukosten werden von Bauingenieuren für jedes Projekt einzeln abgeschätzt. Zu ihrer Kostenschätzung zählen die Ingenieure üblicherweise eine Reserve für Unvorhergesehenes. Um die tatsächlich zu erwartenden Baukosten möglichst genau abzubilden, muss aber noch eine weitere Reserve eingeplant werden (vgl. folgende Abbildung):

- Wurde eine umfassende Risikoanalyse durchgeführt, sind neben der mit der Risikoanalyse bestimmten, nötigen Reserve noch Reserven für Unvorhergesehenes von 3% für «normale» Strassen- und Schienenprojekte bzw. 6% für Tunnel- und Brückenprojekte (Strasse und Schiene) vorzusehen.
- Wurde keine Risikoanalyse durchgeführt, beträgt die Reserve bei Strassen- und Schienenprojekten 20% und bei Tunnel- und Brückenprojekten 40%.
- Bei der Bauzeit ist gegenüber dem normalen Ablauf eine Reserve von 20% (Strasse) bzw. 25% (Tunnel, Brücke) zu berücksichtigen

Diese Werte gelten für grosse und kleine Projekte gleichermassen: Flyvbjerg et al.[140] untersuchten Projekte mit Kosten zwischen 1.5 Millionen US$ und 8.5 Milliarden US$ und es wurde bei den Strassenprojekten kein Zusammenhang zwischen Projektgrösse und Kostenüberschreitung gefunden. Die Abbildung 8-2 wurde mit den luxemburgischen Experten im Strassen- und Schienenverkehr besprochen und von diesen zur Verwendung empfohlen. Im MOBIMPACT-Tool werden diese Reserven als überschreibbare Vorgabewerte eingebaut.

Abbildung 8-2: Reserven (Zuschlag auf Investitionskosten bzw. Bauzeit in Prozent)

	Investitionskosten[1]		Bauzeit
	mit Risikoanalyse	ohne Risikoanalyse	
Strasse, Schiene	≥ 3%	20%	20%
Tunnel, Brücke	≥ 6%	40%	25%

[1] Die Investitionskosten umfassen die Baukosten, Ersatzinvestitionen und Landkosten.

[140] Flyvbjerg et al. (2002), Underestimating Costs in Public Works Projects, S. 293.

Exkurs: Begründung der Reserve[141]

Weltweit wird beobachtet, dass die Kosten von Infrastrukturprojekten im Verkehrsbereich meist unterschätzt werden:[142] In einer internationalen Studie, in der 181 Verkehrsprojekte in verschiedenen Ländern Europas betrachtet wurden, ergab sich, dass in 90% der Projekte die Kosten im Zeitpunkt des Bauentscheids unterschätzt werden: Für Strassen sind die Kosten durchschnittlich 22% höher, für Schienen durchschnittlich 34% höher und für Tunnels und Brücken 43% höher.[143] In einer weiteren englischen Studie wird für englische Projekte eine deutlich höhere durchschnittliche Kostenüberschreitung von 44 – 66% ermittelt.[144]

Der Grund für die Unterschätzung der Kosten liegt darin, dass Risiken übersehen oder nicht (genügend) betrachtet werden, d.h. es wird nur untersucht, welche Kosten sich ergeben, wenn alles nach Plan läuft. Wie der Kostenverlauf sich entwickelt, wenn Probleme auftauchen, wird oft nicht oder nicht ausreichend analysiert.[145] Häufig muss auch vermutet werden, dass die Befürworter des Projekts die Kosten bewusst zu tief angeben, z.B. weil Baufirmen vom Bau profitieren oder weil lokale Befürworter des Projektes so an Gelder des Staates kommen wollen.[146] Die Kostenunterschätzung kann aber auch darauf beruhen, dass die Befürworter des Projektes zu optimistisch sind. Deshalb wird die chronische Kostenunterschätzung oft als **optimism bias** (Verzerrung durch Optimismus) bezeichnet.

In einer KNA müssen jedoch die tatsächlich erwarteten Kosten bzw. die beste Schätzung der wahren Kosten (und Nutzen) eingehen und nicht irgendwelche, durch optimistische Annahmen nach unten verzerrte Kosten. Folglich muss die übliche Kostenschätzung mit einem Korrekturfaktor (einer Art Risikoprämie) erhöht werden.[147]

[141] Der folgende Text basiert auf Ecoplan, Metron (2005), Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. Kommentar zur SN 641 820 und Ecoplan (2005), Bewertungsmethode für die Priorisierung von Projekten im Schienenverkehr.

[142] Scottish Executive (2003), Scottish Transport Appraisal Guidance, S. 12-1 – 12-2 und Treasury (2003), Supplementary Green Book Guidance – Optimism Bias, S. 1/15.

[143] Flyvbjerg et al. (2002), Underestimating Costs in Public Works Projects, S. 281 und 285.

[144] Mott MacDonald (2002), Review of Large Public Procurement in the UK, S. 14.

[145] Flyvbjerg et al. (2003), Megaprojects and Risk, S. 76 und 80, Scottish Executive (2003), Scottish Transport Appraisal Guidance, S. 12-1 – 12-2 und Treasury (2003), Supplementary Green Book Guidance – Optimism Bias, S. 1/15.

[146] Flyvbjerg et al. (2003), Megaprojects and Risk, S. 16 und Flyvbjerg et al. (2002), Underestimating Costs in Public Works Projects, S. 288. Im diesem Papier (S. 286-290) wird ein guter Überblick über die möglichen Gründe der Kostenüberschreitung gegeben.

[147] Scottish Executive (2003), Scottish Transport Appraisal Guidance, S. 12-1 – 12-2.

8.2.3 Aufteilung der Baukosten

Die Baukosten sind auf die einzelnen Jahre der Planungs- und Bauphase aufzuteilen. Dazu kann entweder die folgende Abbildung verwendet werden oder es kann eine projektspezifische Aufteilung erfolgen. Im MOBIMPACT-Tool werden die Daten vom Benutzer selbst mit Hilfe dieser Abbildung oder aufgrund projektspezifischer Abschätzungen auf die Bauphase verteilt und ins Tool eingegeben.

Ausserdem sind die Baukosten auf ihre einzelnen Bestandteile aufzuteilen. Relevant ist die Aufteilung nur, wenn zwei Bauteile unterschiedliche Lebensdauern haben, was andere Restwerte bzw. Ersatzinvestitionen zur Folge hat. Haben zwei Baubestandteile demgegenüber die gleiche Lebensdauer, ist eine Aufteilung nicht notwendig. Die Abbildung 8-4 zeigt Lebensdauern für typische Baubestandteile. Diese Abbildung soll als Hilfestellung dienen, es kann aber davon abgewichen werden.

Im MOBIMPACT-Tool wird der Strassenbelag als Baubestandteil vorgegeben, da in Luxemburg dessen Ersatzinvestitionen in den Unterhaltskosten erfasst werden, d.h. im Indikator W6. Es dürfen für den Strassenbelag also keine Ersatzinvestitionen berechnet werden.

Endet die Lebensdauer eines Bestandteils (Erst- und Ersatzinvestitionen) nach dem Ende des Betrachtungszeitraums, so muss im Jahr nach Ablauf des Betrachtungszeitraums ein Restwert berücksichtigt werden. Der Restwert berechnet sich mittels linearer Abschreibung ab dem Bauzeitpunkt des Bestandteils über die Lebensdauer des Bestandteils.

8.2.4 Sensitivitätsanalyse

Die Schätzung der Baukosten durch die Bauingenieure ist mit Unsicherheiten behaftet (z.B. je nach Planungsstand ±10% oder ±50%). Auf Basis der ausgewiesenen Genauigkeit der Kostenschätzung ist im MOBIMPACT-Tool jeweils für die Investitionskosten eine entsprechende Sensitivitätsanalyse durchzuführen.

Abbildung 8-3: Aufteilung der Baukosten auf die Bauzeit

Bauzeit in Jahren	Anteil an den gesamten Baukosten (in %) im Jahr X vor Inbetriebnahme																	1. Jahr nach Inbetrieb-nahme
	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
1																	97%	3%
1.5																29%	68%	3%
2																47%	50%	3%
2.5															16%	42%	39%	3%
3															30%	34%	33%	3%
3.5														11%	29%	30%	27%	3%
4														22%	25%	25%	25%	3%
5													13%	20%	23%	23%	18%	3%
6												6.5%	17%	19%	21%	21%	13%	2.5%
7											5.5%	14%	16%	17%	17%	17%	11%	2.5%
8										5%	8%	14%	15%	16%	15%	15%	10%	2.0%
9									5%	7%	8%	13%	14%	14%	14%	14%	9%	2.0%
10								4.5%	5%	7%	9%	12%	13%	13%	13%	13%	9%	1.5%
11							4%	5%	6%	7.5%	9%	11%	12%	12%	12%	12%	8%	1.5%
12						3.5%	5%	5%	7%	8%	9%	10%	11%	11%	11%	11%	7%	1.5%
13					3.5%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	9%	10%	10%	10%	10%	7%	1.5%
14				3%	4%	5%	6%	6%	7%	8%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	6%	1.0%
15			3%	4%	4%	5%	6%	7%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	6%	1.0%
16		3%	4%	4%	5%	5%	6%	7%	7.5%	7.5%	7.5%	7.5%	7.5%	7.5%	7.5%	7.5%	5%	1.0%
17	3%	4%	4%	4%	5%	5%	6%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	5%	1.0%

Quelle: Basierend auf Vorgaben von England für Bauzeiten von 1.5 bis 4 Jahren (Department for Transport 2006, The Valuation of Costs and Benefits, S. 7/4 bzw. Ecoplan, Metron (2005), Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. Kommentar zur SN 641 820, S. 99) und auf Vorgaben von Deutschland für den öffentlichen Nahverkehr für Bauzeiten von 1-10 Jahren (Intraplan 2000, Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs, Anhang 1, S. 21). Für Bauzeiten von mehr als 10 Jahren wurden basierend auf diesen Grundlagen plausible Annahmen getroffen.

Abbildung 8-4: Lebensdauer verschiedener Baubestandteile

Lebensdauern verschiedener Baubestandteile	Lebensdauer
Allgemeine Baubestandteile	
Planung und Bauleitung	[1]
Landkosten	unendlich
Brücken, Galerien und Tunnel in offener Bauweise	50 [2]
– Tragwerk und Unterbau	75 [3]
– Brückenausrüstung	20
Stützwände	60 [3]
Tunnel in bergmännischer Bauweise	50 [2]
– Tunnelbauwerk	100
– Tunnelausrüstung	20
Lärmschutzwände und -fenster	25
Strassenverkehr	
Untergrund, Unterbau, Wälle, Frostschutzschichten, Ausgleichsmassnahmen	90
Entwässerung	75
Hangsicherung	65
Tragschichten	50
Fahrbahndecken	25 [2]
– Bituminös (Binder / Deckschicht)	20
– Beton	25
– Pflaster	50
Ausstattung	15
Leitschranken, Zäune, Randborde	50
Strassen-ÖV	
Tramstrasse	35
Stromversorgung / Steuerung	25
Fahrleitungsmasten	50
Haltestelle	25
Möblierung, Beleuchtung Strasse	20
Bepflanzung	50
Lichtsignalanlagen	20
Werkleitungen	35
Waschanlage Depot	20
Bahnnverkehr	
Holzschwellen	33
Betonschwellen	50
Schienen	20
Gebäude	50
Fahrleitung (elektrischer Teil)	30
Fahrleitungsmasten	75
Schaltanlagen	30
Transformatoren	40
Stellwerke, Innenanlage	25
Stellwerke, Informatik	10
Stellwerke, Leittechnik	25
Stellwerke, Aussenanlage	25-40
Telekommunikation	15
Bremsprobeanlagen	30
Zugvorheizanlagen	30
Kompressoranlagen (Druckluft)	20
Gleisbeleuchtungsanlagen	30
Mittelspannungsposten	30
Notstromaggregate	20
Niederspannungshauptverteilungen	20
Niederspannungsanlagen	15
Sicherheitsanlagen (Notbeleuchtung, Brandmeldeanlagen,…)	10
Unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen (USV)	10
Beleuchtungsanlagen der Haltestellen	15
Aufzüge, Rolltreppen	20
Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlagen	15

[1] Die Kosten für Planung und Bauleitung sind bei ihrem Anfallen zu berücksichtigen. Es sind keine Ersatzinvestitionen und keine Restwerte miteinzubeziehen.

[2] Dieser Wert ist nur zu benutzen, wenn keine genaueren Angaben über die Aufteilung der Kosten vorliegen.

[3] Im Schienenverkehr werden auch 100 Jahre verwendet.

Quellen: SN 641 820 (2006), Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. Grundnorm. Ecoplan (2011), Tram Region Bern Wirtschaftlichkeitsrechnung. Schienenverkehr: Angaben der CFL.

8.3 Berechnungsmethodik für die Transportrechnung

8.3.1 Möglichkeiten zur Bestimmung des Kapitaldienstes

Für die Ermittlung der Kosten für den Kapitaldienst (Abschreibung und Verzinsung) stehen grundsätzlich mit der **Kapitalrechnung** und der **Ausgabenrechnung** zwei Ansätze zur Verfügung. Welcher Ansatz gewählt wird, hängt vor allem von der Datenlage ab bzw. der Kenntnis über den Anlagenwert der aktuell bestehenden Verkehrsinfrastruktur.

a) Kapitalrechnung

In der Kapitalrechnung werden die Investitionen aktiviert und über die Lebensdauer der jeweiligen Anlage abgeschrieben. Dementsprechend werden in diesem Ansatz die Kosten für Abschreibung und Verzinsung anhand des Restwerts der bestehenden Infrastruktur bestimmt. Hierzu gibt es entweder die Möglichkeit eine Anlagenbuchhaltung zu führen oder den Restwert anhand der Wiederbeschaffungskosten und einer Annahme über das durchschnittliche Alter der bestehenden Anlagen zu ermitteln:

- Anlagenbuchhaltung: In der Anlagenbuchhalten werden alle Investitionsausgaben für Bau, baulichen Unterhalt, Erneuerung und Ersatz der bisherigen Verkehrsinfrastruktur erfasst. Die investierten Mittel werden dabei gemäss der erwarteten Nutzungsdauer der Anlage jährlich mit einem bestimmten Betrag abgeschrieben. Die Anlagenbuchhaltung gibt somit Auskunft über die noch aktivierten (Rest-) Werte des bestehenden Verkehrsnetzes. Von diesem Bilanzwert können die jährlichen Aufwendungen für die Verzinsung und für die Abschreibung ermittelt werden.
- Wiederbeschaffungskosten: Liegt keine Anlagenbuchhaltung vor und lässt sich deren Erstellung aufgrund des Aufwands oder fehlender historischer Daten zur Investitionstätigkeit nicht bewerkstelligen, können als Alternative auch Wiederbeschaffungskosten verwendet werden. Hierzu können entweder inländische Kostenansätze für die Erstellung eines Strassen- oder Schienenabschnitts (z.B. € pro Laufmeter Staatsstrasse oder Gemeindestrasse) verwendet werden oder – sofern keine entsprechenden Sätze vorliegen – ausländische Werte übertragen werden.

Im Vergleich zur Anlagenbuchhaltung ist der Bearbeitungsaufwand mit der Verwendung der Wiederbeschaffungskosten sehr viel kleiner, weil im Prinzip nur die Länge des Streckennetzes evtl. differenziert nach verschiedenen Strassenklassen bzw. Schienenstrecken (Ein- oder Doppelspur) und jeweils ein Kostensatz pro Laufmeter erhoben werden muss. Allerdings ist wie erwähnt die Unsicherheit über das Alter bzw. die Restnutzungsdauer der Anlagen sehr viel grösser und auch die investierten Mittel können mit der Methode der Wiederbeschaffungskosten nur sehr grob bestimmt werden.

b) Ausgabenrechnung

Steht keine Anlagenrechnung zur Verfügung und soll eine solche nicht aufgebaut werden, kann als approximative Annäherung auch auf eine Ausgabenrechnung zurückgegriffen werden. Die

Grundidee dabei ist, dass über die lange Frist die Ausgaben für baulichen Unterhalt, Erneuerung und Ersatz des bestehenden Netzes in etwa dem Abschreibungsaufwand entsprechen sollten. Wichtig bei der Verwendung der Ausgabenrechnung ist, dass die durchschnittlichen Jahresausgaben über eine genügend lange Zeitperiode (wenn möglich 10 Jahre) bestimmt werden, so dass konjunktur- oder projektbedingte Schwankungen möglichst ausgeglichen sind. Ebenso ist zu beachten, dass keine Ausgaben für Neu- oder Ausbauten des Infrastrukturnetzes berücksichtigt werden, sondern nur die Ausgaben für die Instandhaltung des bestehenden Netzes.[148]

c) Vor- und Nachteile der beiden Varianten

Die Kapital- bzw. Anlagenbuchhaltung bietet den Vorteil, dass sie wesentlich verlässlichere Ergebnisse über den tatsächlichen Restwert des bestehenden Verkehrsnetzes und somit über den Abschreibungs- und Zinsaufwand liefert als die Anwendung einer Ausgabenrechnung.

Der Vorteil der Ausgaben- gegenüber der Kapitalrechnung besteht darin, dass die Investitionsausgaben nur über eine begrenzte Zeitperiode (5 bis 10 Jahre) erhoben werden müssen und dies mit vergleichsweise geringem Aufwand machbar ist. Demgegenüber bedingt eine Kapitalrechnung im Grundsatz die Existenz einer Anlagenbuchhaltung, in welcher sämtliche vergangenen Investitionsausgaben erfasst und die jährliche Abschreibung der Anlagen nachgeführt werden.

d) Vorgehen in Luxemburg für die Infrastrukturkosten (W1 / W2)

Sowohl für den Schienenverkehr als auch für den staatlichen Strassenbau gibt es in Luxemburg nur Ausgabenrechnungen und es bestehen derzeit keine Bestrebungen, dies zu ändern. Die Ausgaben für Unterhalt und Erneuerung werden als angemessen und über die Jahre sinnvoll verteilt erachtet, so dass die Qualität der Infrastrukturen auf einem hohen Niveau gehalten werden kann.

Daher steht bei der Bestimmung der Infrastrukturkosten die **Ausgabenrechnung** in Luxemburg im Zentrum, wobei die Ausgaben der letzten 3-5 Jahre betrachtet werden.

Auf Basis der Ausgabenrechnung werden zur Ermittlung des Kapitaldienstes folgende Annahmen unterstellt:

- Bei den Investitionskosten (W1 / W2) wird von einer durchschnittlichen Lebensdauer von 40 Jahren ausgegangen, so dass jährlich 2.5% abgeschrieben bzw. ersetzt werden müssen (analog zur Schweiz). Für die Transportrechnung werden also die Indikatoren W1 Baukosten und W2 Ersatzinvestitionen zusammen erhoben, da die Baukosten (W1) über die Ersatzinvestitionen (W2) abgeschätzt werden.
- Beim Landerwerb (W3) wird von einer unendlichen Lebensdauer ausgegangen, so dass keine Abschreibung erfolgt (nur Zinskosten).

[148] Diese Abgrenzung kann in der Praxis aber schwierig sein, z.B. weil bei Ausbauprojekten oft nicht zwischen Ausbau (z.B. Verbreiterung der Fahrbahn) und Erneuerung der bestehenden Strecke unterschieden wird.

- Der Zinssatz für langfristige Anleihen des Staates wurde aus Daten vom luxemburgischen Finanzministerium ermittelt und von Experten im Bankenwesen bestätigt. Der so ermittelte Zinssatz beträgt 1.48%.

Konkret bedeutet dies, dass die durchschnittlichen jährlichen Ersatzinvestitionen mit 40 multipliziert werden, um den Wert der Infrastrukturen in Luxemburg abzuschätzen. Von diesem Wert werden dann die Zinskosten berechnet: Auf dem halben Wert[149] sind die Zinsen von 1.48% zu berücksichtigen. Zu den Kosten der Ersatzinvestitionen (2.5% des Wertes der Infrastrukturen) werden also noch ca. 30% dazugerechnet (= 1.48% / 2.5% / 2), um die Zinskosten bzw. das durch die Infrastrukturen gebundene Kapital zu berücksichtigen.

8.3.2 Infrastrukturkosten Strassenverkehr

Bei den Infrastrukturkosten im Strassenverkehr wird zwischen staatlichen Strassen (Strassen des Staates Luxemburg) und den Gemeindestrassen unterschieden. Es gibt insgesamt vier Strassentypen in Luxemburg, wobei die ersten drei zu den staatlichen Strassen gehören:

- Autobahnen
- Nationalstrassen
- Chemins Repris (Staat besitzt die Strasse, die Gemeinde in der Regel das Grundstück)
- Gemeindestrassen[150]

Hierbei werden sämtliche Ausgaben für den Betrieb und Unterhalt (W6) sowie für Ersatzinvestitionen (oder Erneuerungen) erfasst (W1 / W2).[151] Die berücksichtigten Infrastrukturen werden in Kapitel 2.1.4 aufgeführt.

Im öffentlichen Strassenverkehr finanziert die öffentliche Hand in Luxemburg sowohl Bus und Tram wie auch die dazu benötigte Infrastruktur. Aus diesem Grund fallen auch die Infrastrukturkosten von Bus und Tram bei Staat und Gemeinden an.[152]

a) Infrastrukturkosten

Für die Berechnung der Infrastrukturkosten der **staatlichen Strassen** (d.h. alle Strassen ausser Gemeindestrassen) wurden die Zahlen aus der Ausgabenrechnung von Luxemburg gewonnen (insbesondere «Fonds des routes», Aufbereitung durch MDDI), wobei zwischen den Kosten für Ersatzinvestitionen (Infrastrukturkosten W1 / W2) und den Betriebs- und Unterhaltskosten (W6) unterschieden wird:

---

[149] Wie üblich wird davon ausgegangen, dass der Kredit über 40 Jahre linear zurückgezahlt wird. Im Durchschnitt über 40 Jahre muss also auf der Hälfte des Kredites Zins gezahlt werden.

[150] Jede Ortschaft in Luxemburg wird von einer staatlichen Strasse erschlossen. Gemeindestrasse dienen nur der Erschliessung innerhalb der Gemeinde. Gemeindestrassen sind also alle restlichen, nicht privaten Strassen.

[151] Dabei sind nach Möglichkeit die Kosten für Werkleitungen (Strom, Wasser, Abwasser etc.) abzuziehen.

[152] Bei den Infrastrukturkosten des öffentlichen Strassenverkehrs werden Kosten für ÖV-Haltestellen (inkl. Ausrüstung), Busspuren, Tramtrassen, Stromleitungen, Wendeschlaufen, Lichtsignalanlagen für die ÖV-Priorisierung, Bus- und Tramdepots etc. nach Möglichkeit gesondert ausgewiesen und direkt dem ÖV zugewiesen.

- **Infrastrukturkosten** (Indikator W1 / W2): Aus den Jahresrechnungen wurden jene Kosten ermittelt, welche Ersatzinvestitionen auf den Staatsstrassen betreffen (Durchschnitt der Jahre 2012-2016). Hierbei wird von der Annahme ausgegangen, dass die Ersatzinvestitionen den jährlichen Abschreibungen auf die Infrastruktur entsprechen. Insgesamt wurden 37 Kontogruppen erfasst, welche Ersatzinvestitionen betreffen. Neben den Abschreibungen fallen auch Zinskosten auf der Hälfte des in der bestehenden Infrastruktur gebundene Kapitals an (Opportunitätskosten zu einem Zinssatz von 1.48%, vgl. Abschnitt 8.3.1d). Zudem wird ein Teil der Verwaltungskosten der Ämter und Ministerien im Verkehrsbereich den Infrastrukturkosten zugerechnet (vgl. Exkurs unten). Die Infrastrukturkosten der staatlichen Strassen betragen für 2016 insgesamt 114 Mio. €.
- **Betriebs- und Unterhaltskosten** (Indikator W6): Für alle Staatsstrassen wurden die Betriebs- und Unterhaltskosten aus den Jahresabrechnungen ermittelt (Durchschnitt der Jahre 2014-2016), wobei insgesamt 17 Kontogruppen erfasst wurden. Zudem entfällt auch ein Teil der Verwaltungskosten aller Ämter und Ministerien, welche sich mit dem Verkehr befassen (vgl. Exkurs unten), auf die Betriebs- und Unterhaltskosten. Die Betriebs- und Unterhaltskosten der staatlichen Strassen betragen für 2016 insgesamt 99 Mio. € (inkl. Kosten der Ämter und Ministerien).

Exkurs: Kosten der Ämter und Ministerien

Die Kosten aller Ämter und Ministerien, die sich mit dem Verkehr befassen betragen 90.77 Mio. € (Durchschnitt der Jahre 2014-2016). Neben den Kosten der Administration des Ponts et Chaussées wurden hierbei auch die folgenden sieben Kontogruppen von MDDI Transport berücksichtigt:

- Allgemeine Kosten
- Strassenverkehr und Strassensicherheit
- Verkehrsplanung und ÖV (Bus, Tram und Zug)
- Frachtverkehr per Strasse (transports routiers)
- Taxi
- Eisenbahnverwaltung ACF
- Verwaltung der technischen Untersuchungen (enquêtes techniques)

Zudem fliessen auch noch gebäudebezogene Kosten mit ein (wie Abrechnungen für Wärme, Kälte und Strom). Aufgrund fehlender Daten konnten jedoch die folgenden Kosten nicht berücksichtigt werden, wodurch die Aufwendungen für den Verkehrsbereich in der Tendenz unterschätzt werden: Mietwert Gebäude, Büromaterial, Informations- und Informatikkosten (Hard- und Software) sowie Kommunikationskosten.

Für die oben aufgeführten Kontogruppen wurde mithilfe von groben Annahmen (durch das MDDI; vgl. Abbildung 32-1 im Anhang C) bestimmt, welcher Teil der jeweiligen Kosten für die Infrastruktur und deren Betrieb relevant ist und wie sich dieser auf Betriebs- und Unterhaltskosten, Ersatzinvestitionen (Infrastrukturkosten) sowie Aus- / Neubau aufteilen lässt. Die Kosten für Aus- / Neubau wurden ausgeschlossen (vgl. Kapitel 8.3.1b).

In einem letzten Schritt wurden die Kosten anhand eines vom MDDI vorgegebenen Gewichtungsschlüssels (differenziert nach Kostengruppe; vgl. Abbildung 32-1) und der Fahrleistung (gemessen in Fzkm resp. Zugkm) auf die einzelnen Fahrzeugkategorien aufgeteilt. Die Kosten entfallen schlussendlich wie folgt auf den Strassen- und Schienenverkehr (gegliedert nach Betriebskosten und Ersatzinvestitionen):

Kosten der Ämter (in Mio. €)	Strassen-verkehr	Schienen-verkehr	**Total**
Infrastrukturkosten (W1 / W2)	27.56	0.15	**27.71**
Betriebs- und Unterhaltskosten (W6)	60.35	2.71	**63.06**
Total	**87.91**	**2.86**	**90.77**

Für die Berechnung der Infrastrukturkosten der **Gemeindestrassen** wurde ein ähnliches Vorgehen gewählt wie bei den staatlichen Strassen. Die verwendeten Zahlen stammen aus den Budgets von 8 repräsentativen Gemeinden (vgl. detaillierte Erläuterung im Anhang D).

Für jede Gemeindegruppe wurden auf Basis der erhobenen Kostendaten (vgl. detaillierte Erläuterung in Anhang D) sowie der Einwohnerzahl pro-Kopf-Kosten berechnet, welche anschliessend auf alle Gemeinden der jeweiligen Gemeindegruppe hochgerechnet wurden (mithilfe der Einwohnerzahlen aller Gemeinden, welche durch eine Gemeindegruppe repräsentiert werden). Auch bei den Gemeindestrassen ist zwischen den Kosten für Ersatzinvestitionen (Infrastrukturkosten W1 / W2) und den Betriebs- und Unterhaltskosten(W6) zu unterscheiden. Hierzu wurde für die erhobenen Kontogruppen mithilfe von groben Annahmen (vgl. Abbildung 8-5) bestimmt, wie sich die Kosten auf Betriebs- und Unterhaltskosten, Ersatzinvestitionen (Infrastrukturkosten) sowie Neuinvestitionen[153] aufteilen lassen.

Abbildung 8-5: Aufteilung der erhobenen Konten auf Betriebs- und Unterhaltskosten, Ersatzinvestitionen (Infrastrukturkosten) sowie Neuinvestitionen

	Alle Gemeinden (exkl. VdL):		Ville de Luxembourg		
Berücksichtigte Konten der Ausgabenrechnung 2016	Betriebs- und Unterhaltskosten	Ersatz-investitionen	Betriebs- und Unterhaltskosten	Ersatz-investitionen	Neuinvestionen
Pos 441: ÖV	70.0%	30.0%	87.5%	10.0%	2.5%
Pos 449: Andere Verkehrssysteme	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Pos 622: Strassenverkehr	95.0%	5.0%	95.0%	5.0%	0.0%
Pos 623: Parkraumbewirtschaftung	85.0%	15.0%	60.0%	15.0%	25.0%
Pos 624: Kommunales Strassennetz	30.0%	70.0%	30.0%	57.5%	12.5%

Unter Verwendung dieser Aufteilung ergeben sich für das Jahr 2016 folgende Kosten für die Gemeindestrassen:

[153] Neuinvestitionen werden nicht in die Berechnungen miteinbezogen, werden der Vollständigkeit halber aber in Abbildung 8-5 aufgeführt.

- **Infrastrukturkosten** (Indikator W1 / W2): Neben den Ersatzinvestitionen bzw. Abschreibungen auf den Gemeindestrassen fallen auch Zinskosten auf der Hälfte des in der bestehenden Infrastruktur gebundene Kapitals an (Opportunitätskosten zu einem Zinssatz von 1.48%, vgl. Abschnitt 8.3.1). Dadurch betragen die Infrastrukturkosten der Gemeindestrassen insgesamt 149 Mio. €.
- **Betriebs- und Unterhaltskosten** (Indikator W6): Für den Betrieb und Unterhalt der Gemeinden fallen insgesamt 79 Mio. € an, davon 8.4 Mio. € für die Parkraumbewirtschaftung.

Für Staats- und Gemeindestrassen zusammen betragen die Kosten der Strasseninfrastruktur somit:

- **Infrastrukturkosten** (Indikator W1/W2): 263 Mio. €.
- **Betriebs- und Unterhaltskosten** (Indikator W6): 178 Mio. €.

Neben den oben beschriebenen Kosten der staatlichen Strasseninfrastruktur und der Gemeindestrassen sind grundsätzlich auch die Infrastrukturkosten der privaten ÖV-Unternehmen zu berücksichtigen. Diese sind jedoch bereits in den Betriebskosten ÖV (Indikator W9) enthalten.

Plausibilisierung der Strasseninfrastrukturkosten: Als Alternative zur oben dargestellten Berechnungsweise können zur Berechnung der Strasseninfrastrukturkosten die Widerbeschaffungskosten herangezogen werden. Hierzu wurde vom MDDI grob quantifiziert, in welchen Zeiträumen die jeweiligen Strassen (Anteil der heutigen Gesamtlänge) gebaut bzw. letztmals erneuert wurden (vgl. Abbildung 8-6).[154] Anhand der Anteilsangaben wurde die Strassenlänge linear auf die einzelnen Jahre innerhalb der Zeiträume aufgeteilt und anschliessend mit den Baukostensätzen der jeweiligen Jahre[155] multipliziert. Die jährlichen Infrastrukturkosten erhält man schliesslich, indem die aufsummierten Kosten durch 40 geteilt werden (da der Abschreibungszeitraum 40 Jahre beträgt). Zusätzlich fallen auch Zinskosten auf der Hälfte des in der bestehenden Infrastruktur gebundene Kapitals an (Opportunitätskosten zu einem Zinssatz von 1.48%, vgl. Abschnitt 8.3.1). Insgesamt ergeben sich dadurch jährliche Infrastrukturkosten von 254 Mio. €. Dieser Wert bestätigt die Grössenordnung der oben berechneten Infrastrukturkosten[156], aufgrund des höheren Detaillierungsgrades der Daten empfehlen wir jedoch, für die Strasseninfrastrukturkosten den oben berechneten Wert von 263 Mio. € zu verwenden.

---

[154] Für die Gemeindestrassen liegen keine detaillierten Daten vor. Deshalb wird davon ausgegangen, dass diese in den gleichen Zeiträumen wie die Chemins Repris erstellt wurden.

[155] Die Baukosten im Jahr X wurden durch Rückrechnung der Baukostensätze 2016 mit dem Baukostenindex berechnet. Die verwendeten Baukostensätze für das Jahr 2016 betragen gemäss Angaben eines führenden Luxemburger Strassenbauunternehmens:
- Innerorts: 330 € / m^2
- Ausserorts: 280 € / m^2
- Autobahn: 980 € / m^2

Für die Autobahntunnel wurde ein Kostensatz von 11'760 € / m^2 unterstellt, was 12-mal dem Kostensatz der Autobahn entspricht. Diese Annahme wurde auf Basis von Kostendaten aus der Schweiz getroffen, wo das Verhältnis zwischen «Autobahn offene Strecke» zu «Autobahn Tunnel» bei mindestens 1:12 liegt (vgl. Planergemeinschaft WEN (2013), Weiterentwicklung des Nationalstrassennetzes, Programm Engpassbeseitigung).

[156] Exkl. der Kosten der Ämter von 28 Mio. €, welche an dieser Stelle nicht berücksichtigt werden, betragen die oben berechneten Infrastrukturkosten 235 Mio. €.

Abbildung 8-6: Zeitraum der letzten Neu-Erstellung der Strasseninfrastruktur nach Strassentyp

Zeitraum	Autobahn-tunnel	Autobahn	National-strasse	Chemins Repris
vor 1960	0%	0%	0%	30%
1960-1979	0%	31%	90%	20%
1980-1999	10%	40%	5%	20%
2000-2018	90%	29%	5%	30%
Total	100%	100%	100%	100%

b) Allokation der Infrastrukturkosten auf die Fahrzeugkategorien

Bevor die Strassenkosten auf die Fahrzeugkategorien verteilt werden, wird für einzelne Strassentypen noch ein Abschlag für verkehrsfremde Nutzungen (Märkte, Versammlungen, Aussenbestuhlung in Cafés / Restaurants etc.) vorgenommen. Wir verwenden dazu Ergebnisse aus der Schweiz, da in der Schweiz der Kostenanteil verkehrsfremder Nutzungen bestimmt wurde:[157]

- 1% auf Nationalstrassen und Chemin Repris[158]
- 3% auf Gemeindestrassen

Allokation der Infrastrukturkosten staatliche Strassen

Für die Zuweisung der Kosten auf die Fahrzeugkategorien werden die Kosten pro Kontogruppe (vgl. Abschnitt a)) in einem ersten Schritt auf die folgenden Strassentypen aufgeteilt (Länge in Klammern):

- Autobahntunnel (14 km)
- Autobahn (161 km)
- Nationalstrasse (837 km)
- Chemins Repris (1’891 km)
- Brücken / Kunstbauten (38 km)
- Bus(spuren) (46 km)
- Fahrrad (650 km)
- Fussgänger (1’070 km)

Da die Jahresrechnung nicht differenziert nach den oben genannten Strassenkategorien vorliegt, mussten diesbezüglich Annahmen getroffen werden. Dabei wurden die ermittelten Kosten einerseits mit der Länge der Infrastrukturen des jeweiligen Strassentyps gewichtet,

[157] Ecoplan, ISPMZ (2013), Integration des Langsamverkehrs in die Transportrechnung. Auf Autobahnen sind es 0%, d.h. keine verkehrsfremden Nutzungen.

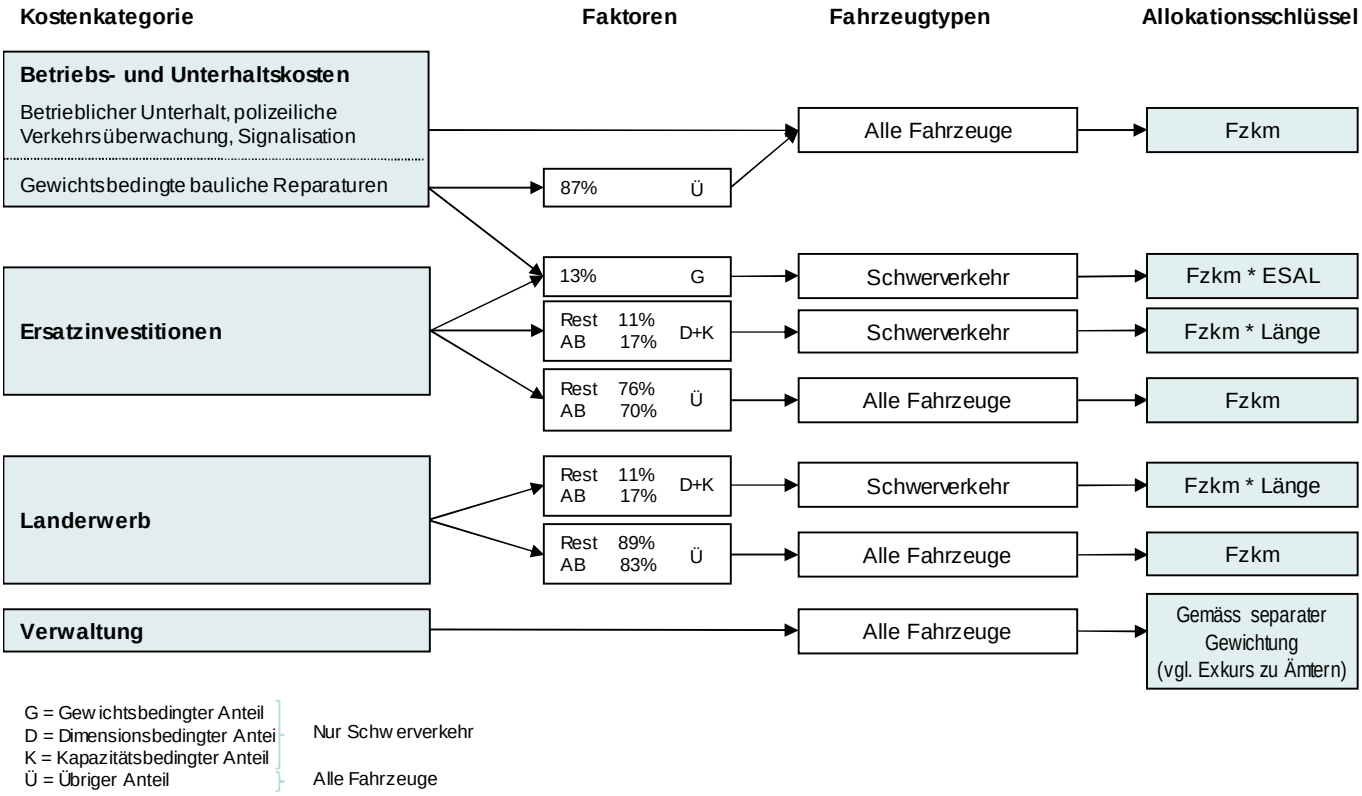
[158] Dadurch reduzieren sich die in Abschnitt 8.3.2a) ausgewiesenen Betriebs- und Unterhaltskosten um 0.13 Mio. € und die Infrastrukturkosten um 0.66 Mio. €.

andererseits wurde pro einbezogener Kontogruppe aus der Jahresrechnung eine individuelle Gewichtung pro Strassentyp vorgenommen (durch das MDDI; vgl. Abbildung 32-2 und Abbildung 32-3 im Anhang C).

In einem weiteren Schritt werden die so erhaltenen Kosten pro Strassentyp nach Schema in Abbildung 8-7, welches von der Schweiz auf Luxemburg angepasst wurde (vgl. auch den untenstehenden Exkurs), auf die Fahrzeugkategorien aufgeteilt. Dabei gilt es folgende Details zu beachten:

- Die Verteilung der Betriebs- und Unterhaltskosten erfolgt wie in Abbildung 8-7 beschrieben. Somit werden jene Kostengruppen, die
  - «betrieblichem Unterhalt, polizeilicher Verkehrsüberwachung, Signalisation» zuzuordnen sind, über die Fzkm verteilt.
  - «gewichtsbedingten baulichen Reparaturen» zuzuordnen sind, zu 87% über die Fzkm und zu 13% auf den Schwerverkehr (und innerhalb des Schwerverkehrs mit Fzkm * ESAL[159]) verteilt.

Abbildung 8-7: Allokation der Kosten für die Strasseninfrastruktur in Luxemburg



AB = Autobahn, Rest = restliche Strassentypen (Nationalstrasse, Chemins Repris, Brücken / Kunstbauten, Bus(spuren), Fahrrad, Fussgänger), ESAL = equivalent single axle load (standardisierte Achslast eines gesamten Fahrzeugs).

Quelle: Angepasste Darstellung für Luxemburg auf Basis von Infras et al. (2013), Aktualisierte Schätzung zum Schwerverkehrs-bedingten Anteil an den Strassenkosten, S. 43.

[159] ESAL = equivalent single axle load (standardisierte Achslast eines gesamten Fahrzeugs).

- Die Verteilung der Kosten für Ersatzinvestitionen (Infrastrukturkosten) erfolgt gemäss der Darstellung in Abbildung 8-7. Dabei werden 70% (Autobahn) resp. 76% (restliche Strassen) der Kosten über die Fzkm auf alle Fahrzeugkategorien verteilt. Die restlichen Kosten entfallen auf den Schwerverkehr, wobei 17% (Autobahn) resp. 11% (restliche Strassen) der Kosten über Fzkm * Länge verteilt werden und die verbleibenden 13% der Kosten über Fzkm * ESAL.
- Bei der Verteilung nach Fzkm werden jeweils die zurückgelegten Fzkm auf dem jeweiligen Strassentyp verwendet:
  - Für Autobahn und Autobahntunnel werden die Fzkm auf Autobahnen benutzt.
  - Für die Nationalstrasse und die Chemin Repris werden die Fzkm ausserorts und innerorts verwendet, wobei die Gewichtung von ausserorts und innerorts anhand der jeweiligen Fläche des betroffenen Strassentyps erfolgt (vgl. folgenden Abbildung).

Abbildung 8-8: Fläche der Strasseninfrastruktur im Jahr 2016

	Fläche in	ausserorts ha	innerorts ha	ausserorts %	innerorts %
Straßentyp	Autobahn	412	4	99%	1%
	Nationalstraße	683	267	72%	28%
	Chemin repris	1'167	492	70%	30%
	Gemeindestrasse	2'485	1'515	62%	38%
	Total	4'747	2'277	68%	32%

Quelle: GIS-Auswertung durch das MDDI.

- Die Kosten des Strassentyps Bus(spuren) werden auf Basis der Angaben MDDI direkt der Fahrzeugkategorie Linienbus (Diesel) angerechnet, da es 2016 in Luxemburg noch keine Elektrobusse gab.
- Die Kosten des Strassentyps Fussgänger werden ebenfalls auf Basis der Angaben MDDI direkt der Fahrzeugkategorie «Fuss» angerechnet.
- Die Kosten des Strassentyps Fahrrad werden auf Basis der Fzkm auf die Fahrzeugkategorien «Ped25» und «Fahrrad» verteilt.

Exkurs: Verteilung der Kosten des motorisierten Strassenverkehrs auf die einzelnen Fahrzeugkategorien in der Schweiz

Für die Verteilung der Kosten des motorisierten Strassenverkehrs auf die einzelnen Fahrzeugkategorien wurde in der Schweiz in einer umfassenden Studie untersucht, welche Kosten dem Schwerverkehr anzurechnen sind.[160] Die restlichen Kosten werden gemäss der Fahrleistung auf die einzelnen Fahrzeugkategorien zugeteilt.

Die Studie über den Anteil der Infrastrukturkosten, die dem Schwerverkehr anzurechnen sind, basiert auf dem Konzept der sogenannten «minimalen Strasse». Dieses ermittelt die Zusatzkosten, die der Schwerverkehr (>3.5t) im Vergleich zu einer Strasse auslöst, die nur für den Leichtverkehr (≤3.5t) dimensioniert wird. Im Vergleich zu einem fiktiven Strassenbau ohne Schwerverkehr entstehen durch den Schwerverkehr[161]

- gewichtsbedingte Mehrkosten: Aufgrund der höheren Achslasten ergeben sich höhere Verschleisskosten und höhere Ansprüche an die Befestigung der Fahrbahnen und Kunstbauten.
- dimensionsbedingte Mehrkosten: Aufgrund der grösseren Abmessungen (v.a. Breite und Höhe) ergeben sich grössere Querschnitte und damit höhere Erstellungskosten inkl. Landerwerb, sowohl auf offener Strecke als auch in Tunnels.
- kapazitätsbedingte Mehrkosten: Aufgrund der geringeren Fahrdynamik (Geschwindigkeiten, Beschleunigungsverhalten / Trägheit) ergeben sich Kapazitätseinbussen und Kosten für Zusatzstreifen.

Die Ermittlung dieser Mehrkosten erfolgte auf Basis einer detaillierten Analyse von 67 Fallbeispielen und von weiteren Grundlagen.

Die Methodik aus der Schweiz wurde auf die vorliegende Differenzierung der Infrastrukturkosten in Luxemburg angepasst und ist schematisch in Abbildung 8-7 dargestellt.

Allokation der Infrastrukturkosten Gemeindestrassen

Wie eingangs des Abschnitts erwähnt, wird als erstes für die meisten Positionen ein Abschlag von 3% für verkehrsfremde Nutzungen vorgenommen[162], womit sich die Infrastrukturkosten der Gemeindestrassen auf 144.5 Mio. € reduzieren. Danach werden die Kosten pro erfasstem Konto aus den Budgets anhand eines Gewichtungsschlüssels (vgl. Abbildung 8-9) und der Fahrleistung auf die einzelnen Fahrzeugkategorien aufgeteilt. Für die Quantifizierung der Fahrleistung werden die Fzkm ausserorts und innerorts verwendet, wobei die Gewichtung von ausserorts und innerorts auf Basis der Fläche der Gemeindestrassen erfolgt (vgl. Abbildung 8-8).

---

[160] Infras et al. (2013), Aktualisierte Schätzung zum Schwerverkehrs-bedingten Anteil an den Strassenkosten.

[161] Infras et al. (2013), Aktualisierte Schätzung zum Schwerverkehrs-bedingten Anteil an den Strassenkosten, S. 4-5.

[162] Kein Abschlag wird auf folgenden der erfassten Konten vorgenommen:
- Pos: 441 ÖV
- Pos. 623: Parkraumbewirtschaftung

Abbildung 8-9: Gewichtungsschlüssel für die Verteilung der Kosten der Gemeindestrassen nach Fzkm

	Gewichtung der Fzkm									
Berücksichtigte Konten der Ausgabenrechnung 2016	PKW	RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss	Linien-bus	LNF	SNF
Pos 441: ÖV								1.0		
Pos 449: Andere Verkehrssysteme					1.0	1.0	1.0	1.0		
Pos 622: Strassenverkehr	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0
Pos 623: Parkraumbewirtschaftung	1.0		0.5						1.0	
Pos 624: Kommunales Strassennetz	1.0	1.0	1.0	1.0	0.2	0.2	0.2	1.0	1.0	1.0

Eigene Gewichtung, basierend auf der Analyse der detaillierten Zahlen.

8.3.3 Infrastrukturkosten Schienenverkehr

a) Infrastrukturkosten

Die Daten zu den Infrastrukturkosten im Schienenverkehr (zu den berücksichtigten Infrastrukturen siehe Kapitel 2.1.4) wurden uns von der CFL (Service Gestion Infrastructure) zur Verfügung gestellt.[163] Die Daten wurden getrennt nach Kosten für Ersatzinvestitionen (Infrastrukturkosten W1 / W2) und den Betriebs- und Unterhaltskosten (W6) erhoben:

- **Infrastrukturkosten** (Indikator W1 / W2): Die ermittelten Abschreibungen basieren auf den Instandhaltungskosten resp. Ersatzinvestitionen (u.a. grössere Erneuerungsprojekte), wobei der Mittelwert der Kosten der letzten fünf Jahre (2012-2016) verwendet wird.[164] Neben den Abschreibungen fallen auch Zinskosten auf der Hälfte des in der bestehenden Infrastruktur gebundene Kapitals an (Opportunitätskosten zu einem Zinssatz von 1.48%, vgl. Abschnitt 8.3.1d). Zudem wird ein Teil der Verwaltungskosten der Ämter und Ministerien im Verkehrsbereich den Infrastrukturkosten des Schienenverkehrs zugerechnet (vgl. Exkurs in Abschnitt 8.3.2a). Die Schieneninfrastrukturkosten betragen insgesamt gut 65 Mio. €.
- **Betriebs- und Unterhaltskosten** (Indikator W6): Die Unterhaltskosten[165] und Betriebskosten[166] basieren auf dem Durchschnitt der letzten fünf Jahre (2012-2016). Zudem entfällt auch ein Teil der Verwaltungskosten aller Ämter und Ministerien, welche sich mit dem Verkehr befassen (vgl. Exkurs in Abschnitt 8.3.2a), auf die Betriebs- und Unterhaltskosten der Bahn. Insgesamt betragen die Betriebs- und Unterhaltskosten der Schieneninfrastruktur knapp 100 Mio. €.

---

[163] Die erhobenen Zahlen enthalten keine Neu- und Ausbaukosten, keine Energiekosten (Bahnstrom für das Fahren der Züge) und auch keine Verkehrsmittelkosten.

[164] Die Instandhaltungskosten haben sich binnen der letzten 5 Jahre beinahe verdoppelt, weil in den letzten Jahren grössere Projekte zur Erneuerung von Streckenabschnitten und Bahnhofsinfrastrukturen durchgeführt wurden. Gemäss Rücksprache mit den Experten von CFL kann jedoch davon ausgegangen werden, dass der Mittelwert über die letzten 5 Jahre den langfristig zu erwartenden durchschnittlichen Jahreskosten entspricht.

[165] Kosten für kleine, dringende Erneuerungs- und Reparaturarbeiten.

[166] Kosten, welche durch den Betrieb des Eisenbahnnetzes anfallen, wie z.B. Kosten für Stellwerkspersonal.

b) Allokation der Infrastrukturkosten auf Personen- und Güterverkehr

Für die Zuweisung der Infrastrukturkosten auf den Personen- und Güterverkehr werden die Kosten in drei Gruppen unterteilt und anhand der folgenden Parameter gewichtet:[167]

- **Infrastrukturkosten** (Indikator W1/W2): Die Abschreibungskosten (auf Basis der durchschnittlichen Instandstellungskosten) von 50 Mio. € sowie die Zinskosten von 15 Mio. € werden anhand der Bruttotonnenkilometern (Btkm) verteilt.
- **Betriebs- und Unterhaltskosten** (Indikator W6):
  - Unterhaltskosten: Die Allokation der Unterhaltskosten von 59 Mio. € wird anhand der Btkm vorgenommen.
  - Betriebskosten: Die 37 Mio. € an Betriebskosten werden mithilfe der Zugkm verteilt.

8.4 Ergebnisse: Kosten für die Transportrechnung

Die Baukosten für die KNA müssen projektspezifisch erhoben werden. Alle ergänzenden Datengrundlagen – wie Höhe der Reserven, Verteilung auf Bauzeit und Baubestandteile und deren Lebensdauern – sind ebenfalls projektspezifisch mitzuliefern oder können aus den präsentieren Kennzahlen in Kapitel 8.2 abgeleitet werden. Es gibt damit bei den Baukosten (sowie in den beiden nachfolgenden Kapiteln zu den Ersatzinvestitionen und Landkosten) keine Kostensätze, die für die KNA dargestellt werden könnten.

Im Folgenden werden deshalb lediglich die erhobenen Kosten pro Fahrzeugkategorie für die Transportrechnung erläutert. Dabei werden im vorliegenden Kapitel ausschliesslich die Infrastrukturkosten (W1/W2) dargestellt. Die Betriebs- und Unterhaltskosten Infrastruktur (W6), die ebenfalls hier hergeleitet wurden, werden hingegen im Kapitel 11.4 zusammengefasst.

a) Strassenverkehr

Die folgende Abbildung fasst die gesamten Infrastrukturkosten im Strassenverkehr von 258 Mio. € (ohne verkehrsfremde Nutzungen) zusammen, gegliedert nach Staats- und Gemeindestrassen.

[167] Diese Aufteilung beruht auf der Schweizer Transportrechnung (BFS 2015b, Methodenbericht, Statistik der Kosten und der Finanzierung des Verkehrs, S. 47) und wurde mit der CFL so abgesprochen.

Abbildung 8-10: Infrastrukturkosten im Strassenverkehr in Luxemburg im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Kosten Total	42.9	149.7	0.1	1.2	193.9	0.4	2.1	1.1	0.3	2.2	3.6
Staatsstrassen	16.3	56.8	0.0	0.5	73.6	0.3	0.7	0.4	0.2	1.9	2.5
Kosten Ämter	5.0	17.6	0.0	0.1	22.8	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.5
Ersatzinvestitionen	8.7	30.3	0.0	0.2	39.2	0.2	0.4	0.2	0.2	1.4	1.5
Zinskosten Infrastruktur	2.6	9.0	0.0	0.1	11.6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.4
Gemeindestrassen	26.6	92.9	0.1	0.7	120.3	0.1	1.3	0.7	0.0	0.2	1.2
Ersatzinvestitionen	20.5	71.7	0.1	0.6	92.8	0.1	1.0	0.6	0.0	0.2	0.9
Zinskosten Infrastruktur	6.1	21.2	0.0	0.2	27.5	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.3

in Mio. €	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr					Gesamttotal
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF	
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel	
Kosten Total	6.4	-	6.4	-	0.4	22.1	0.0	22.5	25.5	258.0
Staatsstrassen	4.8	-	4.8	-	0.1	8.2	0.0	8.4	20.6	113.5
Kosten Ämter	0.3	-	0.3	-	0.0	2.4	0.0	2.5	1.1	27.6
Ersatzinvestitionen	3.5	-	3.5	-	0.1	4.5	0.0	4.6	15.1	66.3
Zinskosten Infrastruktur	1.0	-	1.0	-	0.0	1.3	0.0	1.4	4.5	19.6
Gemeindestrassen	1.6	-	1.6	-	0.2	13.8	0.0	14.1	4.9	144.5
Ersatzinvestitionen	1.2	-	1.2	-	0.2	10.7	0.0	10.9	3.8	111.5
Zinskosten Infrastruktur	0.4	-	0.4	-	0.1	3.2	0.0	3.2	1.1	33.0

Aufteilung der Kosten auf die direkten Kostenträger: All diese Kosten werden von der öffentlichen Hand (Staat als Infrastrukturbetreiber) getragen.

b) Schienenverkehr

Abbildung 8-11 fasst die gesamten Infrastrukturkosten im Schienenverkehr von gut 65 Mio. € zusammen, gegliedert nach den drei Teilbereichen und nach Personen- und Güterverkehr.

Abbildung 8-11: Infrastrukturkosten im Schienenverkehr in Luxemburg im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	Total
Kosten Total	**48.98**	**16.30**	**65.29**
Kosten Ämter	0.14	0.01	0.15
Ersatzinvestitionen	37.69	12.57	50.26
Zinskosten Infrastruktur	11.16	3.72	14.88

Aufteilung der Kosten auf die direkten Kostenträger: Die Infrastrukturkosten werden vom Staat (als Infrastrukturbetreiber) getragen.

9 W2 Ersatzinvestitionen

9.1 Berechnungsgegenstand

Kosten von Ersatzinvestitionen für kurzlebige Baubestandteile während dem Betrachtungszeitraum.

9.2 Grundlegende Berechnungsmethodik

Ist in einer KNA die Lebensdauer eines Bestandteils kürzer als der Betrachtungszeitraum, so müssen Ersatzinvestitionen getätigt werden (vgl. Abbildung 8-1, S. 105). Wie üblich wird unterstellt, dass die Ersatzinvestitionen (real) gleich hoch sind wie die Erstinvestitionen. Allfällige Restwerte der Ersatzinvestitionen (die beim Ende des Betrachtungszeitraums ihre Lebensdauer noch nicht erreicht haben) sind zu berücksichtigen.

Die Ersatzinvestitionen eines Baubestandteils können also direkt aus den Baukosten (bzw. Erstinvestitionen) ermittelt werden, indem genau X Jahre nach dem Bau die Kosten erneut anfallen, wobei X die Lebensdauer des Baubestandteils gemäss Abbildung 8-4 (S. 110) ist.

Alle benötigten Datengrundlagen wurden also bereits im vorangehenden Kapitel zu den Baukosten erläutert (siehe Kapitel 8.2). Beim Strassenbelag werden wie erwähnt keine Ersatzinvestitionen berechnet, da diese Kosten im Indikator W6 miteinbezogen werden.

Die Ersatzinvestitionen für die Transportrechnung wurden zusammen mit den Baukosten bereits im Kapitel 8.3 erhoben.

10 W3 Landkosten

10.1 Berechnungsgegenstand

Zu den Landkosten zählen der Wert des Landes, über das die neue Infrastruktur führt, allfällige Wertminderung von angrenzendem Land (inkl. Kompensationszahlungen) sowie allfällige Transaktionskosten (Kosten für Grundstückmakler, Notar und Enteignungsverfahren).

Die Landkosten im Rahmen der Transportrechnung beinhalten den Wert des Landes, über das die Infrastruktur führt. Das Land muss zwar nicht abgeschrieben werden, aber es verursacht Zinskosten.

10.2 Grundlegende Berechnungsmethodik

a) Kosten-Nutzen-Analyse

Für die KNA sind die Landkosten zusammen mit den Baukosten projektspezifisch zu erheben.

Gehört das Land bereits vorher dem Bauherrn, so ist der Wert des Landes trotzdem zu berücksichtigen, da das Land einer alternativen Nutzung entzogen wird (Opportunitätskosten). Wird hingegen mehr Land gekauft als für die neue Strasse / Schiene nötig ist, so darf der Wert dieses zusätzlich gekauften Landes nicht in die KNA des jeweiligen Projektes eingehen.

Die Landkosten sind in der Kosten-Nutzen-Analyse in jenem Jahr einzusetzen, in dem das Land einer anderweitigen Nutzung entzogen wird. Dies dürfte meist das erste Baujahr der neuen Infrastruktur sein.

Wie in Abbildung 8-4 dargestellt muss am Ende des Betrachtungszeitraumes der volle Wert des Landes als Restwert berücksichtigt werden. Dies gilt sowohl für den Landwert als auch für die Wertminderung angrenzender Grundstücke (weil bei einem allfälligen späteren Rückbau der Infrastruktur die Wertminderung dahinfallen würde), nicht aber für die Transaktionskosten.

Es sind folglich keine weiteren projektunabhängigen Datengrundlagen für die Programmierung des MOBIMPACT-Tools zu beschaffen.

b) Transportrechnung

Zur Bestimmung der Landkosten sehen wir in Luxemburg zwei mögliche Varianten:

- Variante 1: Multiplikation der Landfläche, welche von den im Jahr 2016 bestehenden Strassen- und Schieneninfrastrukturen in Anspruch genommen wird, mit aktuellen Kostensätzen pro Quadratmeter. Bei diesem Vorgehen wird die Sichtweise eingenommen «Wie viel wäre ein Stück Strasse heute wert, wenn man die darunterliegende Strassenfläche veräussern würde?»

- Variante 2: Multiplikation der Landfläche mit den Kostensätzen pro Quadratmeter zum Zeitpunkt, an welchem die jeweilige Infrastruktur erstellt wurde. Dabei wird die Sichtweise eingenommen «Wie teuer war die Landfläche, als sie erworben wurde bzw. die Infrastruktur gebaut wurde?»

Wir empfehlen Variante 2 zu verwenden. Dies weil die Landkosten bei dieser Variante so abgebildet werden, wie sie auch in der Anlagebuchhaltung berücksichtigt werden. Bei Variante 1 wird u.a. vernachlässigt, dass die bei einem Verkauf umgenutzte Fläche bzw. die neue Bebauung meist auch wieder einen Strassenanschluss benötigt. Es wird also ein teurer Landpreis attestiert, weil die Fläche bereits gut erschlossen ist. Wäre die betrachtete Fläche jedoch nicht mit einer Strasse erschlossen (d.h. im Ursprungszustand), so würde der Landpreis deutlich tiefer liegen.

10.3 Verwendete Datengrundlagen

a) Variante 1

Zur Bestimmung der Landkosten wird in einem ersten Schritt der Landwert im Jahr 2016 ermittelt. Dazu wird wie folgt vorgegangen:

- Anhand einer GIS-Auswertung wurden die Fläche, die von Verkehrsinfrastrukturen beansprucht werden, vom MDDI abgeschätzt. Dabei wurden die Auswertungen nach Strassentyp (und Schiene) sowie nach ausserorts / innerorts differenziert (vgl. Abbildung 10-1).
- Die erhobenen Flächen werden nun mit einem Kostensatz pro m^2 multipliziert, wobei auch beim Kostensatz zwischen ausserorts (4 €/m^2) und innerorts (650 €/m^2)[168] unterschieden wird (vgl. Abbildung 10-2).

Abbildung 10-1: Fläche der Infrastruktur im Jahr 2016

	Fläche in	ausserorts ha	innerorts ha	Total ha	ausserorts %	innerorts %
Straßentyp	Autobahn	412.3	4.2	416.5	99.0%	1.0%
	Nationalstraße	683.4	266.6	950.0	71.9%	28.1%
	Chemin repris	1'166.7	491.8	1'658.4	70.3%	29.7%
	Gemeindestrasse	2'484.5	1'514.9	3'999.4	62.1%	37.9%
	Total	4'746.9	2'277.4	7'024.3	67.6%	32.4%
Schiene	Total	400.6	90.4	490.9	81.6%	18.4%
Strasse und Schiene (Total)		**5'147.5**	**2'367.7**	**7'515.2**	**68.5%**	**31.5%**

[168] Ausserorts: Gewichteter Mittelwert aus Ackerland ausserorts (3.50 €/m^2; die Regel) und Nicht-Ackerland ausserorts (7.50 €/m^2; die Ausnahme). Innerorts: Durchschnittliche Baulandpreise für das Jahr 2016 (Empfehlung MDDI). Beide Werte wurden von Pont & Chaussée bestätigt.

Abbildung 10-2: Landwert der Infrastruktur im Jahr 2016

	Landwert in	ausserorts Mio. €	innerorts Mio. €	Total	ausserorts %	innerorts %
Straßentyp	Autobahn	16.5	27.0	43.5	37.9%	62.1%
	Nationalstraße	27.3	1'732.9	1'760.2	1.6%	98.4%
	Chemin repris	46.7	3'196.5	3'243.2	1.4%	98.6%
	Gemeindestrasse	99.4	9'846.6	9'946.0	1.0%	99.0%
	Total	189.9	14'803.0	14'992.9	1.3%	98.7%
Schiene	Total	16.0	587.3	603.3	2.7%	97.3%
Strasse und Schiene (Total)		**205.9**	**15'390.3**	**15'596.2**	**1.3%**	**98.7%**

Die in der Transportrechnung zu berücksichtigenden, jährlichen Landkosten entsprechen den Zinskosten[169] des berechneten Landwerts (Opportunitätskosten der Investition), da das Land nicht abgeschrieben werden muss. Berechnet am Total des Landwerts von 15'596 Mio. € ergibt dies für das Jahr 2016 Zinskosten für den Landwert von insgesamt 231 Mio. €.

b) Variante 2

In einem ersten Schritt wird bestimmt, zu welchem Zeitpunkt die jeweiligen Strassen gebaut wurden. Hierzu hat das MDDI grob quantifiziert, in welchen Jahren bzw. Zeiträumen die einzelnen Strassentypen[170] erstellt wurden. Anhand dieser Angaben wurden anschliessend die Fläche der Neubaustrecken auf die einzelnen Jahre aufgeteilt (mittels linearer Interpolation).[171]

In einem zweiten Schritt werden die berechneten Neubauflächen pro Jahr mit dem Kostensatz pro m^2 aus dem jeweiligen Jahr[172] multipliziert, wobei zwischen ausserorts (Jahr 2016: 4 €/m^2) und innerorts (Jahr 2016: 650 €/m^2) differenziert wird. Durch Summieren der einzelnen Jahre erhält man den «buchhalterischen» Landwert der Strasseninfrastruktur von gut 297 Mio. €.

Da für die Schieneninfrastruktur keine Daten zu den Bauzeitpunkten vorliegen, werden die in Variante 1 berechneten Landkosten der Schieneninfrastruktur mittels der Landkosten der Strasseninfrastruktur in Variante 1 und Variante 2 skaliert. Dadurch erhält man für die Schieneninfrastruktur einen Landwert von gut 12 Mio. €. Insgesamt beträgt der Landwert der Verkehrsinfrastrukturen somit gut 309 Mio. €

---

[169] Anleihen des Staates von 1.48% verwendet (vgl. Abschnitt 8.3.1).

[170] Es werden folgende Strassentypen berücksichtigt: Autobahn, Nationalstrasse, Chemins Repris, Gemeindestrassen. Vgl. hierzu auch die Zusammenstellung in Abbildung 8-6, S. 112.

[171] Kalibrierung: Die Gesamtfläche der Neubaustrecken entspricht der in Abbildung 10-1 ausgewiesenen Fläche (pro Strassentyp und im Total).

[172] Der Kostensatz für die Landfläche im Jahr X wurde durch Rückrechnung der Quadratmeterpreise 2016 mit dem Index «Dépense constitutive du prix d'acquisition» bestimmt.

Die in der Transportrechnung zu berücksichtigenden, jährlichen Landkosten entsprechen den Zinskosten[173] des berechneten Landwerts (Opportunitätskosten der Investition, da das Land nicht abgeschrieben werden muss). Berechnet am Total des Landwerts ergibt dies für das Jahr 2016 Zinskosten für den Landwert von knapp 4.6 Mio. € (Strasse 4.4 Mio. €, Schiene 0.2 Mio. €).

c) Wahl der Variante

Die Zinskosten für den Landwert liegen in Variante 1 (231 Mio. €) rund 50-mal höher als in Variante 2 (4.6 Mio. €). Der Hauptgrund liegt darin, dass der Landwert bei Strassenflächen, welche in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts gebaut wurden, viel tiefer lag als beispielsweise in den letzten 10 Jahren (z.B. kostete ein Landstück im Jahr 1930 20-mal weniger als heute und im Jahr 1900 gar 200-mal weniger als heute).

Aus methodischer Sicht empfehlen wir die Zahlen aus Variante 2 zu verwenden. Dies aus folgenden Gründen:

- Die Landkosten werden in Variante 2 so abgebildet, wie sie auch in einer Anlagebuchhaltung berücksichtigt würden. Entsprechend würden beim Vorliegen einer Anlagenbuchhaltung die Zinskosten gemäss Variante 2 in die Transportrechnung einfliessen.
- Bei Variante 1 wird vernachlässigt, dass die bei einem Verkauf umgenutzte Fläche bzw. die neue Bebauung meist auch wieder einen Strassenanschluss benötigt. Es wird also ein teurer Landpreis attestiert, weil die Fläche bereits gut erschlossen ist. Wäre die betrachtete Fläche jedoch nicht mit einer Strasse erschlossen (d.h. im Ursprungszustand), so würde der Landpreis deutlich tiefer liegen.
- Das Verhältnis der jährlichen Landkosten zu den jährlichen Infrastrukturkosten liegt mit 1 zu 70 in einem ähnlichen Bereich wie in der Schweiz.[174]

d) Allokation der Zinskosten für den Landwert

Bevor die Zinskosten für den Landwert auf die Fahrzeugkategorien verteilt werden, wird für einzelne Strassentypen noch ein Abschlag für verkehrsfremde Nutzungen (Märkte, Versammlungen, Aussenbestuhlung in Cafés / Restaurants etc.) vorgenommen. Wie in Kapitel 8.3.2b) bzw. wie in der Schweiz werden folgende Anteile für verkehrsfremde Nutzungen berücksichtigt:[175]

- 1% auf Nationalstrassen und Chemin Repris
- 3% auf Gemeindestrassen

---

[173] Anleihen des Staates von 1.48% verwendet (vgl. Abschnitt 8.3.1).

[174] BFS (2017), Strasseninfrastrukturrechnung der Schweiz.

[175] Dadurch reduzieren sich die oben ausgewiesenen Landkosten:
- Variante 1: Reduktion um 5 Mio. € auf 226 Mio. €.
- Variante 2: Reduktion um 0.06 Mio. € auf 4.52 Mio. €.

Die Aufteilung der Zinskosten auf die einzelnen Fahrzeugkategorien erfolgt nach dem Schema in Abbildung 8-7 (S. 118, vgl. Zeile Landerwerb), welches von der Schweiz auf Luxemburg angepasst wurde (vgl. auch den Exkurs in Abschnitt 8.3.2b): 83% (Autobahn) resp. 89% (restliche Strassen) der Kosten werden über die Fzkm auf alle Fahrzeugkategorien verteilt.[176] Die restlichen Kosten (17% auf Autobahnen resp. 11% auf restlichen Strassen) entfallen auf den Schwerverkehr, wobei die Kosten innerhalb des Schwerverkehrs über Fzkm * Länge verteilt werden. Dabei gilt es folgende Details zu beachten:

- Die Verteilung der Zinskosten für den Landwert erfolgt differenziert nach Strassentyp und ausserorts / innerorts (vgl. Abbildung 10-2).
- Bei der Verteilung nach Fzkm werden jeweils die zurückgelegten Fzkm auf dem jeweiligen Strassentyp verwendet:
  - Für die Autobahn werden die Fzkm auf Autobahnen benutzt.
  - Für die Nationalstrasse, die Chemin Repris und die Gemeindestrasse werden die Fzkm ausserorts und innerorts verwendet, wobei die Gewichtung von ausserorts und innerorts anhand der jeweiligen Fläche des betroffenen Strassentyps erfolgt (vgl. Abbildung 10-1).
- Die Landkosten der Schieneninfrastruktur werden über die Zugkm verteilt.

10.4 Ergebnisse: Kosten für die Transportrechnung

Nachstehend werden für die Transportrechnung die Zinskosten für den Landwert des eingesetzten Bodens je Fahrzeugkategorie im Strassen- resp. Schienenverkehr ausgewiesen.

a) Strassenverkehr

Die folgende Abbildung fasst die Zinskosten für das Land im Strassenverkehr von 4.3 Mio. € zusammen.

Abbildung 10-3: Landkosten im Strassenverkehr im Jahr 2016

	Personenverkehr										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Kosten in Mio. €	0.69	2.41	0.00	0.02	3.12	0.01	0.04	0.02	0.00	0.02	0.11

	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr					Gesamttotal
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF	
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel	
Kosten in Mio. €	0.12	-	0.12	-	0.01	0.36	0.00	0.37	0.54	4.34

[176] Hinweis: Bei den Autobahnkosten werden der aktiven Mobilität keine Kosten zugeschrieben, da diese auf den Autobahnen gar nicht erlaubt ist und daher auch keine Fzkm aufweist.

Aufteilung der Kosten auf die direkten Kostenträger: All diese Kosten werden vom Staat (als Infrastrukturbetreiber) getragen.

b) Schienenverkehr

In der untenstehenden Abbildung werden Zinskosten für den Landwert im Schienenverkehr von knapp 0.2 Mio. € nochmals zusammengefasst dargestellt.

Abbildung 10-4 Landkosten im Schienenverkehr im Jahr 2016

	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	Total
Kosten in Mio. €	0.17	0.01	0.18

Aufteilung der Kosten auf die direkten Kostenträger: All diese Kosten werden vom Staat (als Infrastrukturbetreiber) getragen.

11 W6 Betriebs- und Unterhaltskosten Infrastruktur

11.1 Berechnungsgegenstand

Es werden die Betriebs- und Unterhaltskosten der Strassen- und Schieneninfrastruktur erfasst.

Wichtig ist die Abgrenzung zu den Investitionskosten: Bei den Investitionskosten wird der Bau auf die Baubestandteile aufgeteilt und deren Lebensdauer bestimmt. Nach Ablauf der Lebensdauer werden Ersatzinvestitionen im gleichen Umfang wie die Baukosten getätigt. Damit dürfen die Ersatzinvestitionen (z.B. Ersatz von Lichtsignalanlagen) nicht in den Betriebs- und Unterhaltskosten enthalten sein.

11.2 Grundlegende Berechnungsmethodik

Die Betriebs- und Unterhaltskosten für die Transportrechnung wurden bereits in Kapiteln 8.3.2 und 8.3.3 für den Strassen- bzw. Schienenverkehr hergeleitet – zusammen mit den Infrastrukturkosten. Die Ergebnisse werden unten in Kapitel 11.4.2 zusammengefasst. Im Folgenden geht es also noch um die Herleitung der benötigten Kostensätze für die KNA. Diese beruhen auf denselben Datengrundlagen wie die Betriebs- und Unterhaltskosten für die Transportrechnung. Bevor die Berechnungen dargestellt werden, folgen noch einige grundsätzliche Überlegungen.

Es ist in der KNA prinzipiell zu berücksichtigen, dass der Bau einer neuen Infrastruktur zu Einsparungen von Erneuerungskosten auf einer anderen, durch den Neubau entlasteten Strecke führen kann, da die Erneuerungen dort entbehrlich werden oder auf später verschoben werden können. Die Berücksichtigung dieses Effektes bedingt im Strassenverkehr, dass fahrleistungsabhängige Kostensätze zur Verfügung stehen. Dies ist in Luxemburg nicht der Fall, da für deren Herleitung eine Grundlagenstudie nötig wäre. Im Schienenverkehr wird dieser Effekt automatisch mitberücksichtigt, indem Kostensätze für Durchschnitts- und Grenzkosten verwendet werden (vgl. unten).

Im **Strassenverkehr** gehören folgende Kosten zu den Betriebs- und Unterhaltskosten:

- Betriebskosten (Winterdienst, Reinigung, Grünpflege (inkl. Entsorgung), ausserordentlicher Dienst und Kontrolle technischer Einrichtungen, Entwässerung, Beleuchtung, Tunnelbelüftung).
- Betrieblicher Unterhalt (kleine bauliche Reparaturen, übliche periodische Instandhaltungsarbeiten)
- Kosten für Erneuerung Strassenbeläge (weil sich diese in Luxemburg nicht einfach von den übrigen Unterhaltskosten unterscheiden lassen – dafür werden bei W2 keine Ersatzinvestitionen für den Strassenbelag berechnet).
- Signalisation (Signale, Lichtsignale, Wegweiser, Inselpfosten, Spiegel, Spiegelheizungen, Glatteiswarnanlagen und Strom für Signalisation).
- Verwaltung

Im **Schienenverkehr** setzen sich die Betriebs- und Unterhaltskosten aus zwei Bestandteilen zusammen:

- **Betriebsführung**: Die zusätzlichen Zugskilometer durch ein Projekt könnten auch zu Mehrkosten bei der Betriebsführung (Verkehrssteuerung, Fahrdienst etc.) führen. Da ein einzelnes Projekt – gemessen an den gesamten Zugkm in Luxemburg – jedoch nur eine geringe Zunahme der Zugkm bringt, wird wie in der Schweiz unterstellt, dass bei der Verkehrssteuerung durch den Ausbau keine zusätzlichen Kosten entstehen.
- **Unterhaltskosten**: Der zusätzliche Schienenverkehr führt auch zu einer erhöhten Abnützung der Schienen und damit zu zusätzlichem Aufwand beim Unterhalt. Es stellt sich die Frage, ob die Grenz- oder Durchschnittskosten des Unterhalts zu berücksichtigen sind, wobei der Grenzkostensatz deutlich tiefer ist (in der Schweiz 0.0028 versus 0.0079 CHF / Btkm). In Kosten-Nutzen-Analysen ist folgendes Vorgehen üblich: Auf Neubaustrecken wird ein Durchschnittskostensatz verwendet, da auf diesen Strecken auch die neuen Fixkosten gedeckt werden müssen. Verkehren hingegen die zusätzlichen Züge auf bereits bestehenden Schienen, wird ein Grenzkostenansatz angewendet, da die Fixkosten auf diesen Strecken bereits bisher gedeckt sind.

11.3 Verwendete Datengrundlagen für die KNA

Die Kostensätze für die KNA beruhen auf denselben Datengrundlagen wie die Gesamtkosten für die Transportrechnung, die in Kapitel 8.3.2 und 8.3.3 hergeleitet wurden, d.h. auf Angaben des MDDI und der Gemeinden bzw. der CFL.

11.3.1 Strassenverkehr

Die Kostensätze werden nach den folgenden Strassentypen differenziert:

- Autobahntunnel
- Autobahn
- Nationalstrasse
- Chemins Repris
- Brücken / Kunstbauten
- Bus(spuren)
- Fahrrad
- Fussgänger (beidseitig)[177]
- Gemeindestrasse

Für alle Staatsstrassen (alle ausser Gemeindestrassen) werden die gesamten Betriebs- und Unterhaltskosten aus den Jahresabrechnungen ermittelt. Die Betriebs- und Unterhaltskosten

[177] Die Länge der Fusswege (Trottoir) werden pro Strassenabschnitt nur einmal berücksichtigt (auch wenn diese beidseits der Strasse verlaufen).

betragen insgesamt knapp 100 Mio. € (Durchschnitt der Jahre 2014-2016 – vgl. Kapitel 8.3.2a). Bei den Gemeindestrassen fallen zusätzliche Betriebskosten von 79 Mio. € an. Diese Zahl wurde aus einer Hochrechnung von Gemeindebudgets ausgewählter Gemeinden gewonnen (vgl. Kapitel 8.3.2a) bzw. Anhang D). Die Kosten liegen auch differenziert nach obigen Strassenkategorien vor. Um die Kostensätze herzuleiten, werden diese jährlichen Kosten pro Strassenkategorie durch die jeweilige Länge dieser Strassenkategorien (vgl. Kapitel 8.3.2b) dividiert.

11.3.2 Schienenverkehr

a) Betriebsführung

Die Betriebskosten der CFL Infrastruktur betragen in den letzten 5 Jahren (2012 – 2016) durchschnittlich 37.25 Mio. € pro Jahr[178] oder 4.32 € / Zugkm (vgl. Kapitel 8.3.3a). Wie oben erläutert gehen wir jedoch davon, dass die Grenzkosten der Betriebsführung Null betragen.

b) Unterhaltskosten

Die gesamten Unterhaltskosten betragen in den letzten 5 Jahren (2012 – 2016) durchschnittlich 59.32 Mio. € pro Jahr[179] oder 0.0236 € / Btkm (vgl. Kapitel 8.3.3a). Ein Grenzkostensatz liegt in Luxemburg nicht vor. Deshalb verwenden wir den Anteil der Grenzkosten an den Durchschnittskosten in der Schweiz (vgl. oben 0.0028 / 0.0079), um einen Grenzkostensatz für Luxemburg zu bestimmen, der 0.0084 € / Btkm beträgt.

11.4 Ergebnisse

11.4.1 Kostensätze für die KNA

a) Strassenverkehr

Die Kostensätze werden pro Infrastrukturbestandteil angewendet, wobei die Fahrzeugkategorie keine Rolle spielt, da sie pro Meter Infrastruktur erhoben werden.

[178] Daten von CFL Infrastruktur erhalten.

[179] Daten von CFL Infrastruktur erhalten.

Abbildung 11-1: Kostensatz für Betriebs- und Unterhaltskosten Infrastruktur im Strassenverkehr im Jahr 2016

	€ / m
Autobahntunnel	253.08
Autobahn	135.05
Nationalstrasse	23.87
Chemin Repris	23.23
Brücken / Kunstbauten	113.53
Bus(spuren)	19.91
Fahrrad	5.01
Fussgänger (beidseitig)	0.98
Gemeindestrasse	13.02

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit: Real konstant.

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Diese Kosten werden zu 100% von der öffentlichen Hand (Staat als Infrastrukturbetreiber) getragen.

b) Schienenverkehr

Die folgende Abbildung fasst die ermittelten Kostensätze im Schienenverkehr zusammen.

Abbildung 11-2 Kostensatz für Unterhaltskosten Infrastruktur im Schienenverkehr im Jahr 2016

	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr
Unterhaltskosten: Durchschnittskosten in € / Btkm	0.02356	0.02356
Unterhaltskosten: Grenzkosten in € / Btkm	0.00835	0.00835

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit: Real konstant.

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Die Unterhaltskosten werden von der Infrastrukturabteilung der Bahn getragen. Da die Bahninfrastruktur in Luxemburg aber vom Staat finanziert ist, werden diese Kosten dem Staat als Infrastrukturbetreiber zugeordnet.

11.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg

a) Strassenverkehr

Die folgende Abbildung fasst die gesamten Betriebs- und Unterhaltskosten im Strassenverkehr von knapp 173 Mio. € zusammen, gegliedert nach Staats- und Gemeindestrassen. Diese Kosten wurden bereits in Kapitel 8.3.2 zusammen mit den Infrastrukturkosten hergeleitet.

Abbildung 11-3: Betriebs- und Unterhaltskosten Infrastruktur im Strassenverkehr in Luxemburg im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Kosten Total	30.9	107.8	0.1	0.9	139.6	0.2	1.3	0.6	0.1	0.9	3.5
Staatsstrassen	17.0	59.4	0.0	0.5	77.0	0.1	0.6	0.3	0.1	0.5	1.7
Kosten Ämter	11.0	38.5	0.0	0.3	49.8	0.0	0.4	0.2	0.0	0.2	1.3
Betrieb und Unterhalt	6.0	20.9	0.0	0.2	27.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.2	0.5
Gemeindestrassen	13.9	48.3	0.0	0.4	62.6	0.0	0.7	0.3	0.1	0.4	1.8

in Mio. €	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr					Gesamttotal
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF	
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel	
Kosten Total	2.5	-	2.5	-	0.3	15.4	0.0	15.7	8.8	173.2
Staatsstrassen	1.4	-	1.4	-	0.1	8.2	0.0	8.4	6.5	96.5
Kosten Ämter	0.6	-	0.6	-	0.1	5.2	0.0	5.3	2.4	60.3
Betrieb und Unterhalt	0.7	-	0.7	-	0.1	3.0	0.0	3.1	4.1	36.2
Gemeindestrassen	1.2	-	1.2	-	0.1	7.2	0.0	7.3	2.3	76.7

Aufteilung der Kosten auf die direkten Kostenträger: All diese Kosten werden von der öffentlichen Hand (Staat als Infrastrukturbetreiber) getragen.

a) Schienenverkehr

In der untenstehenden Abbildung sind die Betriebs- und Unterhaltskosten im Schienenverkehr von knapp 100 Mio. € in zusammengefasster Form dargestellt, die bereits in Kapitel 8.3.3 zusammen mit den Infrastrukturkosten hergeleitet wurden.

Abbildung 11-4: Betriebs und Unterhaltskosten Infrastruktur im Schienenverkehr in Luxemburg im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	Total
Kosten Total	**81.47**	**17.81**	**99.28**
Kosten Ämter	2.51	0.20	2.71
Betrieb und Unterhalt	78.96	17.61	96.57

Aufteilung der Kosten auf die direkten Kostenträger: Die Infrastrukturkosten werden vom Staat (als Infrastrukturbetreiber) getragen.

12 W7 / W8 / W13g Variable und fixe Betriebskosten für Fahrzeuge im Stamm- und Mehrverkehr (ohne ÖV)

12.1 Berechnungsgegenstand

Die Betriebskosten können in variable und fixe Betriebskosten aufgeteilt werden:

- **Variable Betriebskosten Fahrzeuge**: Individuell getragene variable Betriebskosten der Strassenfahrzeuge (wie Treibstoffkosten, fahrleistungsabhängige Abschreibung). Die variablen Kosten steigen mit der Zahl der Fzkm oder der Fahrzeugstunden.
- **Fixe Betriebskosten Fahrzeuge**: Individuell getragene fixe Betriebskosten der Strassenfahrzeuge (z.B. Garagierung[180], Versicherungen, Kapitalzinsen). Die fixen Kosten steigen mit dem Fahrzeugbestand.

Dieser Indikator hat nur Gültigkeit für den Individual- und Güterverkehr auf der Strasse. Die (Fahrzeug-) Betriebskosten im öffentlichen Verkehr (auf Strasse oder Schiene) sowie im Güterverkehr auf der Schiene werden in Kapitel 13 (Indikator W9) diskutiert.

Bei diesem Indikator ist die in Kapitel 5.2.2a) eingeführte Definition von Stamm- und Mehrverkehr von Bedeutung.

12.2 Grundlegende Berechnungsmethodik

Die fixen Fahrzeugkosten werden üblicherweise nicht in die KNA miteinbezogen, da sie sich durch einzelne Strasseninfrastrukturprojekte nicht verändern, weil kaum jemand aufgrund eines Infrastrukturprojektes ein Auto kauft oder aufgrund eines ÖV-Projektes das Auto verkauft. Für das MOBIMPACT-Tool in Luxemburg müssen die Fixkosten aber miteinbezogen werden, weil mit dem Tool auch Carpooling und Steuererleichterungen für Elektrofahrzeuge analysiert werden sollen, die möglicherweise unterschiedliche Fixkosten im Vergleich zum konventionellen Autokauf aufweisen.[181]

12.2.1 Herleitung des Mengengerüstes

Die Veränderung der variablen Betriebskosten im **Stammverkehr** (Indikator W7) ergibt sich als Multiplikation der Veränderung der Fahrzeugkilometer im Stammverkehr mit den Kosten pro Fahrzeugkilometer. Die **Veränderung der Fahrzeugkilometer** berechnet sich wie folgt (Auswertung im Verkehrsmodell):[182]

---

[180] Bei den Garagierungskosten handelt es sich streng genommen um Infrastrukturkosten. Sie werden aber hier vereinfachend bei den fixen Betriebskosten behandelt, weil man sonst bei den Infrastrukturkosten einen zusätzlichen Indikator einführen müsste, der vom Fahrzeugbestand abhängig ist. damit würde den Garagierungskosten aber zu viel Aufmerksamkeit gewidmet.

[181] Bei der Anwendung des MOBIMPACT-Tools gilt es zu beachten, dass die Veränderung des Fahrzeugbestands nicht im Tool selbst modelliert wird, sondern ausserhalb des KNA-Tools zu bestimmen ist.

[182] Ecoplan und metron (2005), Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, S. 112.

Abnahme der Fahrzeugkilometer = $\sum_{i,j} F_{i,j} \Delta d_{i,j}$

wobei $F_{i,j}$ = min $\{F_{i,j}^0, F_{i,j}^P\}$, d.h. Stammverkehr

$F_{i,j}^0$ = Anzahl Fahrzeugfahrten im Referenzfall 0 auf der Relation von i nach j

$F_{i,j}^P$ = Anzahl Fahrzeugfahrten in der Projektvariante P auf der Relation von i nach j

$\Delta d_{i,j}$ = Distanz (in km) in der Projektvariante P im Vergleich zum Referenzfall 0 auf der Relation von i nach j (d.h. $\Delta d_{i,j} = d_{i,j}^0 - d_{i,j}^P$)

Es ist durchaus möglich, dass sich die Fzkm erhöhen, z.B. wenn eine Umfahrungsstrasse zwar deutlich schneller, aber mit einer etwas grösseren Distanz verbunden ist. In diesem Fall gibt die oben berechnete Formel ein negatives Ergebnis.

Ein Teil der variablen Betriebskosten ist aber nicht von den Fzkm, sondern von den Fahrzeugstunden abhängig – z.B. die Chauffeurkosten bei angestellten Fahrern (Reisebusse, Lieferwagen und SNF (schwere Nutzfahrzeuge)). Wie die Veränderung der Fahrzeugstunden berechnet werden kann, wird in Kapitel 14.2.1a) erläutert – wobei der Besetzungsgrad nicht miteinbezogen werden darf, da es hier um Fahrzeugstunden geht in Kapitel 14.2.1a) aber um die im Fahrzeug fahrenden Personen.

Die Formel für die Berechnung der Veränderung der variablen Betriebskosten im Mehrverkehr (Indikator W13g) wird in Kapitel 14.2.1b) dargestellt, weil bei der Bestimmung des Nettonutzens des Mehrverkehrs gleichzeitig die Zeitkosten und die Betriebskosten berücksichtigt werden.

Bei der Veränderung der fixen Betriebskosten der Fahrzeuge (Indikator W8) wird die projektbedingte Veränderung des Fahrzeugbestandes (die ausserhalb des MOBIMPACT-Tools bestimmt werden muss) mit den entsprechenden Fixkosten pro Fahrzeug und Jahr multipliziert.

12.2.2 Kostensätze für Betriebskosten

Die im folgenden diskutierten Kostensätze sind im Stamm- und Mehrverkehr gleich.

Als variable Betriebskosten gelten die variablen Kosten (fahrleistungsabhängige Abschreibung, Reifen, Öl, Wartung, Reparaturen und Treibstoffkosten (im Stammverkehr ohne Treibstoffsteuern, im Mehrverkehr inkl. Treibstoffsteuern)).

Nur im Güterverkehr und bei Nutzfahrten werden in einer klassischen KNA teilweise auch fixe Kosten miteinbezogen (zeitbedingten Abschreibung). Der Grund dafür ist, dass dank Reisezeitverkürzungen im Güterverkehr und bei Nutzfahrten mit den vorhandenen Fahrzeugen in der gleichen Zeit mehr Transporte gefahren werden können bzw. die Fahrzeuge effizienter eingesetzt werden können. Dies kann zur Einsparung ganzer Fahrzeuge führen.

Erhält der Fahrer eines Fahrzeuges einen Lohn (z.B. im Güterverkehr oder in Reisebussen) sind auch die Lohnkosten der Fahrer als variable Betriebskosten zu berücksichtigen.[183]

Die verbleibenden Fixkosten der Fahrzeuge (Verzinsung, Versicherungen, Garagierungskosten und die zeitabhängige Abnutzung im Privatverkehr) werden im Indikator W8 «Fixe Betriebskosten Fahrzeuge» zusammengefasst.

Aufgrund des unterschiedlichen Treibstoffverbrauchs wird bei der Ermittlung der variablen Betriebskosten nach Fzkm innerorts, ausserorts und auf Autobahnen unterschieden.

12.3 Verwendete Datengrundlagen

Die Betriebskosten werden aufgeteilt in Treibstoffkosten (Kapitel 12.3.2) und die gesamten übrigen Betriebskostengrundwerte.

12.3.1 Betriebskostengrundwerte

Für die Berechnung der Betriebskostengrundwerte müssen Angaben zum Mengen- und Wertgerüst erhoben werden. Dabei sind folgende Kostenbestandteile relevant (vgl. Abbildung 12-1):

- **Anschaffungswert eines Fahrzeugs**: Bei den Fahrzeughaltern fallen Abschreibungen und Kapitalverzinsungskosten an. Für die Berechnung der Abschreibung und Kapitalverzinsung ist der Anschaffungswert eines Fahrzeugs zu ermitteln. Der Anschaffungswert entspricht dem Listenpreis[184] abzüglich der Kosten für die Bereifung und abzüglich der Mehrwertsteuer von 17%. Der Anschaffungspreis dient als Grundlage für die folgenden zwei Kostenbausteine:
  - **Abschreibung**: Unter der Abschreibung wird die Erfassung und Verrechnung der Wertminderungen verstanden, die bei Fahrzeugen im Laufe der Zeit sowie durch den Gebrauch entstehen. Der jährliche Abschreibungsbetrag für die Transportrechnung ergibt sich aus der Division des Anschaffungswerts und der Nutzungsdauer. Für die KNA wird zusätzlich zwischen einer fahrzeitabhängigen und einer fahrleistungsabhängigen

[183] Dabei müssten eigentlich die Lohnkosten des Herkunftlandes des Fahrzeugs verwendet werden (Bickel et al. 2006, HEATCO D5: Proposal for Harmonized Guidelines, S. 108). Dazu liegen aber meist keine Daten vor. So muss notgedrungen der Kostensatz für einen Luxemburger Chauffeur verwendet werden. Problematisch ist dies, wenn ein Grossteil des Verkehrs ausländisch ist. Dann müsste ein Mittelwert der in Luxemburg verkehrenden Fahrzeuge verwendet werden. Dieser liegt jedoch nicht vor.

[184] Listenpreise für PKW Benzin, Elektro und Hybrid, LNF Benzin lt. Nachfrage von BDO bei einem großen luxemburgischen Fahrzeughändler,

Listenpreis für PKW Diesel, LNF Benzin und Elektro, Motorrädern und Mofa anhand des durchschnittlichen Listenpreises in Österreich und Rückkoppelung mit BDO ermittelt,

SNF über durchschnittliche Preise für verschiedene SNF (Solo LKW, LSZ, ..) sowie die Zusammensetzung der luxemburgischen SNF Flotte

Listenpreis Pedelec anhand durchschnittlicher Listenpreise in Österreich und Luxemburg ermittelt, Listenpreis für Fahrrad entsprechend den Daten der Confederation of the European Bicycle Industry für Luxemburg (CONEBI (2017): European Bicycle Market 2017 Edition. Industry & Market Profile (2016 statistics).

Abschreibung unterschieden. Der jährliche Abschreibungsbetrag für die KNA ergibt sich aus der Division des Anschaffungswerts und der Nutzungsdauer mal dem jeweiligen Anteil der Abnutzung durch die Fahrleistung bzw. Fahrzeit. Da im Privatverkehr kaum eine Möglichkeit für eine alternative Verwendung des Fahrzeugs bei eingesparten Fahrzeiten besteht, sind die zeitabhängigen Abschreibungen im Privatverkehr nicht zu berücksichtigen. Folglich sind die zeitabhängigen Abschreibungen nur bei den geschäftlich eingesetzten Personenwagen sowie bei den Personen- und Sachentransportfahrzeugen einzubeziehen.[185] Für die Ermittlung der Transportrechnung hingegen ist die Unterscheidung zwischen fahrzeit- und fahrleistungsabhängiger Abschreibung nicht relevant, da der gesamte Abschreibungsbetrag miteinzubeziehen ist.

– **Kapitalverzinsung:** Das beim Fahrzeugkauf eingesetzte Kapital bringt keinen Zinsertrag mehr, weil das Kapital im Fahrzeug gebunden ist. Daher muss das für den Fahrzeugkauf eingesetzte Kapital mit dem üblichen Sparkonto-Zinsfuss über die Zeit verzinst werden. Nicht zu vernachlässigen ist zudem der zunehmende Anteil von geleasten Fahrzeugen bzw. die dadurch entstehenden Leasinggebühren. Für die vereinfachte Berechnung wird als Mittelwert über die gesamte Abschreibungsdauer für PKW und leichte Nutzfahrzeuge die Hälfte des bezahlten Anschaffungspreises zu einem Zinssatz von 1.5% verzinst.[186] Der Zinssatz entspricht dem gerundeten Mittel aus Kreditzinsen (2.25%), Leasingzinssatz (1.3%) und Bankkontozins (0.2%). Die Bus- und Lastwagenunternehmen in Luxemburg profitieren aufgrund ihrer guten Verhandlungsbasis von einem leicht besseren Zinssatz von 1.2%. Für die Mofas wird von einem Zinssatz von 0.2% ausgegangen, da erwartet wird, dass die Mofas selbstfinanziert sind.

- **Wartung (Service und Reparaturen):** Bei den Wartungskosten handelt es sich um fahrleistungsabhängige Kosten, d.h. sie sind abhängig von den zurückgelegten Kilometern. Die Wartungskosten setzen sich zusammen aus Service- und Reparaturkosten. Da die Reparaturkosten oft nach Unfällen erfolgen, dürfen diese nicht mitberücksichtigt werden, da es sonst zu einer Doppelzählung mit den Unfallkosten kommen würde. Aufgrund der fehlenden Datenlage in Luxemburg wurden für die Wartungskosten Quellen aus der Schweiz verwendet: Für Personenwagen und Motorräder wurden die Angaben des TCS (Touring Club Schweiz) und für die Personen- und Nutzfahrzeuge die Angaben der ASTAG (Schweizer Nutzfahrzeugverband)[187] übernommen und mit der Kaufkraftparität auf Luxemburg umgerechnet.
- **Kosten für die Bereifung**: Die Reifenkosten sind abhängig vom Preis[188] sowie von der durchschnittlichen Reifenlaufleistung[189]. Bei den Reifenkosten handelt es sich um fahrleistungsabhängige Kosten.

[185] Der Anteil der Personenwagen mit Fahrzweck «Geschäft» beträgt in Luxemburg 6.1%.

[186] Grundsätzlich müsste jeweils der Restwert eines Fahrzeuges verzinst werden.

[187] Die bei der ASTAG vorhandenen Daten für die einzelnen Fahrzeugkategorien wurden durch Umfragen im Jahr 2013/2014 bei Schweizer Transportunternehmen erhoben.

[188] Kosten für die Bereifung laut Auskunft eines führenden luxemburgischen Reifenhändlers.

[189] Reifenlaufleistung laut Auskunft eines grossen luxemburgischen Fahrzeughändlers.

Abbildung 12-1: Betriebskostengrundwerte im motorisierten Personen- und Güterverkehr auf der Strasse

	Personenverkehr Motorisierter privater Personenverkehr								Güterverkehr				
	PKW					RBus	MR	Mofa	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF
	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	**Total**	Diesel	Benzin	Benzin	Benzin	Diesel	Elektro	**Total**	Diesel
I. Wertgerüst und Leistungsdaten													
I.1 Listenpreis (inkl. MwSt) in €	26'763	27'415	27'304	31'341	**27'217**	333'450	15'635	2'161	31'337	31'266	44'749	**31'313**	109'707
I.2 Preis der Bereifung (exkl. MwSt) in €	385	385	385	385	**385**	2'460	283	93	480	480	480	**480**	3'337
I.3 Kaufpreis ohne Bereifung (exkl. MwSt) in €	22'490	23'047	22'952	26'403	**22'877**	282'540	13'080	1'754	26'304	26'243	37'767	**26'283**	90'430
I.4 Nutzungsdauer in a	15.6	8.2	12.5	12.1	**9.9**	10.4	17.1	10.0	23.1	9.2	28.0	**9.5**	14.4
I.5 Mittlere Jahresfahrleistung in km/a	11'193	21'252	6'422	14'446	**17'663**	16'368	2'800	1'000	10'154	25'414	2'860	**24'726**	25'744
I.6 Reifenlaufleistung in km	28'500	28'500	28'500	28'500	**28'500**	78'941	10'000	10'000	35'000	35'000	35'000	**35'000**	76'596
I.7 Einsatzzeit in h/a	411	411	242	431	**411**	1'942	86	86	2'000	2'000	2'000	**2'000**	2'000
I.8 Anteil Abnutzung Fahrleistung	30%	30%	30%	30%	**30%**	50%	30%	30%	50%	50%	50%	**50%**	50%
I.9 Anteil Abnutzung Fahrzeit	70%	70%	70%	70%	**70%**	50%	70%	70%	50%	50%	50%	**50%**	50%
I.10 Laufender Unterhalt, Reparaturen in €/a	358	358	155	460	**358**	13'831	50	29	1'533	1'533	337	**1'529**	7'288
I.11 Tats. mittlere Jahresarbeitzeit in h/a	0	-	-	-	**-**	1'773	-	-	1'773	1'773	1'773	**1'773**	1'773
I.12 Versicherungen in €/a	310	310	310	310	**310**	2'844	310	-	310	310	310	**310**	3'982
I.13 Fahrpersonalkosten in €/a	-	-	-	-	**-**	44'845	-	-	29'984	29'984	29'984	**29'984**	33'920
I.14 Verzinsung in %	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	**1.5%**	1.2%	1.5%	0.2%	1.5%	1.5%	1.5%	**1.5%**	1.2%
I.15 Garagierungskosten in €/a	1'067	1'067	1'067	1'067	**1'067**	4'977	427	-	1'778	1'778	1'778	**1'778**	6'399
II. Zeitabhängiger Betriebskostengrundwert													
II.1 Zeitabhängige Abnutzung Geschäftsverkehr in €/a (=I.3*I.9/I.4)[1]	61	119	79	93	**99**	13'574	-	-	568	1'419	675	**1'382**	3'144
II.3. Teil 1 Kosten pro Einsatzstunde in €/Fzh (II.1)/I.7[1]	0.01	0.02	0.02	0.01	**0.01**	6.99	-	-	0.28	0.71	0.34	**0.69**	1.57
II.4. Teil 2 Kosten pro Stunde Jahresarbeitzeit in €/h (I.13)/I.11	-	-	-	-	**-**	25.29	-	-	16.91	16.91	16.91	**16.91**	19.13
II.5 Summe in €/h (=II.3 + II.4)	***0.01***	***0.02***	***0.02***	***0.01***	***0.01***	***32.28***	***-***	***-***	***17.20***	***17.62***	***17.25***	***17.60***	***20.70***
III. Fahrleistungsabhängiger Betriebskostengrundwert													
III.1 Fahrleistungsab. Abnutzung in €/100km (=I.3/I.4*I.8/I.5*100)	3.86	3.95	8.61	4.53	**3.93**	82.93	8.18	5.26	5.60	5.58	23.60	**5.64**	12.21
III.2 Reifenverschleiss in €/100km (=I.2/I.6*100)	1.35	1.35	1.35	1.35	**1.35**	3.12	2.83	0.93	1.37	1.37	1.37	**1.37**	4.36
III.3 Lauf. Unterhalt, Reparaturen in €/100km (=I.10/I.5*100)	3.20	1.68	2.42	3.18	**2.22**	84.50	1.77	2.88	15.09	6.03	11.77	**6.41**	28.31
III.4 Summe in €/100km (=III.1 + III.2 + III.3)	***8.40***	***6.98***	***12.38***	***9.06***	***7.50***	***170.55***	***12.78***	***9.07***	***22.06***	***12.99***	***36.75***	***13.43***	***44.88***
III.5 Fahrleistungsab. Abnutzung in €/a (=I.3/I.4*I.8)	432	840	553	654	**695**	13'574	229	53	568	1'419	675	**1'382**	3'144
III.6 Reifenverschleiss in €/a (=I.2*I.5/I.6)	151	287	87	195	**238**	510	79	9	139	349	39	**339**	1'122
III.7 Lauf. Unterhalt, Reparaturen in €/a (=I.10)	358	358	155	460	**358**	13'831	50	29	1'533	1'533	337	**1'529**	7'288
III.8 Summe in €/a (=III.5 + III.6 + III.7)	***940***	***1'484***	***795***	***1'308***	***1'292***	***27'915***	***358***	***91***	***2'240***	***3'300***	***1'051***	***3'250***	***11'553***
IV. Fixe Kosten pro Fahrzeug													
IV.1 Verzinsung in €/a (=I.3/2*I.14)	169	173	172	198	**172**	1'695	98	2	197	197	283	**197**	543
IV.2 Versicherungen in €/a (=I.12)	310	310	310	310	**310**	2'844	310	-	310	310	310	**310**	3'982
IV.3 Garagierungskosten in €/a (=I.15)	1'067	1'067	1'067	1'067	**1'067**	4'977	427	-	1'778	1'778	1'778	**1'778**	6'399
IV.4 Zeitabhängige Abnutzung Privatverkehr in €/a (=I.3*I.9/I.4)	946	1'840	1'211	1'433	**1'523**	-	534	123	-	-	-	**-**	-
IV.5 Summe in €/a (IV.1 + IV.2 + IV.3 + IV.4)	***2'491***	***3'389***	***2'760***	***3'007***	***3'071***	***9'516***	***1'369***	***125***	***2'285***	***2'284***	***2'371***	***2'285***	***10'923***

[1] Bei PKW wird dieser Effekt nur im Geschäftsverkehr berücksichtigt, d.h. das Ergebnis wurde mit 6.1% multipliziert.

- **Fahrpersonalkosten**: Bei den Personen- und Sachentransportfahrzeugen im gewerblichen Strassenverkehr fallen Zeitkosten für Chauffeure, d.h. Personalkosten, an. Da Veränderung in der Fahrzeit bei Fahrzeugen im Güterverkehr und gewerblichen Personentransport, Auswirkungen auf die Personalkosten haben, sind die Personalkosten wesentlicher Bestandteil der fahrzeitabhängigen Kosten. Die durchschnittlichen Fahrpersonalkosten (Mittelwert für Dienstalter 1/10/>25) wurden dabei anhand der luxemburgischen Kollektivverträge für Bus-[190] und Transportgewerbe[191] ermittelt, wobei der Arbeitnehmeranteil (13.39%) dazugerechnet wurde. Die Fahrpersonalkosten sind bei Reisebussen deutlich höher als im Güterverkehr.
- **Versicherungen**: Für die Haltung eines Fahrzeugs fallen Versicherungskosten an. Versicherungskosten mit Unfallbezug sind auszuschliessen, da diese bereits bei den Unfallkosten enthalten sind. Versicherungskosten ohne Unfallbezug, die nicht-unfallbedingte Schäden mitabdecken, wie z.B. Versicherungskosten für Schäden wegen Diebstahl, sind hingegen miteinzubeziehen. Da für Luxemburg keine Quellen vorliegen, wurden die Angaben des TCS und der ASTAG[192] für Fahrzeuge in der Schweiz übernommen und mit der Kaufkraftparität auf Luxemburg umgerechnet. Miteinbezogen wurde dabei lediglich die Teilkaskoversicherung. In der Schweiz deckt die Teilkasko Schäden, an denen kein Lenker beteiligt ist (z.B. Marderschäden, Fahrzeugdiebstahl, Kollision mit Tieren, Elementarschäden).
- **Garagierungskosten**: Unter Garagierungskosten werden Parkgebühren sowie Kosten für die Garage und Abstellplätze verstanden. Gemäss dem TCS trägt ein Automobilist pro Jahr Garagierungskosten in der Höhe von rund 1'500 CHF. Die Garagierungskosten betragen laut ASTAG[193] jährlich 2'500 CHF für einen Lieferwagen, 9'000 CHF für einen LKW sowie 7'000 CHF für einen Reisecar. Da keine Quellen für Luxemburg vorhanden sind, wurden diese Angaben für Luxemburg übernommen und mittels der Kaufkraftparität auf Luxemburg angepasst.

Für die Berechnung der fahrleistungs- und fahrzeitabhängigen Betriebskostensätze werden noch folgende Daten benötigt:

- Jährliche mittlere Fahrleistung in Fahrzeugkilometer als Basis für die fahrleistungsabhängigen Jahreskosten (vgl. Kapitel 7.1.1).
- Jährliche Einsatzzeit in Stunden als Basis für die fahrzeitabhängigen Kosten.[194]
- Mittlere Jahresarbeitszeit in Stunden als Basis für die fahrzeitabhängigen Kosten – basierend auf der Jahresarbeitszeit im Jahr 2012 unter Berücksichtigung von Urlauben[195].

---

[190] LCGB, ACAP (2017) : Salaire bruts pour chauffeur de bus (1.1.2017).

[191] Groupement Transport (2017) : Barème des salaires pour des transports professionnels de marchandises par route à partir du 1ier janvier 2017 suivant Indice 794,54.

[192] ASTAG (2014), Selbstkosten von Nutzfahrzeugen im Strassentransport in der Schweiz

[193] ASTAG (2014), Selbstkosten von Nutzfahrzeugen im Strassentransport in der Schweiz.

[194] EBP (2018), Weiterentwicklung der Fahrzeugbetriebskostensätze für Kosten-Nutzen-Analysen.

[195] Reiff (2014) : Regards n°23/2014 sur la durée de travail. STATEC.

- Nutzungsdauer eines Fahrzeugs zur Ermittlung der jährlichen Abschreibungen: Die Nutzungsdauern der Fahrzeuge ergeben sich durch die Division der durchschnittlichen Lebensfahrleistungen und der jährlichen Fahrleistungen eines Fahrzeuges. Bei den Bussen sowie bei den Elektro-Lieferwagen war die dadurch resultierende Nutzungsdauer aufgrund der sehr tiefen mittleren Jahresfahrleistung dieser Fahrzeuge unrealistisch hoch. Daher wurde bei den Bussen und Elektro-Lieferwagen auf andere Quellen zurückgegriffen. Bei den Bussen wird für die Nutzungsdauer das doppelte Durchschnittsalter der eingesetzten Busse verwendet.[196]
- Die Anteile der Abnutzung durch Fahrleistung und Fahrzeit als Basis für die fahrzeit- und fahrleistungsabhängige Abschreibung: Diese Anteile basieren auf EBP (2018).[197]

Abbildung 12-1 zeigt die Berechnung der Betriebskostensätze für alle relevanten Fahrzeugkategorien. In den Zeilen II.5, III.4 und IV.5 stehen die für die KNA relevanten Kostensätze. Für **Fahrräder und Pedelec** wurden die Kostensätze alternativ berechnet:

- Für Fahrräder stehen zu wenig Datengrundlagen aus Luxemburg zur Verfügung, um die Betriebskosten abschätzen zu können. Deshalb wird auf einen Kostensatz aus der Schweiz zurückgegriffen, der 0.27 CHF / Fzkm im Jahr 2010 beträgt.[198] Dieses Ergebnis beruht auf der Haushaltsbudgeterhebung in der Schweiz: Darin werden die gesamten Ausgaben der Haushalte erfasst. Pro Monat werden 16.2 CHF für Fahrräder ausgegeben, davon 13.1 CHF für die Beschaffung, 2.5 CHF für Ersatzteile und Zubehör und 0.6 CHF für die Velovignette.[199] Dabei handelt es sich um eine Haftpflichtversicherung für Velofahrer, die es in dieser Form in Luxemburg nicht gibt. Entsprechend werden die 0.27 CHF / Fzkm reduziert auf 0.26 CHF / Fzkm und dann mit der Kaufkraftparität und der Teuerung auf Luxemburg umgerechnet, was einen Kostensatz von 0.179 € / Fzkm ergibt. Dies sind die Gesamtkosten, die noch auf fixe Kosten und variable Kosten aufgeteilt werden müssen. Wie bei den Mofas gehen wir von einem Anteil von 30% der Abnutzung durch die Fahrleistung aus, so dass der variable Kostensatz bei 0.054 € / Fzkm zu liegen kommt. Die fixen Kosten pro Jahr belaufen sich auf 26 € / Fahrrad.[200]
- Für Pedelec 25 liegt für Luxemburg ein durchschnittlicher Kaufpreis von 1'950 € vor[201] Verbindet man diesen mit einer 10-jährigen Nutzungsdauer und 1000km pro Jahr,[202] ergeben sich Beschaffungskosten von 0.167 € / Fzkm (ohne MWST). Dazu wird derselbe Anteil für Ersatzteile und Zubehör addiert wie für Fahrräder, was zu einem Kostensatz von 0.198 € /

[196] STATEC, D6106 Vehicle age by category (in %).

[197] EBP (2018), Weiterentwicklung der Fahrzeugbetriebskostensätze für Kosten-Nutzen-Analysen.

[198] Ecoplan, Universität Zürich (2013), Integration des Langsamverkehrs in die Transportrechnung, S. 27-30.

[199] Eine Erhebung in Luxemburg (TNS (2015): Enquête Mobilité douce 2014) zeigt, dass luxemburgische Haushalte ähnliche Ausgaben für das Fahrrad haben.

[200] Berechnet aus einem Kaufpreis von 550 € in Luxemburg (Conebi 2017) abzüglich MWST von 17%, multipliziert mit dem Anteil von 70% für die fixe Abnutzung, zuzüglich 19% für Ersatzteile und Zubehör (aus den Schweizer Daten im Haupttext) und dividiert durch die Lebensdauer von 15 Jahren (gemäss Ecoplan, Infras 2018).

[201] Listenpreis Pedelec anhand durchschnittlicher Listenpreise in Österreich und Luxemburg ermittelt.

[202] Daten aus Herleitung der vor- und nachgelagerten Effekte in der Schweiz (Ecoplan, Infras 2014).

Fzkm führt. Dies sind wiederum die Gesamtkosten. Die variablen Kosten entsprechen wiederum 30% davon, also 0.06 € / Fzkm. Die fixen Kosten pro Ped25 werden gleich wie beim Fahrrad berechnet, was 139 € / Ped25 und Jahr ergibt.[203]

12.3.2 Treibstoffkosten

Die Treibstoffkosten werden bestimmt indem der Treibstoffverbrauch pro Fzkm mit den Kosten des Treibstoffs multipliziert werden. Einige Hinweise dazu:

- Der Treibstoffverbrauch wird in Kapitel 7.2 hergeleitet und wird differenziert nach Autobahn, ausserorts und innerorts. Während also die Betriebskosten-Grundwerte oben für alle Fzkm gleich hoch sind, variieren die Treibstoffkosten je nach Strassentyp.
- Bei den Pedelecs 25 beträgt der Stromverbrauchs 0.01 kWh / km oder 0.036 MJ / km.[204]
- Die Treibstoffkosten werden differenziert nach Benzin, Diesel und Strom (Elektrofahrzeuge).
- Im Stammverkehr müssen wie erwähnt die Faktorkosten des Treibstoffs berücksichtigt werden, im Mehrverkehr hingegen zusätzlich die Steuern und Abgaben (vgl. auch Anhang A).
- Da die Emissionsfaktoren für Benzin und Diesel in g / Fzkm vorliegen, die Preise hingegen in € / Liter, wird noch ein Umrechnungsfaktor benötigt. Dieser Beträgt für Benzin 742 g / l und für Diesel 832 g / l.[205]

In der folgenden Abbildung werden die Treibstoffpreise detailliert dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Kosten von Diesel und Strom für private und berufliche Nutzer unterschiedlich sind, weil die die beruflichen Nutzer die MWST nicht bezahlen müssen (bzw. sie als Vorsteuerabzug geltend machen können). Beim Strom zahlen die beruflichen Nutzer in Luxemburg zudem deutlich weniger (Tarifgestaltungen der Energieunternehmen).

Abbildung 12-2: Treibstoffkosten für Benzin, Diesel und Strom in Luxemburg

€ / Liter bzw. € / MJ	Benzin	Diesel privat	Diesel beruflich	Elektro privat	Elektro beruflich
Faktorkosten	0.4985	0.4550	0.4550	0.1271	0.0536
Mineralölsteuer	0.4620	0.3350	0.3350		
Akzise				0.0245	0.0086
MWST	0.1635	0.1340		0.0121	
Total	1.1240	0.9240	0.7900	0.1637	0.0622
Total Steuern	0.6255	0.4690	0.3350	0.0366	0.0086

Quelle: STATEC, Tabellen A4502 Structure du prix de l'électricité (en EUR par kWh) 2008 – 2016, A4504 Structure du prix de l'essence (en EUR par litre) 2007 – 2016 und A4505 Structure du prix des gasoil/diesel 2007 – 2016.

[203] Berechnet aus dem Kaufpreis von 1'950 € in Luxemburg abzüglich MWST von 17%, multipliziert mit dem Anteil von 70% für die fixe Abnutzung, zuzüglich 19% für Ersatzteile und Zubehör und dividiert durch die Lebensdauer von 10 Jahren.

[204] Ecoplan, Infras (2018), Externe Effekte des Verkehrs 2015.

[205] SN 641 827 (2009), Ziffer 15.

In unseren Berechnungen gehen wir davon aus, dass Reisebusse, Linienbusse, SNF und 6.1% der PKW, der Motorräder, der Mofas und der Pedelecs 25[206] vom günstigeren beruflichen Tarif profitieren können. Die übrigen Fahrzeugkategorien (inkl. 93.9% der PKW) bezahlen die privaten Preise.

In den zusammenfassenden Ergebnissen in Kapitel 12.4 werden die Kostensätze für Benzin und Diesel nicht wie in Abbildung 12-2 in € / l angegeben, sondern in € / kg. Dies stellt sicher, dass sie direkt mit den Emissionsfaktoren in g / Fzkm verknüpft werden können.

Wie in der Schweiz gehen wir davon aus, dass die Treibstoffpreise über die Zeit konstant bleiben. Die Preise sind zwar Schwankungen unterworfen, folgen aber langfristig nicht einem vorhersehbar steigenden oder fallenden Trend.

12.4 Ergebnisse

12.4.1 Kostensätze für die KNA im Strassenverkehr

Abbildung 12-3 zeigt die fahrleistungsabhängigen Betriebskostensätze (in € / 100 Fzkm) und die zeitabhängigen Betriebskostensätze (in € / Fahrzeugstunde [Fzh]) für das Jahr 2016 im motorisierten Strassenverkehr für Luxemburg. Die ermittelten Betriebskostensätze dienen der Bewertung von Massnahmen im Strassenverkehr. Sie zeigen diejenigen Kosten auf, welche sich entsprechend dem Opportunitätsprinzip mit einer Änderung der Fahrleistung bzw. der Fahrzeit der Fahrzeuge ergeben. Die fahrleistungsabhängigen Betriebskostensätze setzen sich zusammen aus der fahrleistungsabhängigen Abnutzung, dem Reifenverschleiss und den Wartungskosten. Die fahrzeitabhängigen Betriebskostensätze hingegen umfassen die zeitabhängige Abnutzung für geschäftlich eingesetzte Fahrzeuge sowie die Personalkosten im Güterverkehr und gewerblichen Personentransport.

Der über die jeweiligen Antriebsarten aggregierte fahrleistungsabhängige Betriebskostensatz für Personenwagen beträgt 7.50 € / 100 Fzkm, während sich der zeitabhängige Betriebskostensatz auf 0.01 € / Fzh beläuft. Der zeitabhängige Betriebskostensatz umfasst lediglich die zeitabhängige Abnutzung des Geschäftsverkehrs.

Die fahrleistungsabhängigen Betriebskostensätze der Reisebusse (170.55 € / 100 Fzkm), der leichten und schweren Nutzfahrzeuge (13.43 bzw. 44.88 € / 100 Fzkm) fallen aufgrund ihrer geringen Fahrleistung hoch aus. Die zeitabhängigen Betriebskosten betragen 32.28 € / Fzh für Reisebusse, 17.60 € / Fzh für leichte Nutzfahrzeuge und 20.70 € / Fzh für schwere Nutzfahrzeuge. Ausschlaggebend sind dabei die Personalkosten der Chauffeure.

Beim Treibstoff werden im Stammverkehr (Indikator W7) nur die Faktorkosten berücksichtigt (weil die Steuern ein reiner Transfer zwischen Verkehrsteilnehmer und Staat sind, der nur für die sozioökonomischen Teilbilanzen relevant ist – vgl. Indikator W16). Im Mehrverkehr

[206] 6.1% entspricht dem Anteil der Geschäftsreisen im motorisierten Privatverkehr.

hingegen (Indikator W13g) sind die gesamten Treibstoffkosten (inkl. Steuern) zu berücksichtigen, um den Nutzen im Mehrverkehr korrekt abschätzen zu können.

Im öffentlichen Strassenverkehr gelten eigentlich dieselben Treibstoff-Kostensätze wie für leichte Nutzfahrzeuge. Die Treibstoffkosten der Busse sind jedoch in den Betriebskosten des ÖV im Indikator W9 enthalten und dürfen hier deshalb nicht miteinbezogen werden, um eine Doppelzählung zu vermeiden.

Abbildung 12-3: Variable Fahrzeug-Betriebskosten im Strassenverkehr im Jahr 2016

	Personenverkehr										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
€ / 100 Fzkm	8.40	6.98	12.38	9.06	7.50	170.55	12.78	9.37	5.95	5.38	-
€ / Fzh	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	32.28	-	-	-	-	-
Benzinpreis (Faktorkosten) in € / kg	0.672	-	-	0.672	0.672	-	0.672	0.672	-	-	-
Dieselpreis (Faktorkosten) in € / kg	-	0.547	-	0.547	0.547	0.547	-	-	-	-	-
Strompreis (Faktorkosten) in € / MJ	-	-	0.123	0.123	0.123	-	0.123	0.123	0.123	-	-
Benzinpreis (Gesamtkosten) in € / kg	1.515	-	-	1.515	1.515	-	1.515	1.515	-	-	-
Dieselpreis (Gesamtkosten) in € / kg	-	1.101	-	1.101	1.101	0.950	-	-	-	-	-
Strompreis (Gesamtkosten) in € / MJ	-	-	0.158	0.158	0.158	-	0.158	0.158	0.158	-	-

	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr				
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel
€ / 100 Fzkm	-	-	-	-	22.06	12.99	36.75	13.43	44.88
€ / Fzh	-	-	-	-	17.20	17.62	17.25	17.60	20.70
Benzinpreis (Faktorkosten) in € / kg	-	-	-	-	0.672	-	-	0.672	-
Dieselpreis (Faktorkosten) in € / kg	-	-	-	-	-	0.547	-	0.547	0.547
Strompreis (Faktorkosten) in € / MJ	-	-	-	-	0.054	0.054	0.054	0.054	-
Benzinpreis (Gesamtkosten) in € / kg	-	-	-	-	1.515	-	-	1.515	-
Dieselpreis (Gesamtkosten) in € / kg	-	-	-	-	-	0.950	-	0.950	0.950
Strompreis (Gesamtkosten) in € / MJ	-	-	-	-	0.062	0.062	0.062	0.062	-

In der folgenden Abbildung werden schliesslich noch die fixen Fahrzeugkosten zusammengefasst. Wie sich zeigt, fallen für einen PKW pro Jahr Kosten von ca. 3'000 € an. Bei Lieferwagen ist der Wert mit ca. 2'300 € geringer, was darauf zurückzuführen ist, dass bei Lieferwagen die zeitabhängige Abnutzung bei den variablen Kosten berücksichtigt werden (vgl. Abbildung 12-1). Reisebusse mit ca. 9'500 € pro Jahr und schwere Nutzfahrzeuge mit knapp 11’000 € pro Jahr sind deutlich teurer.

Abbildung 12-4: Fixe Fahrzeug-Betriebskosten im Strassenverkehr im Jahr 2016

	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Kosten in € / Fz	2'490.7	3'389.1	2'759.7	3'007.2	3'071.5	9'516.3	1'368.8	124.5	138.9	26.1	-

	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr				
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel
Kosten in € / Fz	-	-	-	-	2'284.8	2'284.3	2'370.8	2'284.6	10'923.3

Veränderung der Kostensätze über die Zeit: Alle variablen und fixen Kostensätze sind real konstant.

12.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg im Strassenverkehr

Im Folgenden werden als Input in die Transportrechnung die Gesamtkosten für das Land Luxemburg berechnet. Dabei werden die fixen und variablen Kosten zusammengezählt.

Die folgende Abbildung zeigt, dass die Betriebskosten der Fahrzeuge in Luxemburg im Jahr 2016 insgesamt 4'100 Mio. € betragen. Von den insgesamt 4'100 Mio. € sind 320 Mio. € auf die Treibstoffkosten zurückzuführen (zu Faktorpreisen wie immer in der Transportrechnung). Der grösste Teil, nämlich 48% der gesamten Fahrzeug-Betriebskosten, werden durch Personenwagen verursacht. Weitere 29% entfallen auf die leichten Nutzfahrzeuge. Die schweren Nutzfahrzeuge sind für 21% der Fahrzeug-Betriebskosten verantwortlich. Die Motorräder und Reisebusse steuern lediglich jeweils knapp 1% der Fahrzeug-Betriebskosten bei.

Abbildung 12-5: Fahrzeug-Betriebskosten in Luxemburg im Strassenverkehr im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Betriebskosten in Mio. €	548.2	1'419.1	2.9	14.8	1'985.0	36.3	35.3	7.0	1.4	9.8	-

in Mio. €	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr					Gesamttotal
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF	
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel	
Betriebskosten in Mio. €	-	-	-	-	44.5	1'126.3	3.5	1'174.2	851.5	4'100.6

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Diese Kosten werden zu 100% von den Verkehrsteilnehmenden selbst getragen.

13 W9 Betriebskosten ÖV und Schienen-Güterverkehr

13.1 Berechnungsgegenstand

Die Betriebskosten des veränderten ÖV-Angebotes setzen sich aus den folgenden drei Komponenten zusammen:[207]

- **Rollmaterialkosten**: Kosten für die Beschaffung des zusätzlich benötigten Rollmaterials (Züge, Trams, Busse), um das geplante Angebotskonzept fahren zu können.
- **Leistungsabhängige Kosten**: Leistungsabhängige Kosten, die mit den Zugkm, den Btkm oder Buskm zunehmen. Dazu gehören auch die Energiekosten.[208]
- **Zeitabhängige Kosten**: Zeitabhängige Kosten, die mit den Einsatzzeiten zunehmen.

13.2 Grundlegende Berechnungsmethodik

Wird das Angebot im öffentlichen Strassen- oder Schienenverkehr angepasst, so verändern sich auch die Betriebskosten. Für die Betriebskosten werden im Rahmen der vorliegenden Studie Kennzahlen zur Verfügung gestellt. Es kann jedoch trotzdem sinnvoll sein, bei der Bewertung eines konkreten Projektes mit dem Betreiber (oder mit den Betreibern) der betroffenen Linien die Betriebskostensätze neu zu erheben, weil z.B. ein anderes Fahrzeug zum Einsatz kommt als hier hinterlegt wird oder weil der Betreiber eine andere Kostenstruktur hat. Die im Folgenden hergeleiteten Kostensätze können für eine erste grobe Abschätzung jedoch hilfreich sein.

13.3 Verwendete Datengrundlagen

a) Betriebskosten im Jahr 2016 im Personenverkehr

Das MDDI hat uns die in der folgenden Abbildung dargestellten Betriebskosten für den öffentlichen Strassen- und Schienenverkehr zur Verfügung gestellt. Im Jahr 2016 fuhren noch keine Elektrobusse und auch das Tram wurde erst Ende 2017 eröffnet. Deshalb gibt es im Jahr 2016 auf der Strasse nur Kosten bei den Diesel-Linienbussen. Zu Faktorkosten fallen insgesamt Kosten von 360 Mio. € für Busse und knapp 200 Mio. € im Schienenverkehr an. Einige Bemerkungen zu den einzelnen Zeilen der Abbildung:

- AVL und RGTR (Betreiber AVL): Zusammen 63 Mio. €: Linien, die von der Stadt Luxemburg im Auftrag des Ministeriums betrieben werden.

---

[207] In der Schweiz werden zudem noch die Distributionskosten (Kosten für den Verkauf der Billette) berücksichtigt, die in Luxemburg aber vernachlässigt werden, da wir dazu keine Daten erhalten haben.

[208] Ein Schienen-Projekt kann über die zusätzlich fahrenden Züge auch zu einem Mehrverbrauch an Energie führen. Der Strom wird vom Infrastrukturbetreiber zur Verfügung gestellt. Entsprechend erhebt die CFL «Gestion de l'Infrastructure» die Strompreise bei den Zugsbetreibern.

- TICE und RGTR (Betreiber TICE): Zusammen 42 Mio. €: Linien, die vom TICE (Zusammenschluss mehrerer Südgemeinden) im Auftrag des Ministeriums betrieben werden.[209] Dem TICE entstehen aufgrund der höheren Besoldung ihrer Fahrer Mehrkosten, die von den im TICE vertretenen Gemeinden beglichen werden (13 Mio. €).
- RGTR (Betreiber CFL): 27 Mio. €: Linien, die von der CFL im Auftrag des Ministeriums betrieben werden.

Abbildung 13-1: Betriebskosten im öffentlichen Strassen- und Schienenverkehr im Jahr 2016

Betriebskosten in Mio. € 2016	Dieselbus	Regionalzug
AVL	56.93	
RGTR (Betreiber AVL)	6.15	
TICE	12.74	
RGTR (Betreiber TICE)	29.36	
RGTR (Betreiber CFL)	26.87	
RGTR (private Betreiber)	150.02	
Adapto	13.42	
Capabs	33.95	
Nachtverkehre (Citynightbus, Late-Night-Busse etc.)	0.56	
Kosten Gemeinden	38.96	
Abzug Treibstoff- und KFZ-Steuer	-7.94	
Abzug Beitrag an Kyoto-Fonds	-0.73	
Total	**360.28**	**196.84**

- RGTR (private Betreiber): 150 Mio. €: Linien, die von privaten Busbetrieben im Auftrag des Ministeriums betrieben werden.
- Adapto: 13 Mio. €: Behindertentransport mit Kleinbussen und Selbstbeteiligung.
- Capabs: 34 Mio. €: Behindertentransport mit Kleinbussen ohne Selbstbeteiligung.[210]
- Für die Subventionierung der Nachtverkehre (Citynightbus, Late-Night-Busse etc.) fallen zudem Kosten von 0.6 Mio. € beim MDDI an.
- Für Gemeindebusse (und Nachtverkehre) fallen zudem 39 Mio. € bei den Gemeinden an, davon gut 9 Mio. € in der Stadt Luxemburg. Diese Daten wurden aus einer Hochrechnung der Gemeindebudgets ausgewählter Gemeinden gewonnen (vgl. Anhang D).
- In den Kosten des Strassen-ÖV sind auch die Treibstoffsteuern auf dem verbrauchten Diesel sowie die KFZ-Steuern enthalten. Da die Transportrechnung zu Faktorkosten erstellt wird, müssen die Treibstoff- und KFZ-Steuern von 7.9 Mio. € noch herausgerechnet

[209] Gemäss Angaben des MDDI fährt TICE nur mit Erdgasbussen. Diese werden in dieser Studie aber nicht als eigene Fahrzeugkategorie unterschieden und unter den Dieselbussen erfasst.

[210] Adapto- und Capabs-Kleinbusse gehören streng genommen nicht zu den Linienbussen, da sie zu klein sind. Sie werden hier aber trotzdem miteinbezogen, um die gesamten Kosten des Verkehrs in der Transportrechnung abbilden zu können.

werden. Zudem müssen auch die Beiträge an den Kyoto-Fonds von 0.7 Mio. €, die über Treibstoffsteuern und KFZ-Steuern bezahlt werden, abgezogen werden.[211]

- Im Schienenverkehr gibt es nur einen relevanten Betreiber, die CFL, mit Kosten von 197 Mio. €.

In den dargestellten Kosten des ÖV sind allerdings nicht nur die Betriebskosten enthalten, sondern die gesamten Kosten des Strassen-ÖV, d.h. insbesondere auch Kosten für die Businfrastrukturen (Haltestellen, Billettautomaten etc.), sofern diese überhaupt von Busbetreiber bezahlt werden. Eine Aufteilung auf Betrieb und Infrastruktur war im Rahmen der Datenerhebung nicht möglich.

b) Betriebskosten im Jahr 2016 im Schienen-Güterverkehr

Die Betriebskosten im Schienengüterverkehr betragen ungefähr 0.02 € / Btkm.[212] In diesem Kostensatz ist (wie gewünscht) weder MWST, noch Strom- und Trassenpreis enthalten, jedoch alle übrigen Kosten, d.h. sowohl die variablen als auch die fixen Kosten. Hochgerechnet mit den Btkm in Luxemburg gemäss Territorialprinzip ergeben sich daraus Kosten von 12.6 Mio. €. In dieser Hochrechnung muss angenommen werden, dass die Betriebskosten aller in Luxemburg tätigen Güterverkehrsbetreiber etwa gleich hoch sind.

c) Strompreis

Dieser wird vom Streckennetzbetreiber (CFL GI Gestion de l'Infrastructure) auf allen Verkehren (ausser Rangierverkehr) erhoben. Der Grundtarif beträgt 0. 0151€ pro Bruttotonne. Dieser Einheitspreis wird mit dem Zuggewicht, einem Faktor für die Fahrgeschwindigkeit abseits der Haltestellen, einem Faktor für Heizung und Klimaanlage im Personenverkehr sowie einem Faktor für die Anzahl Haltestellen multipliziert.

Bezogen auf die Zugkilometer beträgt der Strompreis 2016 im Personenverkehr im Mittel 0.8772 € / Zugkm und im Güterverkehr 0.7476€ / Zugkm (Einnahmen dividiert durch Zugkilometer inklusive Leerfahrten). Der Strompreis hängt aber sehr stark davon ab, wie schwer ein Zug ist: Schwere Züge benötigen mehr Strom. Deshalb rechnen wir diese Kostensätze um in Kosten pro Btkm, was im Personenverkehr 0.00371 € / Btkm ergibt und im Güterverkehr 0.0005915 € / Btkm.[213] Diese Kostensätze werden in der KNA angewendet. Werden die Kostensätze mit den Zugkm bzw. den Btkm multipliziert, so ergeben sich die gesamten Stromkosten im luxemburgischen Schienenverkehr als 7.33 Mio. €, davon 7.00 Mio. € im Personenverkehr und 0.33 Mio. € im Güterverkehr. Es wird davon ausgegangen, dass sich der Strompreis über die Zeit nicht verändert.

Es ist zu beachten, dass der Strompreis im Personenverkehr bereits in den Gesamtzahlen der CFL für Luxemburg enthalten ist, im Güterverkehr hingegen nicht.

---

[211] Diese Zahlen werden in Kapitel 27.1.2 hergeleitet.

[212] Gemäss Angaben eines Güterverkehrsbetreibers.

[213] Mitteilung CFL-GI per Mail am 11.01.18; Brutto-Tonnenkilometer inkl. Lokomotive.

d) Betriebskostensätze für die KNA: Öffentlicher Strassenverkehr

In einer KNA sollen nur die variablen Kosten berücksichtigt werden, die sich durch ein Projekt verändern. Oben wurden hingegen die gesamten Betriebskosten erhoben, inkl. der Fixkosten. Für die variablen Kosten wurden uns vom MDDI die folgenden Kostensätze zur Verfügung gestellt. Beim Bus wurde ein Bus Kategorie 6 (RGTR) mit 44 Sitzplätze und insgesamt 82 Plätze unterstellt. Wird bei der Beurteilung eines konkreten Projektes ein anderer Bustyp untersucht, müssen die Kostensätze entsprechend angepasst werden.

Die Beschaffungskosten des Trams sind zwar deutlich höher als der Kaufpreis der Linienbusse, doch weil die Lebensdauer des Trams viel höher ist als diejenige der Busse sind die Kosten pro Jahr vergleichbar mit denjenigen des Elektrobusses. Innerhalb der Linienbusse zeigt sich, dass der Elektrobus in der Beschaffung mehr als doppelt so teuer wie ein Dieselbus und bei den variablen Betriebs- und Unterhaltskosten trotzdem mit gleiche hohen Kosten pro Fzkm gerechnet werden muss. Im Quervergleich zum Dieselbus lohnt sich also zurzeit der Kauf eines Elektrobusses aus rein betriebswirtschaftlicher Optik (noch) nicht.

Abbildung 13-2: Variable Kostensätze für die Betriebskosten im öffentlichen Strassenverkehr

2016	Linienbus		Tram	Veränderung
	Diesel	Elektro	Elektro	pro Jahr
Beschaffungskosten pro Fahrzeug in €	264'453	635'060	4'000'000	
Lebensdauer der Fahrzeuge in Jahren	5	5	30	
Beschaffungskosten pro Fz in € / Jahr	52'891	127'012	133'333	
Betrieb und Unterhalt in € / Fzkm				
Chauffeurkosten	1.12	1.12		Reallohnwachstum
Übrige variable Kosten	0.80	0.80		halbes Reallohnwachstum
Energie			1.94	konstant
Unterhaltskosten			2.86	konstant
Bereitstellunsgkosten			1.64	konstant
Versicherungen			0.53	konstant
Total variable Kosten in € / Fzkm	**1.92**	**1.92**	**6.96**	
Variable Chauffeurkosten in € / Fahrplanstunde			31.67	Reallohnwachstum

Das Tram verursacht pro Fzkm deutlich höhere Kosten als die Busse. Zudem sind die Chauffeurkosten bei den Bussen bereits im Kostensatz pro Fzkm enthalten, beim Tram kommen aber noch knapp 32 € pro Fahrplanstunde dazu. Es ist allerdings zu betonen, dass die Kostensätze für das Tram auf eher hohen Budgetwerten beruhen und nicht auf tatsächlichen Abrechnungen. Gleiches gilt auch für den Elektrobus. Es ist denkbar, dass nach einigen Betriebsjahren des Trams aktuellere Kostensätze verfügbar sein werden, die von den hier dargestellten abweichen könnten.

Deshalb sind all diese Kostensätze im MOBIMPACT-Tool zwar vorgegeben, aber überschreibbar. Dabei stellt MOBIMPACT die Kostensätze differenziert nach einem reallohnabhängigen und reallohn<u>un</u>abhängigen Teil zur Verfügung.

e) Betriebskostensätze für die KNA: Öffentlicher Schienenverkehr

Die in der folgenden Abbildung dargestellten marginalen Betriebskosten des Schienen-Personenverkehrs wurden uns von der CFL geliefert. Sie enthalten weder Strompreis noch Trassenpreis. Gesamthaft fallen Kosten von 12.21 € / Zugkm an.

Diese Kostensätze basieren weitgehend auf Personalkosten und nehmen somit mit dem Reallohnwachstum zu. Einzig 50% der Unterhaltskosten des Rollmaterials sind Materialkosten und bleiben real konstant.

Abbildung 13-3: Kostensätze für die variablen Betriebskosten im Schienen-Personenverkehr

Unterhalt Rollmaterial in € / Zugkm	3.38
Putzen Rollmaterial in € / Zugkm	0.49
Kosten Zugfahrer in € / Zugkm	4.88
Kosten Schaffner in € / Zugkm	3.46
Total in € / Zugkm	12.21

f) Betriebskostensätze für die KNA: Schienen-Güterverkehr

Es ist davon auszugehen, dass das MOBIMPACT-Tool in absehbarer Zeit nicht für die Bewertung von Projekten eingesetzt wird, die Auswirklungen auf die Betriebskosten des Güterverkehrs haben. Deshalb wird darauf verzichtet, Kostensätze für den Güterverkehr im Tool zu hinterlegen (diese wären auch schwer zu beschaffen). Das MOBIMPACT-Tool bietet aber die Möglichkeit, projektspezifisch Kostensätze einzugeben.[214]

13.4 Ergebnisse

13.4.1 Kostensätze für die KNA

a) Strassenverkehr

Die folgende Abbildung stellt die oben hergeleiteten Kostensätze nochmals zusammenfassend dar. Die Kosten pro Fzkm werden aufgeteilt in reallohnabhängige und reallohn<u>un</u>abhängige Kostensätze. Dies erlaubt es auch, beim Vorliegen besserer Datensätze diese ins MOBIMPACT-Tool einzugeben und dabei darauf Rücksicht zu nehmen, wie sich diese Kostensätze über die Zeit verändern. In der Totalspalte des Linienbusses stehen dieselben Zahlen wie beim Dieselbus, da 2016 noch keine Elektrobusse fahren.

[214] Der oben in Kapitel 13.3b) erwähnte Kostensatz von 0.02 € / Btkm kann hier nicht verwendet werden, weil hier nur die variablen Kosten berücksichtigt werden dürfen, im Kostensatz aber auch die fixen Kosten enthalten sind.

Abbildung 13-4: Betriebskostensatz im öffentlichen Strassenverkehr im Jahr 2016

	Öffentlicher Personenverkehr			
	Linienbus			Tram
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro
Rollmaterialkosten in € / Fz / Jahr	52'891	127'012	52'891	133'333
Reallohnabhängige Kosten in € / Fzkm	1.52	1.52	1.52	-
Reallohnunabhängige Kosten in € / Fzkm	0.40	0.40	0.40	6.96
Reallohnabhängige Kosten in € / Fahrplanstunde	-	-	-	31.67

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit:

- Rollmaterialkosten und reallohnunabhängige Kosten pro Fzkm: real konstant.
- Reallohnabhängige Kosten pro Fzkm und pro Fahrplanstunde: Mit dem Reallohnwachstum.

b) Schienenverkehr

Die folgende Abbildung fasst die reallohnabhängigen und -unabhängigen Kosten im Schienen-Personenverkehr nochmals zusammen. Im Güterverkehr werden wie erläutert keine Kostensätze erhoben. Der Strompreis gilt natürlich nur für elektrisch betriebene Züge. Bei Zügen mit Dieselloks entfällt der Strompreis.[215]

Abbildung 13-5 Betriebskostensatz im Schienenverkehr im Jahr 2016

	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr
Reallohnabhängige Kosten in € / Zugkm	10.52	n.a.
Reallohnunabhängige Kosten in € / Zugkm	1.69	n.a.
Stromkosten in € / Btkm	0.00371	0.00059

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit: Reallohnabhängige Kosten mit dem Reallohn, übrige Kosten real konstant.

13.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg

Im Folgenden werden als Input in die Transportrechnung die Gesamtkosten für das Land Luxemburg im Jahr 2016 berechnet.

a) Strassenverkehr

Die folgende Abbildung fasst nochmals die gesamten Kosten im öffentlichen Strassenverkehr von gut 360 Mio. € zusammen.

[215] Der Dieselpreis ist in den übrigen hier dargestellten Betriebskosten enthalten.

Abbildung 13-6: Betriebskosten im öffentlichen Strassenverkehr in Luxemburg im Jahr 2016

in Mio. €	Öffentlicher Personenverkehr			
	Linienbus			Tram
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro
Betriebskosten ÖV in Mio. €	360.28	-	360.28	-

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Diese Kosten fallen zu 100% beim ÖV-Betreiber an.

b) Schienenverkehr

Im Personen-Regionalverkehr fallen Kosten von knapp 200 Mio. € an, im Güterverkehr sind die Kosten mit knapp 13 Mio. € (inkl. Stromkosten) deutlich tiefer.

Abbildung 13-7 Betriebskosten im Schienenverkehr im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	Total
Kosten in Mio. €	196.84	12.93	209.77

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Diese Kosten fallen zu 100% beim ÖV-Betreiber an.[216]

[216] Der Strompreis muss vollständig vom Bahnbetreiber (Verkehrsbetreiber) bezahlt werden. Die Infrastruktur hat entsprechende Einnahmen, aber auch (annahmegemäss) gleich hohe Kosten für die Herstellung (oder den Kauf) des Stromes.

14 W10 / W13 Reisezeit im Stamm- und Mehrverkehr

14.1 Berechnungsgegenstand

Kürzere Reisezeiten (Dauer eines Weges von Tür zu Tür) zählen häufig zu den Hauptzielen eines Projektes. Die Reisezeit setzt sich aus den folgenden fünf Komponenten zusammen:

- **Fahrzeit**: Die Fahrzeit ist die Dauer des Aufenthalts im Innern von Fahrzeugen. Im Strassenverkehr wird nur die Fahrzeit sowie die Zu- und Abgangszeit[217] betrachtet.
- **Umsteigezeit**: Die Umsteigezeit ist die Dauer aller Umsteigevorgänge einer Reise. Darin enthalten sind Fusswege zum Halteort des folgenden ÖV-Fahrzeuges und Wartezeiten bis dieses fährt.
- **Anzahl Umsteigevorgänge**: Der Umsteigevorgang ist der Wechsel des Fahrzeugs im ÖV.
- **Zu- und Abgangszeit**: Die Zu- und Abgangszeit ist die Dauer des Weges zwischen Tür und ÖV-Haltestelle (oder PKW) bzw. zwischen Haltestelle / PKW und Tür.
- **Taktfrequenz**: Die Taktfrequenz ist die Dauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kursen im ÖV.

Bei der Bewertung muss zwischen Stamm- und Mehrverkehr differenziert werden (vgl. dazu die Definitionen in Kapitel 5.2.2a).

14.2 Grundlegende Berechnungsmethodik

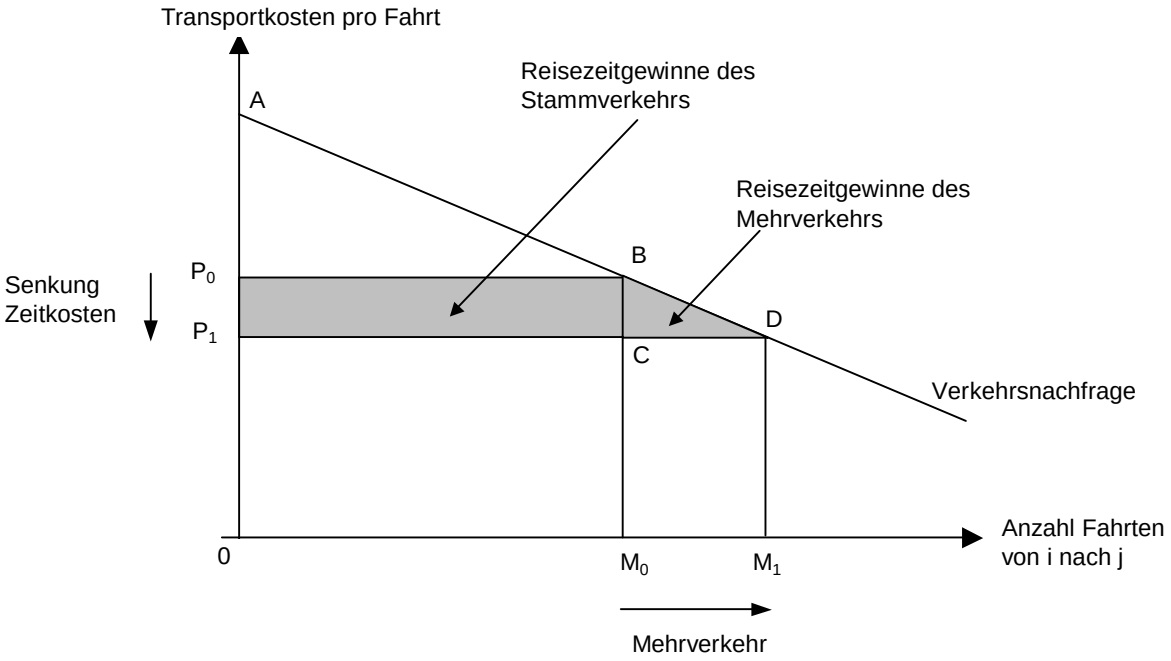
14.2.1 Herleitung des Mengengerüstes[218]

Die Reisezeitgewinne werden üblicherweise anhand der folgenden Abbildung berechnet: Durch eine neue Infrastruktur sinken die Zeitkosten pro Fahrt von i nach j von P_0 auf P_1. Dadurch erhöht sich die Verkehrsmenge von M_0 auf M_1. Die Reisezeitgewinne des Stammverkehrs werden durch das Rechteck P_1P_0BC wiedergegeben (Anzahl Fahrten M_0 multipliziert mit der Senkung der Zeitkosten $P_0 – P_1$), die Reisezeitgewinne des Mehrverkehrs durch das Dreieck BCD (Anzahl Mehrfahrten $M_1 – M_0$ multipliziert mit der Senkung der Zeitkosten $P_0 – P_1$ und dividiert durch 2).

[217] Die Zu- und Abgangszeit im Strassenverkehr wird aber von den meisten Verkehrsprojekten nicht verändert und deshalb im Ausland unsers Wissens nie miteinbezogen (z.B. Schweiz, Deutschland, England etc.).

[218] Die folgenden Ausführungen folgen Ecoplan und metron (2005), Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, S. 105-111.

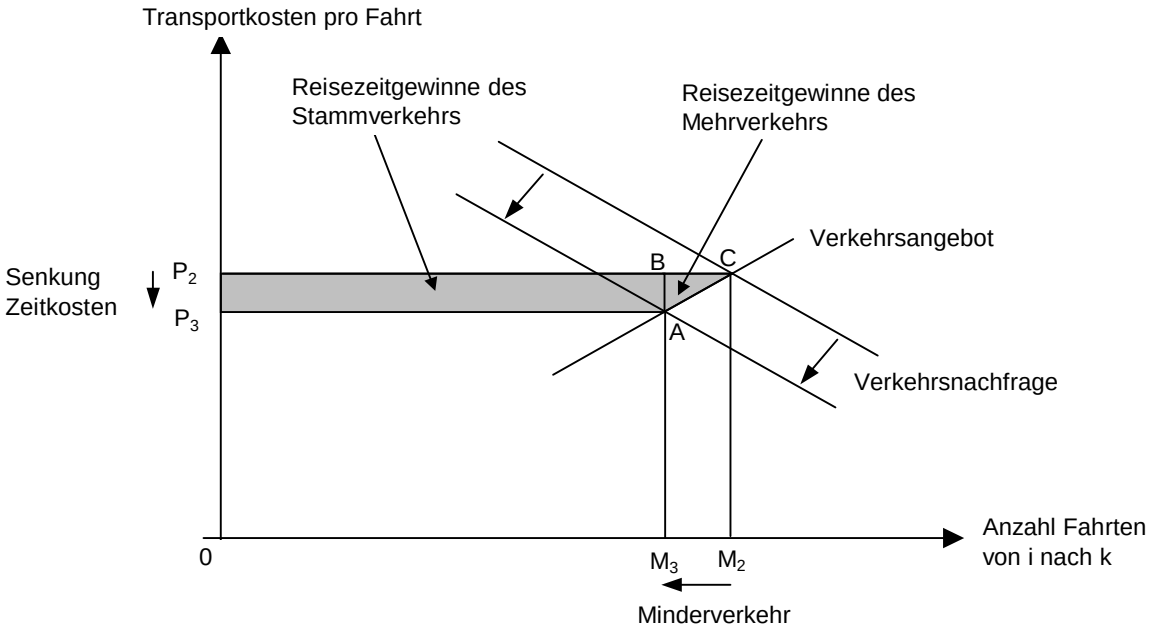
Abbildung 14-1: Berechnung der Reisezeitgewinne



In der Praxis werden die Reisezeitgewinne nicht für ein Projekt als Ganzes, sondern für jede Relation einzeln berechnet. Dabei ist zu beachten, dass auf gewissen Relationen der Verkehr abnehmen kann, weil sich aufgrund einer neuen Infrastruktur die Wunschlinien ändern (der Verkehr richtet sich z.B. auf andere Ziele aus, weil z.B. das grosse Einkaufszentrum zeitlich näher rückt). Es kann also z.B. zu einer teilweisen Verlagerung des Verkehrs von i nach k auf den Verkehr von i nach j erfolgen. Falls auf der Strassenverbindung von i nach k Stau herrscht, kann es sein, dass durch den Minderverkehr der Stau abnimmt und damit auch die Reisezeit sinkt.

Eine solche Situation ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Die Verkehrsnachfrage auf der Relation von i nach k sinkt wegen der Verlagerung auf die attraktivere Relation von i nach j. Das Verkehrsangebot ist steigend, weil bei einer höheren Anzahl Fahrten von i nach k der Stau und damit die Zeitkosten zunehmen. Aufgrund der kleineren Nachfrage nehmen also die Stau- bzw. Zeitkosten ab. Im Stammverkehr werden Reisezeitgewinne im Umfang des Rechtecks P_2P_3AB erzielt, im Mehrverkehr (hier Minderverkehr) im Ausmass des Dreiecks ABC.

Abbildung 14-2: Berechnung der Reisezeitgewinne auf einer Relation, auf welcher der Verkehr abnimmt und deshalb der Stau und die Zeitkosten abnehmen



a) Berechnungsformel für W10a – W10e Reisezeit Stammverkehr

Die Reisezeitveränderungen für den Indikator W10 Reisezeit Stammverkehr werden nach der folgenden Formel berechnet (Auswertung im Verkehrsmodell – die Berechnung erfolgt analog zur Veränderung der Fzkm bei den Betriebskosten (vgl. Kapitel 12.2.1), wobei die Distanzen durch die Reisezeitgewinne ersetzt werden müssen und der Besetzungsgrad zusätzlich zu berücksichtigen ist):

Reisezeitgewinne (in Stunden) = $\Sigma_k B_k \Sigma_{i,j} F_{i,j,k} \Delta t_{i,j,k}$

wobei $F_{i,j,k}$ = min $\{F_{i,j,k}^0, F_{i,j,k}^P\}$, d.h. Stammverkehr

$F_{i,j,k}^0$ = Anzahl Fahrzeugfahrten im Referenzfall 0 auf der Relation von i nach j der Fahrzeugkategorie k

$F_{i,j,k}^P$ = Anzahl Fahrzeugfahrten in der Projektvariante P auf der Relation von i nach j der Fahrzeugkategorie k

B_k = Besetzungsgrad (Anzahl Personen pro Fahrzeug) der Fahrzeugkategorie k

$\Delta t_{i,j,k}$ = Reisezeitgewinn in der Projektvariante P im Vergleich zum Referenzfall 0 auf der Relation von i nach j (d.h. $\Delta t_{i,j,k} = t_{i,j,k}^0 - t_{i,j,k}^P$) der Fahrzeugkategorie k

Die Reisezeitgewinne (in Stunden) müssen anschliessend noch mit dem Zeitkostensatz multipliziert werden, der in Kapitel 14.3 hergeleitet wird. Die Formel wird unten weiter erläutert.

Hier wie auch unten gilt, dass die Zeitkosten im Strassenverkehr (inkl. aktive Mobilität) aus den Fahrzeiten sowie den Zu- und Abgangszeiten bestehen, im ÖV sich jedoch wie einleitend erwähnt aus fünf Bestandteilen zusammensetzen: Fahrzeit, Umsteigezeit, Anzahl

Umsteigevorgänge, Zu- und Abgangszeiten und Taktfrequenz. Für jeden dieser Bestandteile kann die obige Formel einzeln angewendet werden.

b) Berechnungsformel für W13a – W13e Reisezeit Mehrverkehr

Entscheidend für das Ausmass des Mehrverkehrs auf einer Relation von i nach j ist die Senkung der generalisierten Transportkosten: Die generalisierten Transportkosten setzen sich zusammen aus den (monetär bewerteten) Zeitkosten (die aus mehreren Bestandteilen besteht) und im Strassenverkehr den Betriebskosten des Fahrzeugs (inkl. Treibstoff und Steuern) oder im ÖV die Billettkosten. Es werden also nur die internen Kosten berücksichtigt, nicht die externen. Die monetären Werte dieser einzelnen Komponenten der generalisierten Transportkosten werden in den Kapiteln 14.3 (Zeitkostensätze) und 12 (Betriebskosten) erläutert.

Im Vergleich zu den Effekten im Stammverkehr sind die Auswirkungen auf den Mehrverkehr meist gering.[219] Der Nettonutzen des Mehrverkehrs wird mit folgender Formel berechnet (Auswertung im Verkehrsmodell):

$$\text{Nettonutzen des Mehrverkehrs} = 0.5\sum_{k,\,i,\,j} |\Delta F_{i,j,k}|\ \Delta BK_{i,j,k} + 0.5\sum_{k} B_k \sum_{i,j} |\Delta F_{i,j,k}|\ \Delta ZK_{i,j,k}$$

wobei $|\Delta F_{i,j,k}|$ = Absolute Differenz der Anzahl Fahrzeugfahrten in der Projektvariante P im Vergleich zum Referenzfall 0 auf der Relation von i nach j in der Fahrzeugkategorie k

$\Delta BK_{i,j,k}$ = Veränderung der Betriebskosten Fahrzeug (inkl. Treibstoff und Steuern) in der Projektvariante P im Vergleich zum Referenzfall 0 auf einer Fahrt von i nach j (d.h. $\Delta BK_{i,j,k} = BK_{i,j,k}^0 - BK_{i,j,k}^P$) in der Fahrzeugkategorie k

$\Delta ZK_{i,j,k}$ = Veränderung der Zeitkosten (Reisezeit und Komfort) in der Projektvariante P im Vergleich zum Referenzfall 0 auf einer Fahrt von i nach j (d.h. $\Delta ZK_{i,j,k} = ZK_{i,j,k}^0 - ZK_{i,j,k}^P$) in der Fahrzeugkategorie k

B_k = Besetzungsgrad (Anzahl Personen pro Fahrzeug) in Fahrzeugkategorie k

Die Summe von ΔBK und $B_k\ \Delta ZK$ entspricht der Veränderung der generalisierten Transportkosten.

Zur Erläuterung sollen nochmals die beiden Fälle in Abbildung 14-1 (S. 156) und Abbildung 14-2 (S. 157) betrachtet werden (wobei wir vereinfachend davon ausgehen, dass sich nur die Zeitkosten verändern und die andern Komponenten der generalisierten Transportkosten konstant bleiben, d.h. $\Delta BK=0$, und dass es nur eine Fahrzeugkategorie gibt mit einem Besetzungsgrad von 1):

- Auf der Relation von i nach j (vgl. Abbildung 14-1), die durch den Bau einer neuen Infrastruktur verbessert wird, wird der Reisezeitgewinn des Stammverkehrs im Umfang des Rechtecks P_1P_0BC in der Formel für den Stammverkehr oben berücksichtigt ($F_{i,j}$ entspricht in diesem Fall $F_{i,j}^0$ oder in Abbildung 14-1 M_0). Die Reisezeitgewinne des Mehrverkehrs im

[219] Beträgt der Mehrverkehr z.B. 2% des Stammverkehrs, so entsprechen die Reisezeitgewinne des Mehrverkehrs nur 1% der Reisezeitgewinne im Stammverkehr (vgl. Abbildung 14-1).

Umfang des Dreiecks BCD werden mit der Formel für den Mehrverkehr abgebildet ($|\Delta F_{i,j}|$ entspricht $M_1 - M_0$ und $\Delta ZK_{i,j}$ entspricht $P_0 - P_1$ multipliziert mit dem Zeitkostensatz).

- Auf der Relation von i nach k (vgl. Abbildung 14-2) werden die Reisezeitgewinne des Stammverkehrs (Rechteck P_2P_3AB) in der Formel für die Reisezeitgewinne abgebildet ($F_{i,j}$ entspricht nun $F_{i,j}^P$ oder in Abbildung 14-2 M_3 und $\Delta t_{i,j}$ entspricht $P_2 - P_3$). Im Mehrverkehr wird das Dreieck ABC durch obige Formel erfasst ($|\Delta F_{i,j}|$ entspricht $M_2 - M_3$ und $\Delta ZK_{i,j}$ entspricht $P_2 - P_3$ multipliziert mit dem Zeitkostensatz). Man beachte, dass der Mehrverkehr auf der Relation von i nach j, der von der Relation von i nach k umgelagert wird, doppelt gezählt wird (auf beiden Relationen). Dieses Vorgehen ist korrekt.[220]
- In der Formel für den Nettonutzen des Mehrverkehrs wird der Faktor 0.5 verwendet. Dass der Nettonutzen des Mehrverkehrs in Abbildung 14-1 bzw. Abbildung 14-2 als Fläche des Dreiecks BCD bzw. ABC berechnet werden kann, bedingt, dass die Nachfrage- bzw. Angebotskurve linear ist. Dies wird in KNAs standardmässig angenommen, weil diese Annäherung in den allermeisten Fällen nur zu einem geringen Fehler führt.

14.2.2 Kostensätze für Reisezeitveränderungen

Reisezeitgewinne verursachen Nutzen, weil die gewonnene Zeit für andere Tätigkeiten verwendet werden kann und weil dank kurzen Reisezeiten die verschiedenen Tätigkeiten eher in der bevorzugten Reihenfolge ausgeführt werden können.

Im Stamm- und Mehrverkehr können exakt dieselben Zeitkostensätze verwendet werden.

Unsere Erfahrungen mit KNA im Verkehrsbereich zeigen, dass in vielen Projekten die erzielbaren Zeitersparnisse jenes Nutzenelement sind, das massgeblich das nutzenseitige Ergebnis prägt und darüber entscheidet, ob das Nutzen-Kosten-Verhältnis gut (>1) oder ungenügend ist (<1). Entsprechend bedeutsam ist der Kostenansatz für die Bewertung der Zeitersparnisse. Die verwendeten Datengrundlagen werden im Folgenden besprochen.

14.3 Verwendete Datengrundlagen

Leider liegt in Luxemburg keine Zahlungsbereitschaftsstudie für den Zeitkostensatz vor, weshalb grösstenteils auf den Mittelwert der Zahlen aus der Schweiz und Deutschland abgestützt wird, welcher auf Luxemburg übertragen wird (vgl. nachfolgender Abschnitt). Die wenigen zu Luxemburg vorhandenen Zahlen werden im Sinne der Qualitätssicherung jeweils mit den berechneten Daten abgeglichen.

---

[220] Man könnte argumentieren, dass diejenigen Fahrer, die von der Relation von i nach k auf die Strecke von i nach j wechseln, vom gesamten Reisezeitgewinn auf der Strecke von i nach k profitieren und nicht nur vom halben Reisezeitgewinn wie es in Abbildung 14-2 zu sehen ist, da sie mit ihrer bisherigen Fahrt von i nach k den vollen Reisezeitgewinn auf dieser Strecke erzielen würden. Die Verbesserung auf der Strecke von i nach j ist aber offenbar noch grösser, so dass sie trotz der Verbesserung auf der Strecke von i nach k auf die Strecke von i nach j wechseln. Dies wird genau durch die obigen Formeln abgebildet: Die verlegte Fahrt von i nach j anstatt nach k wird beim Mehrverkehr zweimal je halb (Faktor 0.5) berücksichtigt, einmal auf der Strecke von i nach k und einmal auf der Strecke von i nach j. Der zusätzliche Nutzen des Umsteigens (grössere Abnahme der Zeitkosten auf der Strecke von i nach j als von i nach k) wird jedoch nur halb miteinbezogen.

a) Zeitkostensatz für den Personenverkehr

Der Zeitkostensatz kann nach verschiedenen Kriterien differenziert werden. Im Folgenden zeigen wir diese Differenzierungsmöglichkeiten auf und erläutern, wie damit in Luxemburg umgegangen wird:

- **Differenzierung nach Verkehrsobjekt**: Die Zeitkostensätze unterscheiden sich im Personen- und Güterverkehr. Der Güterverkehr wird im Abschnitt b) unten beschrieben. Im Folgenden konzentrieren wir uns auf den Personenverkehr.
- **Differenzierung nach Verkehrsform**: Die erste wichtige Differenzierung ist nach ÖV, privatem Personenverkehr und aktiver Mobilität. Die Zeitkostensätze im ÖV sind tendenziell tiefer, weil die Zeit im ÖV anderweitig genutzt werden kann (z.B. Lesen, Arbeiten oder Schlafen).
- **Differenzierung nach Fahrzeugkategorien**: Denkbar wäre es, die Zeitkostensätze weiter nach Fahrzeugkategorien zu unterscheiden. Darauf wird jedoch verzichtet. Einzig im ÖV wird der Bus aufgrund des Komforts von Tram und Zug unterschieden (vgl. Kapitel 15).
- **Differenzierung nach Bestandteilen der Reisezeit**: Im Strassenverkehr besteht die Reisezeit aus Fahrzeit sowie Zu- und Abgangszeit, im ÖV aus mehreren Bestandteilen, deren Berücksichtigung je nach zu bewertendem Projekt entscheidend sein kann (vgl. Definitionen in Kapitel 14.1):
  - Fahrzeit: Nimmt durch ein Projekt die Fahrzeit ab, muss dies in der KNA berücksichtigt werden.
  - Umsteigezeit: ÖV-Projekte können zum Ziel haben (oder das Teilziel verfolgen), die Umsteigezeiten zu reduzieren. Deshalb muss die Umsteigezeit einzeln bewertet werden können.
  - Anzahl Umsteigevorgänge: ÖV-Fahrgäste bevorzugen Direktverbindungen mit möglichst wenig Umsteigevorgängen. Werden in einem Projekt neue Direktverbindungen angeboten, muss dies bewertet werden können.
  - Zu- und Abgangszeit: Werden neue Haltstellen geschaffen (oder bisherige aufgehoben oder verlegt) oder werden neue Parkierungsmöglichkeiten geschaffen oder bestehende aufgehoben, hat dies Auswirkungen auf die Zu- und Abgangszeiten, was in der KNA zu berücksichtigen ist.
  - Taktfrequenz: Oft wird in ÖV-Projekten auch der Takt verdichtet, wodurch die Anpassungszeit sinkt (man muss früher oder später als erwünscht fahren). Auch dies muss bewertet werden können.

  Es ist wichtig, all diese Bestandteile der Reisezeit zu berücksichtigen, um verschiedene Projekte fair miteinander vergleichen zu können und deren individuelle Vor- und Nachteile bewerten zu können. Deren Nicht-Berücksichtigung könnte zu klaren Fehleinschätzungen führen.

  Damit kommen als Grundlage für die Zeitkostensätze in Luxemburg nur Studien in Frage, welche diese Differenzierung abbilden. Uns sind zwei Studien bekannt, die dies erfüllen: Einerseits die Schweizer Norm SN 641 822a (2009), andererseits die Grundlagenstudie

zum Deutschen Bundesverkehrswegeplan (BVWP).[221] Aus diesem Grund werden diese beiden Studien ausgewertet und auf Luxemburg im Jahr 2016 übertragen (mit der Kaufkraftparität sowie der Teuerung und dem halben Reallohnwachstum, vgl. Abschnitt 14.3d).

- **Differenzierung nach Fahrtzweck**: In den verwendeten beiden Studien wird zusätzlich eine Differenzierung nach Fahrzweck vorgenommen, wobei in beiden die folgenden vier Fahrtzwecke unterschieden werden: Pendlerfahrt (in Deutschland zudem differenziert nach Berufspendlern und Auszubildenden), Einkaufsfahrt, Nutzfahrt (oder Geschäftsfahrt) und Freizeitfahrt. Deshalb werden die differenzierten Daten nach Fahrtzweck aus der Schweiz und Deutschland auf Luxemburg übertragen und mit der Luxemburger Aufteilung auf die Fahrtzwecke (vgl. Abbildung 14-3) gewichtet.

Abbildung 14-3: Personenverkehr: Aufteilung auf Fahrtzwecke für Luxemburg (in %)

	Motorisierter privater PV	Aktive Mobilität	Öffentlicher Strassenverkehr	Schienenverkehr: Regionalverkehr
Pendlerfahrt	50.9%	45.1%	45.1%	63.4%
Ausbildungsstätte oder Schule	*7.4%*	*22.8%*	*22.8%*	*15.6%*
Arbeitsplatz	*43.5%*	*22.3%*	*22.3%*	*47.8%*
Einkaufsfahrt	7.4%	6.7%	6.7%	2.0%
Nutzfahrt (Geschäftsverkehr)	6.1%	1.4%	1.4%	4.5%
Freizeitfahrt	35.6%	46.8%	46.8%	30.1%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Quelle: Auswertung der aktuellen Mobilitätserhebung Luxemburg durch das MDDI.

- **Differenzierung nach Distanz**: Die beiden Studien aus Deutschland und der Schweiz unterscheiden die Zeitkostensätze auch nach der Distanz. Es ergeben sich höhere Werte für längere Distanzen, was darauf zurückzuführen ist, dass bei grösseren Distanzen bzw. längeren Fahrzeiten Zeitbeschränkungen eine grössere Rolle spielen.

  In der praktischen Anwendung wird jedoch nicht jede einzelne Fahrt mit einem distanzabhängigen, unterschiedlichen Kostensatz bewertet, sondern es wird meist (z.B. mit dem Verkehrsmodell) ermittelt, wie weit die durchschnittliche Distanz auf der neuen Infrastruktur ist und für alle Zeitgewinne der Zeitkostensatz für diese Durchschnittsdistanz angewendet – wenn überhaupt distanzabhängige Zeitkostensätze zum Einsatz kommen und nicht einfach ein genereller Zeitkostenansatz ohne Differenzierung nach Distanzen verwendet wird.

  Die Übernahme der Daten aus dem Ausland auf Luxemburg ist mit Unsicherheiten verbunden. Eine Übernahme der detaillierten Daten nach Distanzen und eine Verwendung von je nach Distanz unterschiedlichen Kostensätzen in einer KNA würde zu einer

[221] TNS und IVT ETH (2015), Ermittlung von Bewertungsansätzen für Reisezeiten und Zuverlässigkeit auf der Basis eines Modells für modale Verlagerungen im nicht-gewerblichen und gewerblichen Personenverkehr für die Bundesverkehrswegeplanung.

Scheingenauigkeit führen. Deshalb werden die durchschnittlichen Distanzen in Luxemburg erhoben (vgl. Abbildung 14-4) und danach die entsprechenden Werte für diese Distanzen aus den Studien der Schweiz und Deutschland ausgelesen.[222] In der praktischen Anwendung der KNA werden die Kostensätze nicht mehr nach der Distanz unterschieden, sondern die für die Luxemburger Durchschnittsdistanz erhobenen Kostensätze verwendet.

Abbildung 14-4: Personenverkehr: Durchschnittliche Distanz in Luxemburg (in km)

	Motorisierter privater PV	Aktive Mobilität	Öffentlicher Strassenverkehr	Schienenverkehr: Regionalverkehr
Pendlerfahrt	14.19	5.00	8.74	18.25

Quelle: Auswertung der aktuellen Mobilitätserhebung Luxemburg durch das MDDI.

- **Differenzierung nach Einkommen**: Vermögende Personen sind in der Lage, mehr für einen Reisezeitgewinn zu bezahlen. Deshalb überrascht es nicht, dass die Zeitkostensätze in empirischen Untersuchungen mit dem Einkommen zunehmen. Weder in Deutschland noch in der Schweiz werden aber einkommensabhängige Zeitwerte empfohlen. Der Grund dafür sind Fairnessüberlegungen: Die Zeitgewinne aller Personen sollen gleich gewichtet werden ohne dass reiche Personen bevorzugt behandelt werden. Zudem wäre es in der Beurteilung konkreter Verkehrsprojekte meist auch schwierig, dass durchschnittliche Einkommen der Verkehrsteilnehmenden verlässlich abzuschätzen.

  Unterschiede zwischen Ländern sind aber zu beachten, d.h. ist das durchschnittliche Einkommen in Luxemburg höher als in Deutschland, dann sind auch die Zeitgewinne in Luxemburg höher zu bewerten. Deshalb wird beim Übertrag der Zeitkostensätze auf Luxemburg die Kaufkraftparität verwendet.

Exkurs: Zeitkostensatz für den Fuss- und Fahrradverkehr

International wurden die meisten KNA-Bewertungsmethoden für den Strassen- oder Schienenverkehr entwickelt. Dabei werden die Auswirkungen auf die aktive Mobilität meist nicht beachtet oder zumindest nicht in die KNA integriert. Entsprechend enthalten viele internationale KNA keinen Kostensatz für Zeitgewinne im Fuss- und Fahrradverkehr.

Sofern überhaupt ein Zeitkostensatz für Fuss- und Fahrradverkehr ausgewiesen wird, handelt es sich meist um Angaben für die Zu- oder Abgänge zur ÖV-Haltestelle. Für Wege, die gänzlich zu Fuss oder mit dem Fahrrad zurückgelegt werden, sind uns zurzeit keine Kostensätze bekannt (und eine Literaturrecherche war im Rahmen des vorliegenden Projektes nicht möglich). Deshalb werden die im folgenden hergeleiteten Werte für die Zu- und Abgangszeiten auch für die aktive Mobilität übernommen. In Deutschland liegen diese 0.9-mal so hoch wie die ÖV- bzw. MIV-Fahrzeit, in der Schweiz 1.6-mal so hoch wie die ÖV-Fahrzeit.

[222] Für die aktive Mobilität wurden die Werte für die Referenzdistanz von 5 km aus den beiden Studien verwendet, da dies die jeweilige Minimalangabe darstellt.

Dies stimmt in etwa mit älteren Ergebnissen aus der Literatur überein: In Schweden und Dänemark wurde 2005 die Gehzeit gleich bewertet wie die Fahrzeit. In England hingegen wird für die Gehzeit der doppelte Kostensatz der Fahrzeit verwendet und dies wird auch von HEATCO empfohlen.[223]

Resultate aus der Studie Schweiz

Die folgende Abbildung zeigt die berechneten Zeitkostensätze für Luxemburg (im Jahr 2016)[224], welcher aus der Schweizer Studie gewonnen wurden. Die höheren Werte im Schienen-Regionalverkehr als im Strassen-ÖV sind auf die grösseren Distanzen im Schienenverkehr zurückzuführen (das gilt auch für die Deutsche Studie in Abbildung 14-6).

Hinweis: Für die Zu- und Abgangszeiten im Strassenverkehr werden mangels besserer Datengrundlagen dieselben Kostensätze verwendet wie für die Zu- und Abgangszeiten im ÖV.

Abbildung 14-5: Zeitkostensätze aus der Studie Schweiz (zu Luxemburger Preisen 2016)

	Motorisierter privater PV	Aktive Mobilität	Öffentlicher Strassenverkehr	Schienenverkehr: Regionalverkehr
Fahrzeit (€/ph)	21.06	-	10.32	13.07
Taktfrequenz (€/ph)	-	-	3.09	4.05
Zu- und Abgangszeit (€/ph)	18.36	14.72	16.54	18.42
Umsteigezeit (€/ph)	-	-	4.00	6.40
Anzahl Umsteigevorgänge (€)	-	-	1.36	1.98

Resultate aus der Studie Deutschland

Die folgende Abbildung zeigt die berechneten Zeitkostensätze für Luxemburg (im Jahr 2016)[225], welche aus der Studie zu Deutschland ausgelesen wurden.

Hinweis: Für die Zu- und Abgangszeiten bei der «Aktiven Mobilität» wurde sowohl der Zeitkostensatz auf Basis des MIV als auch auf Basis des ÖV berechnet.

[223] Bickel et al. (2006), HEATCO D5: Proposal for Harmonized Guidelines, S. 97.

[224] Umrechnung auf Luxemburg mithilfe der Kaufkraftparität, der Teuerung und dem halben Reallohnwachstum.

[225] Umrechnung auf Luxemburg mithilfe der Kaufkraftparität, der Teuerung und dem halben Reallohnwachstum.

Abbildung 14-6: Zeitkostensätze aus der Studie Deutschland (zu Luxemburger Preisen 2016)

	Motorisierter privater PV	Aktive Mobilität	Öffentlicher Strassenverkehr	Schienenverkehr: Regionalverkehr
Fahrzeit (€/ph)	6.32	-	4.47	5.60
Taktfrequenz (€/ph)	-	-	0.59	0.89
Zu- und Abgangszeit (€/ph): MIV	5.47	3.67	-	-
Zu- und Abgangszeit (€/ph): ÖV	-	3.79	3.73	4.83
Umsteigezeit (€/ph)	-	-	1.63	2.23
Anzahl Umsteigevorgänge (€)	-	-	0.54	0.70

Gewichtung der Zeitkostensätze

Aufgrund der relativ grossen Niveauunterschiede zwischen den Werten aus den beiden Studien[226], wird als Zeitkostensatz für Luxemburg jeweils der Mittelwert der beiden Zeitkostensätze aus den Studien zur Schweiz und Deutschland verwendet.[227] Zur Qualitätssicherung wurden die berechneten Zeitkostensätze – wo möglich – mit vorhandenen Daten zu Luxemburg abgeglichen (vgl. Exkurse unten). Die Abbildung 14-7 zeigt die berechneten Zeitkostensätze für Luxemburg.

Abbildung 14-7: Zeitkostensätze für den Personenverkehr in Luxemburg (zu Preisen 2016)

	Motorisierter privater PV	Aktive Mobilität	Öffentlicher Strassenverkehr	Schienenverkehr: Regionalverkehr
Fahrzeit (€/ph)	13.69	-	7.39	9.33
Taktfrequenz (€/ph)	-	-	1.84	2.47
Zu- und Abgangszeit (€/ph)	11.92	9.22	10.13	11.62
Umsteigezeit (€/ph)	-	-	2.81	4.32
Anzahl Umsteigevorgänge (€)	-	-	0.95	1.34

Exkurs: Vergleich des Zeitkostensatzes mit der willingness to accept (WTA) in Luxemburg

Im September 2017 wurde im Rahmen einer repräsentativen Umfrage in Luxemburg erhoben, wie viel man den Pendlern zahlen müsste, damit sie an jedem Arbeitstag eine Stunde ihrer Freizeit gegen eine zusätzliche Stunde im Pendlerverkehr tauschen würden.

[226] Die Werte aus der Schweizer Studie sind rund drei Mal höher als jene aus der Deutschen Studie.

[227] Bei der Zu- und Abgangszeit werden zuerst die beiden (nahe beieinanderliegenden) Werte in Deutschland gemittelt, und der Durchschnitt zwischen dem deutschen Mittelwert und dem Schweizer Wert gebildet.

Durchschnittlich ergeben sich gut 32 € / h.[228] Dabei wurde aber die sogenannte «Willingness to accept» WTA erhoben – anstatt wie üblich die «Willingness to pay» WTP.[229] Der erhobene Wert von 32 € / h kann deshalb nur als obere Schranke für Pendlerfahrten angesehen werden. Der Wert von 32 € / h wird weder von den ausgelesenen Werten aus der Deutschen (3.48 € / ph) resp. Schweizer (23.02 € / ph) Studie überschritten, womit diese Restriktion eingehalten wird.

Exkurs: Vergleich der Kostensätze mit dem Durchschnittslohn in Luxemburg

Für Geschäftsfahrten wird in internationalen Studien verschiedentlich empfohlen, die durchschnittlichen Lohnkosten pro Stunde (inkl. aller Lohnnebenkosten) zu verwenden.[230] Der Durchschnittslohn pro Stunde liegt 2016 in Luxemburg bei 24.88 € / h zusätzlich 13.39% Arbeitgeberzuschlag, also insgesamt 28.21 € / h (vgl. Kapitel 7.4.1). Für Geschäftsfahrten ist der Wert von 28.21 € / h somit eine belastbare Alternative. Aus der Schweizer Studie ergibt sich für Geschäftsfahrten ein Kostensatz von 24.42 € / h und auf Basis der Deutschen Studie erhält man einen Kostensatz von 7.94 € / h. Würden nun anstelle dieser Kostensätze die erwähnten 28.21 € / h für den Fahrtzweck «Geschäftsfahrten» verwendet, so ergäbe sich beim über alle Fahrtzwecke gewichteten Zeitkostensatz «Fahrzeit» (vgl. Fahrzeit des motorisierten privaten PV in Abbildung 14-7) eine Erhöhung um 0.73 € / h auf 14.42 € / h. Wir empfehlen, vorsichtig beim oben hergeleiteten Mittelwert zu bleiben.

b) Zeitkostensatz für den Güterverkehr

Senken sich die Reisezeiten im Güterverkehr, vermindern sich damit die folgenden Kosten:

- Chauffeurkosten
- Kosten der zeitabhängigen Abschreibung des Fahrzeuges
- Zeitkosten der Ladung

Die ersten beiden Kostenelemente gehören zu den Betriebskosten der Fahrzeuge (vgl. Kapitel 12 (Strasse) bzw. 13 (Schiene)).

---

[228] Die Daten wurden differenziert für in Luxemburg wohnhafte Pendler und für Grenzpendler erhoben. Es ergeben sich aber in etwa dieselben Ergebnisse. Je nachdem, welchen Betrag man für jenes eine Prozent der Luxemburger unterstellt, die «noch mehr» bezahlen würden, erzielen die Grenzpendler oder die Luxemburger den höheren Wert.

[229] In Zahlungsbereitschaftsstudien wird entweder die willingness to pay (WTP) oder die willingness to accept (WTA) erhoben. Bei der WTP wird gefragt, wie viel man zu zahlen bereit ist, um ein vorhandenes Risiko (z.B. Lärm, Unfallrisiko) zu reduzieren. Bei der WTA wird untersucht, wie hoch eine Entschädigung sein muss, damit ein höheres Risiko (z.B. Luftbelastung) akzeptiert wird. Es stellt sich die Frage, ob in einer KNA WTP-Zahlen oder WTA-Zahlen verwendet werden sollten. Man ist sich einig, dass WTP-Zahlen vorzuziehen sind, weil WTA-Zahlen beliebig hoch sein können, da sie nicht durch das Einkommen beschränkt sind (Sundqvist und Söderholm (2002), Valuing the Environmental Impacts of Electricity Generation, S. 4, EU (2000), Workshop on the value of reducing the risk of ill health or a fatal illness, S. 5 und Nellthorp et al. (2001), Valuation Convention for UNITE, S. 20-21.).

[230] European Commission (2015), Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects, S. 90.

Zu den Zeitkosten der Verlader bzw. der Ladung lässt sich feststellen, dass bei leichten Nutzfahrzeugen generell kein Kostensatz für die Ladung veranschlagt wird. Entsprechend konzentrieren wir uns bei den folgenden Ausführungen auf die Herleitung eines Zeitkostensatzes für die Ladung bei schweren Nutzfahrzeugen und im Schienen-Güterverkehr.

In der Schweiz wird hierfür im Strassenverkehr ein Kostensatz von 10.25 € / Fzh (oder 1.43 € / th) verwendet (SN 641 823, für Fahrzeuge ab 3.5t, zu Luxemburger Preisen 2016)[231]. Für den Schienenverkehr wird mit einem Kostensatz von 0.84 € / th (zu Preisen 2016) gerechnet.[232] In Deutschland wird im Bundesverkehrswegeplan ein Kostensatz im Strassenverkehr von 5.72 € / Fzh (zu Luxemburger Preisen 2016)[233] benutzt, der für Fahrzeuge ab 12t gilt.[234]

Gewichtung der Zeitkostensätze

Als Kostensatz für Luxemburg wird wiederum der Mittelwert der beiden Kostensätze aus der Schweiz und Deutschland verwendet, wobei für den Schienengüterverkehr direkt der umgerechnete Wert aus der Schweiz verwendet wird, da für Deutschland kein Wert vorhanden ist. Der gewichtsabhängige Kostensatz für SNF basiert auf der Umrechnung mit der Nettotonnage[235] von schweren Nutzfahrzeugen in Luxemburg (durchschnittlich 10.1 t pro Fahrzeug). Dadurch ergibt sich für den Strassengüterverkehr ein ähnlich hoher Zeitkostensatz (€ / th) wie für den Schienengüterverkehr. Die nachfolgende Abbildung zeigt die berechneten Kostensätze für Luxemburg.

Abbildung 14-8: Zeitkostensätze für die «Ladung bei schweren Nutzfahrzeugen» in Luxemburg (zu Preisen LUX 2016)

	SNF	Schienengüterverkehr
Fahrzeugabhängig (€/Fzh)	7.98	-
Gewichtsabhängig (€/th)	0.79	0.84

[231] Werte mithilfe der Kaufkraftparität und der Teuerung auf Luxemburg umgerechnet.

[232] BAV (2016), NIBA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Bahninfrastrukturprojekte, S. 44-45. Werte mithilfe der Kaufkraftparität und Nominallohnwachstum auf Luxemburg umgerechnet, da dieser Wert vom Lohnwachstum abhängig sei, obiger hingegen nicht.

[233] Werte mithilfe der Kaufkraftparität und der Teuerung auf Luxemburg umgerechnet.

[234] PTV Group et al. (2016), Methodenhandbuch zum Bundesverkehrswegeplan 2030, S. 101. Der ausgewiesene Wert basiert auf Werten pro th, die aber differenziert sind nach verschiedenen Warengruppen. Ein Durchschnittswert wird nicht angegeben.

[235] Nettotonnage: Gewicht der Ladung ohne Eigengewicht des Fahrzeuges.

c) Bewertung kleiner und negativer Reisezeitgewinne[236]

Es wird manchmal gefordert, dass einerseits kleine Zeitgewinne (von weniger als z.B. 5 Minuten) nicht oder weniger hoch zu bewerten sind und andererseits für Zeitverluste ein höherer Kostensatz anzusetzen ist. Im Folgenden wird die Diskussion über diese beiden Themenbereiche kurz zusammengefasst, wobei wir mit den Zeitverlusten beginnen und anschliessend die kleinen Zeitgewinne betrachten.

Zeitverluste (z.B. auch während dem Bau) können dazu führen, dass das bisherige Aktivitätsmuster nicht mehr durchführbar ist.[237] Dies führt neben den Zeitverlusten zu Anpassungskosten und könnte daher ein Argument sein, Zeitverluste höher zu gewichten als Zeitgewinne. Erhebungen in England zeigen jedoch, dass Zeitgewinne und -verluste von den befragten Personen gleich bewertet werden.[238] Daher werden allgemein Zeitgewinne und Zeitverluste gleich behandelt.

Die Frage, ob kleine Zeitgewinne nicht oder weniger hoch bewertet werden sollen, ist von grosser Bedeutung: Der Nutzen einer neuen Strasse besteht oft zu grossen Teilen aus Zeitgewinnen. Werden aber Zeitgewinne von weniger als 3 oder 5 Minuten nicht berücksichtigt, können die Zeitgewinne ganz wegfallen – insbesondere bei kleineren Projekten.

Verschiedentlich wird argumentiert, dass kleinere Zeitgewinne (meist Zeitgewinne kleiner 5, 3 oder 2 Minuten) aus den folgenden Gründen nicht oder weniger hoch zu bewertet sind:[239]

- Zeitgewinne können so klein sein, dass der Gewinner die gewonnene Zeit gar nicht sinnvoll verwenden kann, weil gewisse Aktivitäten ein Mindestmass an Zeit benötigen.
- Das Verkehrsmodell kann die Zeitgewinne nicht präzis voraussagen. Es könnte sein, dass sich kleine Reisezeitgewinne in Wirklichkeit gar nicht einstellen. Dem ist im heutigen Umfeld entgegen zu halten, dass bei der Genauigkeit von Verkehrsmodellen in der Zwischenzeit grosse Fortschritte erzielt wurden.[240]
- Kleine Zeitgewinne werden von den Gewinnern gar nicht bemerkt und können deshalb keinen Wert für sie haben.[241]

---

[236] Die folgenden Ausführungen basieren auf Ecoplan und metron (2005), Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, S. 124-126.

[237] Mackie et al. (2001), The value of travel time savings in evaluation, S. 102.

[238] Bates und Whelan (2001), Size and Sign of Time Savings, S. 44.

[239] Mackie et al. (2001), The value of travel time savings in evaluation, S. 102 und Bates und Whelan (2001), Size and Sign of Time Savings, S. 43-44.

[240] TNS und IVT ETH (2015), Ermittlung von Bewertungsansätzen für Reisezeiten und Zuverlässigkeit auf der Basis eines Modells für modale Verlagerungen im nicht-gewerblichen und gewerblichen Personenverkehr für die Bundesverkehrswegeplanung, S. 106.

[241] Es handelt sich dabei jedoch nach Einschätzung verschiedener Autoren um ein Scheinargument: Wir profitieren von Nutzengewinnen auch dann, wenn wir sie nicht explizit oder nicht im vollen Ausmass wahrnehmen (vgl. Mackie et al. 2001, The value of travel time savings in evaluation, S. 102). Wenn wir in einem etwas günstigeren Supermarkt einkaufen, profitieren wir von den tieferen Preisen, auch wenn wir diese gar nicht bemerken. Ausserdem ist zu erwähnen, dass bei der Frage der Routenwahl eine kleine Zeitersparnis auf einer Route sehr wohl wahrgenommen wird (vgl. Nellthorp et al. 1998, Measurement and Valuation of the Impact of Transport Initiatives. Deliverable D9 of EUNET, Appendix II, S. 5.)

Diesen Argumenten sind folgende Überlegungen entgegenzuhalten, die für eine Gleichbewertung aller Zeitgewinne sprechen:[242]

- Über die Zeit passen die Personen ihre Aktivitätsmuster den neuen Gegebenheiten an. Auch wenn also kurzfristig die Zeitgewinne nicht genutzt werden können, so werden sie längerfristig nutzbar. Für Infrastrukturprojekte mit langer Nutzungsdauer ist genau diese langfristige Perspektive relevant, dementsprechend müssen sie auch in einer KNA berücksichtigt werden.
- Für eine Gleichbehandlung von kleinen Reisezeitgewinne spricht auch die Überlegung, dass vor dem Bau einer neuen Verbindung gewissen Personen möglicherweise ihre Zeit nicht optimal nutzen konnten, da ihnen für eine Aktivität von z.B. 5 Minuten Dauer bisher jeweils 2 Minuten fehlten. Lassen sich mit dem Bau der neuen Verbindung diese 2 Minuten neu einsparen, so stellt dies für die betroffenen Personen letztlich sogar einen Zeitgewinn von 5 Minuten dar. Deshalb haben selbst kleine Zeitgewinne für gewisse Personen einen grossen Nutzen. Das Ergebnis ist dasselbe, wie wenn alle kleinen Reisezeitgewinne bewertet werden.[243]
- Neue Strassen müssen als Teil des gesamten Strassennetzwerkes gesehen werden. Selbst wenn eine neue Strasse nur kleine Zeitgewinne erlaubt, so führen mehrere Verbesserungen zu grossen Zeitgewinnen. Deshalb würde eine Nicht-Bewertung kleiner Reisezeitgewinne zu einer inkonsistenten Beurteilung führen, weil das Ergebnis davon abhängen würde, ob ein Projekt mit grossem Zeitgewinn als Gesamtes beurteilt wird oder in kleine Teilprojekte mit vergleichsweise kleinen Zeitgewinne aufgeteilt wird.

Diese Überlegungen sprechen nach unserer Einschätzung insgesamt klar dafür, alle Reisezeitgewinne gleich zu bewerten, was tatsächlich auch dem internationalen Standard entspricht.[244]

Fazit: Alle Zeitgewinne – auch kleine Zeitgewinne oder Zeitverluste – werden mit demselben Zeitwert (in € / h) bewertet.

---

[242] Mackie et al. (2001), The value of travel time savings in evaluation, S. 102-103, Welch und Williams (1997), The Sensitivity of Transport Investment Benefits to the Evaluation of Small Travel-Time Savings, S. 235 und 253 und Nellthorp et al. (1998), Measurement and Valuation of the Impact of Transport Initiatives. Deliverable D9 of EUNET, Appendix II, S. 4-7.

[243] Fowkes (1999) hat in diesem Zusammenhang in seiner Studie „Issues in Evaljuation“ gezeigt, dass für Aktivitäten mit einem Zeitbedarf von mindestens 5 Minuten, vor der Inbetriebnahme einer neuen Verbindung die nicht nutzbare Zeit sich über das Intervall von 0 bis 5 Minuten gleich verteilt.

[244] Uns ist international kein Bewertungsvorgehen bekannt, bei welchem kleine Zeitgewinne ausgeschlossen werden. Auch im HETCO-Projekt (vgl. Bickel et al. 2006, HEATCO D5: Proposal for Harmonized Guidelines, S. 99) wird die Gleichbehandlung aller Zeitersparnisse empfohlen. Ebenso wird in Deutschland seit der jüngsten Zeitkostenstudie empfohlen, kleine Reisezeitgewinne ebenfalls zu berücksichtigen, obwohl dies früher andres war (vgl. dazu TNS und IVT ETH 2015, Ermittlung von Bewertungsansätzen für Reisezeiten und Zuverlässigkeit auf der Basis eines Modells für modale Verlagerungen im nicht-gewerblichen und gewerblichen Personenverkehr für die Bundesverkehrswegeplanung).

d) Zunahme der Zeitkostensätze über die Zeit

In der Schweiz wird unterstellt, dass die Zeitkostensätze mit dem Reallohnwachstum zunehmen (SN 641 822a). Im Ausland wird hingegen teilweise eine langsamere Anpassung verwendet, indem ein Wert zwischen dem halben und dem ganzen Reallohnwachstum verwendet wird.[245] So empfiehlt die Europäische Kommission vorsichtig nur das halbe Reallohnwachstum zu verwenden.[246] Gemäss dem At least Ansatz wird in Luxemburg für den **Personenverkehr** ebenfalls nur das **halbe Reallohnwachstum** verwendet.

Im **Güterverkehr** wird in der Schweiz gemäss SN 641 823 keine reale Fortschreibung der Kostensätze vorgenommen.[247] In Deutschland wird der Kostensatz ebenfalls nicht fortgeschrieben. Wir empfehlen deshalb, davon auszugehen, dass der Kostensatz im Güterverkehr **real konstant** bleibt.[248]

e) Sensitivitätsanalyse

In der Schweiz wird für eine KNA eine Sensitivitätsanalyse für den Zeitkostensatz vorgeschrieben. Dabei wird im Personenverkehr eine Schwankungsbreite von ±25% und im Güterverkehr von ±20% verwendet – entsprechend der Genauigkeit der Datengrundlagen.

In HEATCO wird vorgeschlagen eine Schwankungsbreite von ±40% zu verwenden, wenn der Zeitkostensatz vom Ausland übertragen werden musste.[249]

Als Zeitkostensatz für Luxemburg wird der jeweilige Mittelwert aus den beiden Studien zur Schweiz und Deutschland verwendet. Aufgrund der relativ grossen Differenzen zwischen den Werten aus den beiden Studien bzw. deren Abweichung zum berechneten Mittelwert (vgl. Abbildung 14-9) schlagen wir vor, generell eine **Schwankungsbreite von ±50%** zu verwenden.

Abbildung 14-9: Abweichung der Zeitkostensätze für Luxemburg im Vergleich zu den Kostensätzen aus den Studien zur Schweiz und Deutschland (in %)

	Motorisierter privater PV	Aktive Mobilität	Öffentlicher Strassenverkehr	Schienenverkehr: Regionalverkehr
Fahrzeit (€/ph)	±54%	-	±40%	±40%
Taktfrequenz (€/ph)	-	-	±68%	±64%
Zu- und Abgangszeit (€/ph)	±54%	±60%	±63%	±58%
Umsteigezeit (€/ph)	-	-	±42%	±48%
Anzahl Umsteigevorgänge (€)	-	-	±43%	±48%

[245] European Commission (2015), Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects, S. 93. So empfiehlt z.B. HEATCO 0.7 (Bickel et al. 2006, HEATCO D5: Proposal for Harmonized Guidelines, S. 100).

[246] European Commission (2015), Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects, S. 93.

[247] Ausser beim Schienenverkehr (siehe BAV 2016, NIBA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Bahninfrastrukturprojekte, S. 44-45). Es ist aber nicht einzusehen, warum die Transportzeit der Ladung mit dem Reallohnwachstum fortgeschrieben werden soll.

[248] Um die Kostensätze auf 2016 hochzurechnen, wird deshalb die Teuerung verwendet.

[249] Bickel et al. (2006), HEATCO D5: Proposal for Harmonized Guidelines, S. 101.

14.4 Ergebnisse: Kostensätze für die KNA

Die Zeitkosten werden in der Transportrechnung nicht berücksichtigt (vgl. Kapitel 3.3.1). Deshalb verzichten wir auf den Ausweis aller Zeitkosten in Luxemburg und beschränken uns nachfolgend auf die Kostensätze für die KNA.

a) Strassenverkehr

Die Zeitkostensätze werden differenziert nach den fünf möglichen Bestandteilen der Reisezeit ausgewiesen. Für die einzelnen Verkehrsformen sind die Zeitkostensätze jeweils für alle Fahrzeugkategorien identisch. Dabei werden die Kostensätze pro Personenstunde (ph) gemessen (nur im Güterverkehr pro Fahrzeugstunde oder pro Tonnenstunde). Im Personenverkehr müssen die Ergebnisse aus dem Verkehrsmodell, das in Fahrzeugstunden vorliegt, somit noch mit dem Besetzungsgrad multipliziert werden. Bei den leichten Nutzfahrzeugen werden hier – wie oben in Abschnitt 14.3b) erläutert – keine Kostensätze ausgewiesen. Trotzdem führen Zeitgewinne natürlich auch bei leichten Nutzfahrzeugen zu Nutzen z.B. in Form von eingesparten Chauffeurstunden, diese werden aber bei den Betriebskosten der Fahrzeuge (Indikator W7, Kapitel 12) berücksichtigt.

Abbildung 14-10: Zeitkostensätze im Strassenverkehr im Jahr 2016

	Personenverkehr										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriebsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Fahrzeit (€ / ph)	13.69	13.69	13.69	13.69	13.69	13.69	13.69	13.69	9.22	9.22	9.22
Zu- und Abgangszeiten (€ / ph)	11.92	11.92	11.92	11.92	11.92	11.92	11.92	11.92	-	-	-

	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr				
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF
Antriebsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel
Fahrzeit (€ / ph)	7.39	7.39	7.39	7.39	-	-	-	-	-
Fahrzeit (€ / Fzh)	-	-	-	-	-	-	-	-	7.98
Fahrzeit (€ / th)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.79
Umsteigezeit (€ / ph)	2.81	2.81	2.81	2.81	-	-	-	-	-
Anzahl Umsteigevorgänge (€)	0.95	0.95	0.95	0.95	-	-	-	-	-
Zu- und Abgangszeiten (€ / ph)	10.13	10.13	10.13	10.13	-	-	-	-	-
Taktfrequenz (€ / ph)	1.84	1.84	1.84	1.84	-	-	-	-	-

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit:

- Personenverkehr; Fortschreibung mit 0.5 * Reallohnwachstum (vgl. Kapitel 14.3d).
- Güterverkehr: Real konstant

b) Schienenverkehr

Die Zeitkostensätze werden differenziert nach den fünf möglichen Bestandteilen der Reisezeit ausgewiesen. Der Zeitkostensatz (€ / th) für den Strassengüterverkehr ist ähnlich hoch wie für den Schienengüterverkehr. Auch hier werden die Zeitkostensätze im Personenverkehr pro Personenstunde ausgewiesen.

Abbildung 14-11 Zeitkostensätze im Schienenverkehr im Jahr 2016

	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr
Fahrzeit (€/ph)	9.33	-
Fahrzeit (€/th)	-	0.84
Umsteigezeit (€/ph)	4.32	-
Anzahl Umsteigevorgänge (€)	1.34	-
Zu- und Abgangszeiten (€/ph)	11.62	-
Taktfrequenz (€/ph)	2.47	-

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit:

- Personenverkehr; Fortschreibung mit 0.5 * Reallohnwachstum
- Güterverkehr: Real konstant

15 W11 / W13f Komfort im Stamm- und Mehrverkehr

15.1 Berechnungsgegenstand

Im ÖV wird der Komfort von Schienenfahrzeugen (inkl. Tram) höher eingeschätzt als derjenige von Bussen.

Hinweis: Der Indikator ist nur dann relevant, wenn ein Bus durch ein Tram oder eine S-Bahn ersetzt wird (oder umgekehrt). Bei allen anderen Projekten spielt der Indikator keine Rolle.

15.2 Grundlegende Berechnungsmethodik

a) Schweiz

In der Schweiz wird der geringere Komfort des Busses über die Fahrzeit mit Bahn / Tram bzw. Bus quantifiziert. Als Kostensatz pro Stunde Fahrzeit kann ein Prozentsatz der Fahrzeit verwendet werden. Bei kürzeren Distanzen (wie Tram versus Stadtbus) wird dabei 12% verwendet,[250] bei längeren Distanzen (wie bei Regionalbahn versus Regionalbus) 8%.[251] In der praktischen Umsetzung wird entweder die Fahrzeit des Trams bzw. der Bahn im Verkehrsmodell um die erwähnten Prozentsätze reduziert oder die Fahrzeit des Busses erhöht[252] – je nachdem was modelltechnisch einfacher umsetzbar ist. Dabei ist insbesondere darauf zu achten, ob es Fahrzeitunterschiede zwischen Projekt- und Referenzfall gibt. Nach Möglichkeit ist der Komforteffekt bei demjenigen Verkehrsträger zu berücksichtigen, dessen Fahrzeit sich nicht verändert. Da der Komforteffekt in der Fahrzeit berücksichtigt wird, müssen bei der Resultatdarstellung Fahrzeit und Komfort gemeinsam ausgewiesen werden.

b) Frankreich

Auch in Frankreich[253] wird davon ausgegangen, dass Tram oder Bahn bei gleicher Fahrzeit komfortabler sind als der Bus: Einerseits weil eine Straßenbahn in der Tendenz mehr Sitzkomfort aufweist als ein Bus, andererseits ist das Beschleunigen und Bremsen weniger heftig als beim Bus und daher weniger unangenehm für (stehende) Fahrgäste. Um dem besseren Komfort im Fahrzeuginneren Rechnung zu tragen, wird empfohlen, unterschiedliche Koeffizienten für die Gewichtung der Fahrzeit von Bussen und Straßenbahnen anzuwenden, beispielsweise einen Koeffizienten von 1.10 bis 1.30 für Busse gegenüber 1.0 für Straßenbahnen. Umgerechnet entspricht dies einem Zeitzuschlag von 10% bis 30% auf die Fahrzeit in Bussen.

---

[250] Ecoplan (2011), Tram Region Bern Wirtschaftlichkeitsrechnung.

[251] Ecoplan (2016), Oberes Toggenburg: Volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analyse Halbstundentakt.

[252] Ecoplan (2011), Wirtschaftlichkeitsanalyse Regiotram Biel.

[253] Certu (2003), Modélisation des déplacements urbains de voyageurs, Guide des pratiques, S. 180ff.

c) Deutschland

In Deutschland[254] wird ähnlich wie in der Schweiz ein relativer Zeitzuschlag auf jenes Verkehrsmittel erhoben, welches dem Fahrgast weniger Komfort bietet. Hierbei wird als erstes zwischen «spurgeführten» und «nicht spurgeführten» Fahrwegen unterschieden. Danach wird weiter nach dem Mass an Mischbetrieb / Mischverkehr differenziert (Kategorien: grundsätzlich ohne, überwiegend ohne, mit). Unter der Annahme, dass ein Tram auf spurgeführten Fahrwegen und überwiegend ohne Mischbetrieb / Mischverkehr verkehrt, ein Bus aber nicht spurgeführt im Mischbetrieb / Mischverkehr unterwegs ist, wird ein relativer Zuschlag von 12 Prozentpunkten auf die Fahrzeit im Bus vorgenommen.[255] Wird weiter angenommen, dass das Tram im Fahrzeuginnern komfortabler ausgestattet ist als der Bus (z.B. höherer Sitzplatzkomfort), dann erhöht sich der Zeitzuschlag um weitere 6 Prozentpunkte. Der Zeitzuschlag auf die Fahrzeit in Bussen wäre demnach bei 12% bis 18% anzusetzen.

15.3 Verwendete Datengrundlagen

Um dem Komfortunterschied zwischen Schienenfahrzeugen (inkl. Tram) und Bussen Rechnung zu tragen, werden sowohl in der Schweiz als auch in Frankreich und Deutschland Prozentabschläge bzw. -aufschläge auf die Fahrzeit vorgenommen. Die in Frankreich und Deutschland verwendeten Prozentsätze liegen zwischen 10-30% und liegen damit im Mittel (20%) deutlich höher als in der Schweiz mit 10%. Da in der Schweiz das Komfortniveau im ÖV relativ hoch ist, fällt der Zuschlag in der Schweiz geringer aus als in Deutschland und Frankreich.

Aufgrund der obigen Ausführungen macht es Sinn, für Luxemburg Prozentabschläge bzw. -aufschläge auf die Fahrzeit im Bus von 20% vorzunehmen. Der Komfortfaktor wird daher im MOBIMPACT-Tool mit 20% vorgegeben, kann aber individuell angepasst werden.

15.4 Ergebnisse: Kostensätze für die KNA

Der Komfort wird nur bei der Bewertung von Projekten berücksichtigt, die zu einer Umstellung von Bus auf Tram / S-Bahn oder umgekehrt führen. In der Transportrechnung wird der Komfort wie auch die Reisezeit nicht berücksichtigt.

Bei einem Wechsel von Bus auf Tram oder S-Bahn erhöht sich der Komfort, wobei zur Messung des höheren Komforts die Fahrzeit in Tram oder S-Bahn mit einem Zuschlag von 20% des Kostensatzes der Fahrzeit bewertet wird (vgl. Zeitkostensatz für die Fahrzeit in Abschnitt 14.4). Alternativ kann die Fahrzeit im Bus mit einem Abschlag von 20% des Kostensatzes der Fahrzeit «bestraft» werden.

---

[254] Intraplan (2016), Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen im schienengebundenen öffentlichen Personennahverkehr.

[255] Dies gilt auch für folgende Annahme: Das Tram verkehrt auf spurgeführten Fahrwegen und grundsätzlich ohne Mischbetrieb / Mischverkehr. Demgegenüber verkehrt der Bus nicht spurgeführt und überwiegend ohne Mischbetrieb / Mischverkehr.

Wichtig bei der Berechnung sind die folgenden Punkte:

- Der Ab- bzw. Zuschlag darf nicht zweimal berücksichtigt werden, also z.B. bei Bus und Tram. Je nach Projekt kann es einfacher sein, den Komfort beim Bus oder beim Tram / Schienenverkehr zu berücksichtigen.
- Es darf nur der Teil der Fahrzeit in die Berechnung einfliessen, welcher vom Wechsel von Bus auf Schiene (oder vice versa) betroffen ist.

Beispiel: Bei einem Wechsel von Bus auf Tram wird die gesamte Fahrzeit im Tram mit einem Zeitkostensatz von 1.5 € / ph bewertet.

Abbildung 15-1: Kostensatz für Komfort im Strassen- und Schienenverkehr im Jahr 2016[256]

	Öffentlicher Personenverkehr				**Schienenverkehr**
	Linienbus			Tram	Personenverkehr (Regionalverkehr)
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	
Ab- / Zuschlag auf Fahrzeit (€/ph)	-1.48	-1.48	-1.48	1.48	1.48

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit: Die Prozentabschläge bzw. -aufschläge für den Komfort verändern sich nicht über die Zeit, jedoch wird der zugrundeliegende Zeitkostensatz mit dem halben Reallohnwachstum fortgeschrieben, wodurch sich auch die absoluten Ab- bzw. Aufschläge für den Komfort verändern (vgl. Abschnitt 14.4).

[256] Für den Schienenverkehr wurde für die Berechnung die gleiche Durchschnittsdistanz wie für den öffentlichen Personenverkehr unterlegt (8.74 km). Der Grund hierfür liegt darin, dass von der einen auf die andere Fahrzeugkategorie gewechselt wird, wobei die Weglänge gleich bleibt.

16 W14 / W16 Steuereinnahmen im Mehr- und Stammverkehr

16.1 Berechnungsgegenstand

- **Steuereinnahmen im Mehrverkehr**:[257] Um den Nutzen des Mehrverkehrs abbilden zu können, wird neben dem Nettonutzen des Mehrverkehrs (vgl. Kapitel 14) als Hilfskonstruktion noch die Veränderung der Treibstoffsteuern[258] und MWST im Mehrverkehr berücksichtigt (vgl. Anhang A). Steuerzahlungen von Umsteigern zwischen Individual- und öffentlichem Verkehr sind auf beiden Seiten zu berücksichtigen (mit umgekehrten Vorzeichen).
- **Steuereinnahmen im Stammverkehr**: Dieser Indikator ist nur für die Bildung der sozioökonomischen Teilbilanzen relevant. Die Einnahmen aus Treibstoffsteuern und MWST im Stammverkehr stellen einen Transfer von den Benutzern zum Staat dar.

16.2 Grundlegende Berechnungsmethodik

Im Strassenverkehr können die **Einnahmen aus den Treibstoffsteuern im Mehrverkehr** mit der folgenden Formel berechnet werden (Berechnung mit dem Verkehrsmodell):

Zusätzliche Treibstoffsteuereinnahmen im Mehrverkehr = $\sum_k TS_k \sum_{i,j} \Delta F_{i,j,k} \; d_{i,j}^P$

wobei TS_k = Treibstoffsteuereinnahmen pro Kilometer in der Fahrzeugkategorie k

$\Delta F_{i,j,k}$ = Zunahme der Anzahl Fahrzeugfahrten in der Projektvariante P im Vergleich zum Referenzfall 0 auf der Relation von i nach j in der Fahrzeugkategorie k (d.h. $\Delta F_{i,j,k} = F_{i,j,k}^P - F_{i,j,k}^0$)

$d_{i,j}^P$ = Distanz (in km) in der Projektvariante P auf der Relation von i nach j

Die Höhe der Treibstoffsteuern wird über den Treibstoffverbrauch (vgl. Kapitel 7.2) und die Treibstoffsteuern und der MWST pro Liter Treibstoff bzw. pro MJ Strom (vgl. Kapitel 12.3.2) ermittelt. Bei der Ermittlung der Veränderung der Treibstoffsteuereinnahmen wird aufgrund des unterschiedlichen Treibstoffverbrauchs zwischen Fzkm innerorts, ausserorts und auf Autobahnen differenziert.

Die obige Formel kann wie folgt erläutert werden: Die Berechnung muss über die Veränderung der Anzahl Fahrten erfolgen, damit sichergestellt ist, dass nicht auch die Veränderung der Einnahmen aus Treibstoffsteuer im Stammverkehr mitberücksichtigt wird, die einen reinen Transfer zwischen dem Stammverkehr (den Benutzern) und dem Staat darstellen. Erhöht sich also die Anzahl Fahrten auf einer Relation von i nach j, so steigen die Einnahmen des Staates um einen Betrag, welcher sich aus der Multiplikation des Mehrverkehrs mit den Einnahmen pro

[257] Eigentlich müssen neben den Steuereinnahmen auch die Mauteinnahmen berücksichtigt werden. In Luxemburg gibt es aber keine Maut und es wird nächstens auch keine eingeführt.

[258] Unter Treibstoff ist Benzin und Diesel, aber auch Strom bei Elektrofahrzeugen zu verstehen.

Kilometer und der Distanz der Relation von i nach j ergibt.[259] Dabei sind die Distanzen im Projektfall (nicht im Referenzfall) zu betrachten, weil der Mehrverkehr nur im Projektfall fährt.[260]

Auf einzelnen Relationen (z.B. von i nach k) kann der Verkehr auch abnehmen, weil er sich auf andere Relationen (von i nach j) verlagert, die dank dem Projekt attraktiver geworden sind. In diesem Fall hat der Staat Mindereinnahmen auf der Relation von i nach k aber Mehreinnahmen auf der Relation von i nach j. Dies wird in der Formel berücksichtigt.

Im Vergleich zur Formel zur Berechnung des Nettonutzens des Mehrverkehrs (NN MV in Kapitel 14.2.1b) gibt es in der Formel zur Berechnung der Einnahmen aus Treibstoffsteuer (ETS) mehrere Unterschiede:

- Die Formel für ETS enthält kein Faktor 0.5 (Rechteck, nicht Dreieck; vgl. Abbildung 30-2)
- Beim NN MV wird der Absolutwert der Fahrten verwendet (weil man auf beiden Strecken profitiert), bei den ETS wird hingegen die Fahrtendifferenz herangezogen (Mindereinnahmen auf Relation i-k, Mehreinnahmen auf Relation i-j).
- Beim NN MV wird die Veränderung der Distanz betrachtet (weil für die Nutzenberechnung des Benutzers nur die Veränderung relevant ist). Bei den ETS wird hingegen die Distanz im Projektfall benutzt, weil der Mehrverkehr zu Mehreinnahmen auf der gesamten Distanz führt, nicht nur auf der Differenz.

Im ÖV ist die Berechnung der veränderten Steuereinnahmen im Mehrverkehr einfacher als im Strassenverkehr: Die Veränderung der MWST-Einnahmen ergibt sich aus der Multiplikation der Erlösveränderung im ÖV und dem MWST-Satz auf ÖV-Billetten. Momentan beträgt der MWST-Satz auf ÖV-Billette in Luxemburg 0%.[261]

Die **Veränderung der Treibstoffsteuereinnahmen im Stammverkehr** ergibt sich als Veränderung der Einnahmen im gesamten Verkehr abzüglich der Einnahmenänderung im Mehrverkehr: Die Veränderung der Einnahmen im gesamten Verkehr wird wie folgt ermittelt: Veränderung der gesamten gefahrenen Fahrzeugkilometer im Projektfall im Vergleich zum Referenzfall (aus dem Verkehrsmodell) multipliziert mit den Treibstoffsteuern pro Fahrzeugkilometer (differenziert nach Autobahn, ausserorts und innerorts).

16.3 Verwendete Datengrundlagen

Die Steuern pro Liter Benzin und Diesel bzw. pro MJ Strom wurden bereits in Kapitel 12.3.2 eingeführt. Beim Diesel und beim Strom gibt es die Besonderheit, dass berufliche Nutzer in Luxemburg keine MWST bezahlen müssen (und beim Strom auch tiefere Steuern).

---

[259] In der Regel kann vernachlässigt werden, dass ein Teil der Fahrzeugkilometer (bzw. Distanzen) im Ausland zurückgelegt wird: Denn Luxemburg erzielt aufgrund des Tanktourismus auch bei Fahrzeugkilometern im Ausland Einnahmen aus der Treibstoffsteuer.

[260] Falls es auf einer Strecke Minderverkehr gibt, ist hingegen die Distanz im Referenzfall zu verwenden.

[261] Der Indikator wird trotzdem im KNA-Tool beibehalten, um die Einnahmen abbilden zu können, sollte künftige der MWST-Satz einmal erhöht werden. Im Stammverkehr wird die MWST auf ÖV-Billette aber nicht miteinbezogen, weil die Billette in Luxemburg nicht für eine bestimmte Strecke, sondern für eine bestimmte Zeit gelten, so dass bei einem Wechsel der Reiseroute sich der Billettpreis und damit die Steuereinnahmen nicht verändern.

16.4 Ergebnisse: Kostensätze für die KNA

Die Steuereinnahmen stellen keine volkswirtschaftlichen Kosten des Verkehrs dar und fliessen damit nicht direkt in die Transportrechnung ein. Sie sind aber relevant für die Frage, wer letztlich die entstehenden Kosten trägt. Dies wird im Rahmen der Finanzierung in der Transportrechnung untersucht (vgl. Kapitel 27).

a) Strassenverkehr

In der folgenden Abbildung werden die Steuern auf Benzin, Diesel und Strom angegeben. Diese Werte gelten sowohl für die Steuereinnahmen im Stammverkehr (Indikator W14) als auch für die Steuereinnahmen im Mehrverkehr (Indikator W16). Zudem gilt momentan ein MWST-Satz von 0% auf ÖV-Billette.

Abbildung 16-1: c Steuereinnahmen im Strassenverkehr im Jahr 2016

	Personenverkehr										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Benzinpreis (Steuern) in € / kg	0.843	-	-	0.843	0.843	-	0.843	0.843	-	-	-
Dieselpreis (Steuern) in € / kg	-	0.554	-	0.554	0.554	0.403	-	-	-	-	-
Strompreis (Steuern) in € / MJ	-	-	0.035	0.035	0.035	-	0.035	0.035	-	-	-
MWST-Satz auf ÖV-Erlöse in %											

	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr				
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel
Benzinpreis (Steuern) in € / kg	-	-	-	-	0.843	-	-	0.843	-
Dieselpreis (Steuern) in € / kg	-	-	-	-	-	0.403	-	0.403	0.403
Strompreis (Steuern) in € / MJ	-	-	-	-	0.009	0.009	0.009	0.009	-
MWST-Satz auf ÖV-Erlöse in %	0%	0%	0%	0%					

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit: Wir gehen davon aus, dass die Steuersätze konstant bleiben. Sollten die Steuersätze angepasst werden, so können im MOBIMPACT-Tool die eingegebenen Steuersätze überschrieben werden.

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Die Steuereinnahmen fallen beim Staat an (Kostenträger übriger Staat).

b) Schienenverkehr

Auch im Schienenverkehr gilt der MWST-Satz von 0%.

Abbildung 16-2 Kostensätze für Steuereinnahmen im Schienenverkehr im Jahr 2016

	Personenverkehr (Regionalverkehr)
MWST-Satz auf ÖV-Erlöse in %	0%

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit: Wir gehen davon aus, dass der MWST-Satz unverändert bleiben. Sollte der MWST-Satz erhöht werden, so kann im MOBIMPACT-Tool der eingegebene Steuersatz überschrieben werden.

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Die Steuereinnahmen fallen beim Staat an (Kostenträger übriger Staat) – sollte der MWST-Satz eines Tages erhöht werden.

17 W15 / W17 ÖV-Erlöse im Mehr- und Stammverkehr

17.1 Berechnungsgegenstand

Einnahmen der ÖV-Unternehmen aus Billettverkäufen im Mehr- bzw. Stammverkehr.

17.2 Grundlegende Berechnungsmethodik

Die Grundidee besteht darin, dass mehr Reisende aufgrund eines Projektes den ÖV benutzen, indem sie vom Auto oder der aktiven Mobilität auf den ÖV umsteigen oder weil sie eine zusätzliche oder längere Reise unternehmen. Dies generiert zusätzliche Billetteinnahmen. Im Normalfall sind die gesamten zusätzlichen Erlöse der Bahnen auf den Mehrverkehr zurückzuführen, sofern die Tarife für den Stammverkehr gleich bleiben und nicht aufgrund des Projektes geändert werden.

Die ÖV-Erlöse im Stammverkehr verändern sich somit nur, wenn die Billettpreise aufgrund des Projekts verändert werden (oder die Veränderung der Billettpreise die zu untersuchenden Massnahme ist). Treten Preisanpassungen auf, ist der Indikator nur für die Teilbilanzen relevant – volkswirtschaftlich hingegen nicht, da die Erlöse im Stammverkehr einen reinen Transfer zwischen Benutzer und ÖV-Betreiber darstellen. Bei projektspezifischen Preisanpassungen müssen diese auch bei der Berechnung der Erlöse im Mehrverkehr berücksichtigt werden.

Aufgrund der speziellen Struktur der Billette in Luxemburg (Tickets sind eine oder zwei Stunden auf dem gesamten luxemburgischen ÖV-Netz gültig), wird ein Kostensatz pro Einsteiger ermittelt (anstatt wie im Ausland oft üblich pro pkm). Dabei werden die Umsteiger doppelt gezählt.

Die Berechnung der zusätzlichen Erlöse durch den Mehrverkehr ist sehr einfach: Die (z.B. mit dem Verkehrsmodell) berechnete Zunahme der Einsteiger im ÖV kann mit einem Erlössatz pro Einsteiger multipliziert werden. Dabei sind die Erlössätze prinzipiell nach Fahrzeugkategorien zu differenzieren.

17.3 Verwendete Datengrundlagen

17.3.1 Erlöse im öffentlichen Strassen- und Schienenverkehr

Die Erlöse in Luxemburg (nach dem Territorialprinzip) wurden uns vom MDDI zur Verfügung gestellt. Wie die folgende Abbildung zeigt, betragen die Einnahmen im Busverkehr gut 30 Mio. €, im Schienenverkehr gut 35 Mio. €. Wie bei den Betriebskosten (Indikator W9) gibt es noch keine Werte für Elektrobusse und Trams, da 2016 noch keine fuhren.

Alle nationalen Tickets werden zentralisiert abgerechnet (Verkehrsverbund). Alle Billette / Abonnemente sind sowohl für Schiene wie für Strasse und Tram gültig. Somit ist eine Aufteilung auf Bus und Zug schwierig. Den Bussen wird der Anteil, der von den Busbetreibern verkauften Tickets angerechnet – plus der Betrag, der nach der Abrechnung der Zugtickets übrigbleibt.

Die Zusatzerträge Regiotickets RGTR werden von den Busbetreibern für den RGTR verkauft und ohne Umwege im RGTR Budget verrechnet. Der nationale Anteil dieser Tickets beträgt 60%. Auch die Adapto-Behindertentransporte mit Kleinbussen führen zu geringen Erlösen von 0.6 Mio. €.

Auch die Gemeinden haben Erträge aus dem Ticketverkauf von insgesamt 10.3 Mio. € wovon 10.1 Mio. € von der Stadt Luxemburg stammen. Die Zahlen stammen wiederum aus der Hochrechnung der Gemeindebudgets (vgl. Anhang D).

Abbildung 17-1: Erlöse im öffentlichen Verkehr in Luxemburg 2016

Erlöse in Mio € 2016	Dieselbus	Regionalzug
Verkehrsverbund	17.61	
Zusatzerträge Regiotickets RGTR (nationaler Anteil)	1.85	
Adapto	0.64	
Gemeindebusse	10.31	
CFL		35.73
Total	**30.40**	**35.73**
Erlöse in € / Einsteiger	0.352	1.590

17.3.2 Erlössätze für die KNA

Um die Erlössätze für die KNA zu bestimmen, werden die oben dargestellten Einnahmen durch die Zahl der Einsteiger dividiert. Im Busverkehr gab es 2016 84.5 Mio. Einsteiger, im Zugsverkehr 22.5 Mio.[262] Daraus ergibt sich ein Erlössatz von 0.35 € / Einsteiger im Busverkehr und 1.59 € / Einsteiger im Zugsverkehr (vgl. letzte Zeile in Abbildung 17-1). Die Differenz zwischen Bahn und Bus dürfte darauf zurückzuführen sein, dass in den Zügen die Fahrscheine fast immer kontrolliert werden, während im Bus beinahe nie kontrolliert wird. Damit sei Schwarzfahren in Bussen sehr verbreitet, in Zügen hingegen nicht. Zudem besitzen viele Busfahrgäste ein Abonnement, demgegenüber lösen Bahnreisende in Luxemburg vermehrt Einzelbillette oder Tageskarten.

Der Kostensatz für Dieselbusse wird auch für Elektrobusse und Trams verwendet.

17.3.3 Schienen-Güterverkehr

Wie bei den Betriebskosten ist es sehr schwierig, Daten zu den Erlösen im Güterverkehr zu erheben, da die Güterverkehrsbetriebe keinen Anreiz haben, ihre Daten preiszugeben – zumal sie mit anderen Betrieben in Konkurrenz stehen. Zudem ist kein Projekt absehbar, das zu Veränderungen der Güterverkehrserlöse führen wird. Deshalb wird darauf verzichtet, einen Kostensatz für die KNA zu erheben.

[262] Quelle Busverkehr: MDDI, Quelle Zugsverkehr: Division der pkm von 417 Mio. durch die durchschnittliche Distanz im Schienenverkehr von 18.58 km.

Für die Transportrechnung können die Erlöse aber abgeschätzt werden (unter der Annahme, dass der Gewinn des Güterverkehrs Null ist): Die gesamten Betriebskosten betragen insgesamt 12.9 Mio. € (vgl. Kapitel 13.4.2b). Davon sind die Subventionen von 4.59 Mio. €[263] für den kombinierten Verkehr abzuziehen, welche das Umladen von Containern von Lastwagen auf Züge fördert. Damit betragen die Erlöse des Güterverkehrs also 8.3 Mio. €.

17.4 Ergebnisse

17.4.1 Kostensätze für die KNA

a) Strassenverkehr

Die folgende Abbildung zeigt nochmals den Erlössatz im öffentlichen Strassenverkehr, der für alle Fahrzeugkategorien gleich ist. Dieser Erlössatz kann bei der Bestimmung der Erlösveränderungen im Mehrverkehr (Indikator W15) verwendet werden.

Die Erlösveränderungen im Stammverkehr (Indikator W17) können hingegen nicht mit diesem Kostensatz bewertet werden, weil diese wie erläutert nur dann auftreten, wenn durch das Projekt die Billettpreise verändert werden. Diese Veränderung ist deshalb projektspezifisch ins MOBIMPACT-Tool einzugeben – und dürfte meist Null sein.

Abbildung 17-2: Erlöse im öffentlichen Strassenverkehr im Jahr 2016

	Öffentlicher Personenverkehr			
	Linienbus			Tram
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro
€ / Einsteiger	0.35	0.35	0.35	0.35

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit: Der Erlössatz bleibt konstant.

b) Schienenverkehr

Im Schienenverkehr sind die Erlöse mit 1.59 € pro Einsteiger deutlich höher als im Busverkehr.

Abbildung 17-3 Erlöse im Schienenverkehr im Jahr 2016

	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr
€ / Einsteiger	1.59	n.a.

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit: Auch dieser Erlössatz bleibt konstant.

[263] Gemäss Staatsbudget 2016 – definitive Zahlen 2016 noch nicht verfügbar.

17.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg

Im Folgenden werden als Input in die Transportrechnung die Gesamterlöse für das Land Luxemburg berechnet.

a) Strassenverkehr

Die folgende Abbildung fasst nochmals die Gesamterlöse im öffentlichen Strassenverkehr von 30 Mio. € zusammen.

Abbildung 17-4: Erlöse in Luxemburg im öffentlichen Strassenverkehr im Jahr 2016

in Mio. €	Öffentlicher Personenverkehr			
	Linienbus			Tram
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro
Erlöse in Mio. €	30.4	-	30.4	-

Aufteilung der Erlöse auf die Kostenträger: Im Stammverkehr werden die ÖV-Erlöse von den Verkehrsnutzenden bezahlt. Für den ÖV-Betreiber sind es Einnahmen, mit denen er einen Teil seiner Kosten decken kann. Der Mehrverkehr verursacht zusätzliche Einnahmen beim ÖV-Betreiber (vgl. Anhang A).

b) Schienenverkehr

Im Schienenverkehr fallen im Personenverkehr Erlöse von gut 35 Mio. € an. Im Güterverkehr werden die Erlöse auf 8.3 Mio. € geschätzt.

Abbildung 17-5 Erlöse in Luxemburg im Schienenverkehr im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	Total
Erlöse in Mio. €	35.73	8.34	44.07

Aufteilung der Erlöse auf die Kostenträger: Im Stammverkehr werden die Erlöse von den Verkehrsnutzenden getragen und stellen eine Einnahmequelle des Bahnbetreibers dar. Der Mehrverkehr verursacht zusätzliche Einnahmen beim ÖV-Betreiber (vgl. Anhang A).

18 W21 Trassenpreise

18.1 Berechnungsgegenstand

Entgelt, das der Schienenverkehrsbetreiber dem Eigentümer der Schieneninfrastruktur für deren Benutzung bezahlt.

18.2 Grundlegende Berechnungsmethodik

Dieser Indikator ist nur im Bahnverkehr relevant. Es handelt sich dabei um einen reinen Transfer vom ÖV-Betreiber (Personen- oder Güterverkehr) an den Staat als Infrastrukturbetreiber, denn in Luxemburg gehört die Bahninfrastruktur dem staatlichen «Fonds du rail». Volkswirtschaftlich ist dieser Indikator damit nicht relevant. Will man aber das betriebswirtschaftliche Ergebnis von ÖV-Betreibern oder dem «Fonds du rail» bzw. dem Staat ermitteln, müssen die Trassenpreise miteinbezogen werden.

In der Transportrechnung sind die Trassenpreise im Personenverkehr bereits in den Betriebskosten W9 enthalten und dürfen deshalb nicht nochmals berücksichtigt werden. Im Güterverkehr hingegen enthält der Kostensatz bei W9 die Trassenpreise explizit nicht (vgl. Kapitel 13.3b), so dass der Trassenpreis noch zu ergänzen ist.

Auf dem gesamten luxemburgischen Schienennetz beziehen sich die Trassenpreise auf die Zugkm, die Zugzusammenstellung, die Geschwindigkeit und das Gewicht. Für die KNA werden die Trassenpreise vereinfacht und in Kostensätze pro Zugkm für den Regional- bzw. Güterverkehr umgerechnet.

18.3 Verwendete Datengrundlagen

Im Personenverkehr wurden 2016 im Mittel 1. 8527 € / Zugkm eingenommen; im Güterverkehr im Mittel 1.3861 € / Zugkm (berechnet aus Annahmen zur durchschnittlichen Masse der Güterzüge getrennt nach Gewichtsklassen). Die Trassenpreise werden auf Basis der Grenzkosten der Schieneninfrastruktur[264] bestimmt.

Hochgerechnet auf den Verkehr in Luxemburg werden 2016 Trassenpreise von 14.79 Mio.€ im Personenverkehr und von 0.89 Mio. € im Güterverkehr bezahlt. Wie erläutert sind für die Transportrechnung nur die 0.89 Mio. € im Güterverkehr relevant, weil die Trassenpreise im Personenverkehr bereits in den Betriebskosten enthalten sind.

[264] Mündliche Mitteilung CFL GI.

18.4 Ergebnisse

18.4.1 Kostensätze für die KNA im Schienenverkehr

Die folgende Abbildung fasst die Trassenpreise pro Zugkm zusammen.

Abbildung 18-1 Trassenpreise im Schienenverkehr im Jahr 2016

	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr
Trassenpris in € / Zugkm	1.85	1.39

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit: Real konstant.

18.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg

Die nachstehende Abbildung zeigt die bezahlten Trassenpreise 2016 in Luxemburg. Das Ergebnis im Personenverkehr wird nicht dargestellt, weil es bereits in den Betriebskosten W9 enthalten ist.

Abbildung 18-2: Trassenpreise im Schienenverkehr im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	Total
Kosten in Mio. €	-	0.89	0.89

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Eigentlich muss der ÖV-Betreiber den Trassenpreis bezahlen und der Infrastrukturbetreiber, d.h. der Staat, erhält den Trassenpreis. Der Güterverkehrs-Betreiber verrechnet die Kosten aber seinen Kunden weiter, so dass letztendlich die Verkehrsnutzenden die Kosten tragen und der Staat als Infrastrukturbetreiber Einnahmen erzielt.

19 W23 Polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung

19.1 Berechnungsgegenstand

Der zusätzliche Strassenverkehr führt dazu, dass die Polizei mehr Aufwand hat für die Verkehrsregelung und Überwachung.

19.2 Grundlegende Berechnungsmethodik

Dieser Indikator ist nur im Strassenverkehr relevant. Nimmt der Strassenverkehr zu, so erhöhen sich die Kosten der Polizei für Verkehrsregelung und Überwachung. Dies wird über einen Kostensatz pro Fzkm erfasst.[265]

19.3 Verwendete Datengrundlagen

Um die Kosten der polizeilichen Verkehrsregelung und Überwachung zu bestimmen, haben wir von der Polizei-Direktion von Luxemburg eine Aufstellung aller Beamten erhalten, die entweder in Vollzeit oder Teilzeit mit der Verkehrsüberwachung beauftragt sind (vgl. Zusammenstellung in Abbildung 19-1). Für die „Commissariat de Proximité“ (CP Lokal-Kommissariate) wird angenommen, dass nur 10% der Arbeit mit Verkehrsüberwachung verbunden ist. Also werden nur 34 Vollzeitstellen aus den 336 CP-Arbeitsstellen berücksichtigt. Alle anderen Stellen werden zu 100% einberechnet, obwohl einige Einsätze nicht direkt mit dem Verkehr verbunden sind. Zudem wird ein Teil dieses Personals als „administrativ“ bezeichnet, was bedeutet, dass diese Personen kein Polizeifahrzeug benötigen (vgl. unten). Insgesamt sind in Luxemburg 633 Vollzeitäquivalente mit der Verkehrsregelung beschäftigt.[266]

Abbildung 19-1: Personal für die polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung

Abteilung	Personal Verkehr	Administratives Personal Verkehr	Total
CP-Commissariat de Proximité	34	-	34
CI-Centre d'Intervention	400	93	493
UCPR-Unité Centrale de la Police de la Route	44	12	56
SRPR-Service Régional de la Police de la Route	50	-	50
Total	**528**	**105**	**633**

[265] Dahinter steht die Annahme, dass ein gewisses Niveau an Verkehrsregelung erreicht werden soll und dass deshalb mit steigendem Verkehr auch mehr Verkehrsregelung nötig ist. Alternativ könnte man auch davon ausgehen, dass das Budget für die Verkehrsregelung konstant bleibt und entsprechend bei steigendem Verkehr die Verkehrsregelung pro Fzkm abnimmt.

[266] Die CITA (Controle et informations du trafic sur les autorourtes) wurde nicht berücksichtigt, weil diese bereits bei den Betriebskosten der Strassen enthalten ist.

Personalkosten werden mit einem Mix an Personalqualifikationen und Tabellen von Beamtengehälter für eine durchschnittliche Dienstzeit (10 Jahre) bestimmt, was einen Grundlohn von 4‘472 € / Monat ergibt. Polizisten erhalten neben ihrem Grundlohn zusätzliche Prämien von ca. 30%. Zudem muss der Arbeitgeber gesetzliche Arbeitgeberbeiträge von 25% leisten, so dass sich die geschätzten durchschnittlichen Kosten für den Arbeitgeber pro Jahr und Vollzeitstelle auf 87‘206 € belaufen. Diese Annahmen wurden mit der luxemburgischen Polizei abgesprochen. Multipliziert mit der Anzahl Beamten ergeben sich somit Kosten von jährlich 55 Mio. €.

Das nicht-administrative Personal benötigt zudem Fahrzeuge, die Kosten verursachen. Dazu haben wir einige Aufgaben der Verkehrsüberwachung zusammengestellt, und dementsprechend Fahrzeuge auf diese Aufgaben grob verteilt. Fahrzeugkosten und Fuhrparkmix (Anschaffung und jährliche Unterhaltskosten) wurden uns ebenfalls von der Polizeidirektion zur Verfügung gestellt. Nach unseren Schätzungen (die eher konservativ sind), betragen die Kosten des Fuhrparks lediglich gut 1 Mio. € im Jahr 2016.

Die Kosten von insgesamt gut 56 Mio. € werden für die Verteilung auf die Fahrzeugkategorien durch die gesamten Fzkm in Luxemburg (inkl. Fzkm in der aktiven Mobilität) dividiert und mit dem resultierenden Kostensatz von 0.66 € / 100 Fzkm gemäss der jeweiligen Fahrleistung auf die einzelnen Kategorien verteilt. Auch in der Schweiz wird ein einheitlicher Kostensatz für alle Fahrzeugkategorien verwendet – dieser liegt mit 4 CHF / 100 Fzkm jedoch deutlich höher (SN 641 826).[267]

19.4 Ergebnisse

19.4.1 Kostensätze für die KNA im Strassenverkehr

Der Kostensatz wird in der folgenden Abbildung nochmals dargestellt. Auf eine Differenzierung nach Fahrzeugkategorien oder Strassentypen wird mangels entsprechender Grundlagen verzichtet.

[267] Zurzeit wird der Schweizer Kostensatz in einer aktuell laufenden Studie (R+R Burger und Partner AG 2018, Aktualisierung der SN 641 826, Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassen) überarbeitet und neu nach Strassentyp differenziert. Die neuen Kostensätze liegen voraussichtlich (Studie kurz vor Abschluss) für alle Strassentypen tiefer als der bisherige, aber immer noch höher als der luxemburgische Kostensatz.

Abbildung 19-2: Kostensatz für die polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung im Strassenverkehr im Jahr 2016

in € / 100 Fzkm	Personenverkehr										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Verkehrsregelung	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66

	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr				
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel
Verkehrsregelung	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit: Da es sich fast ausschliesslich um Personalkosten handelt, nehmen diese mit dem Reallohnwachstum zu.

19.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg im Strassenverkehr

Im Folgenden werden als Input in die Transportrechnung die Gesamtkosten für das Land Luxemburg berechnet. Es ergeben sich insgesamt Kosten von 56 Mio. € durch die polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung. 81% der Kosten werden durch PKW verursacht, 9% bzw. 4% durch leichte bzw. schwere Nutzfahrzeuge und 4% durch die gesamte aktive Mobilität.

Abbildung 19-3: Kosten für polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung in Luxemburg im Strassenverkehr im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Kosten in Mio. €	10.05	35.07	0.03	0.28	45.43	0.04	0.36	0.20	0.04	0.36	2.01

in Mio. €	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr					Gesamttotal
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF	
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel	
Kosten in Mio. €	0.54	-	0.54	-	0.08	4.98	0.00	5.07	2.28	56.33

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Diese Kosten fallen vollständig beim Staat als Infrastrukturbetreiber an.

20 G5 Externe Gesundheitsnutzen durch aktive Mobilität

20.1 Berechnungsgegenstand

Durch körperliche Aktivität vermindert sich die Zahl der Spitalaufenthalte in der Bevölkerung und die Lebenserwartung nimmt zu. Berücksichtigt werden entfallende medizinische Heilungskosten, vermiedene Wiederbesetzungskosten (Arbeitsplatz), nicht eintretende Produktionsausfälle (da die aktiven Personen nicht vorübergehend oder dauerhaft als Arbeitskräfte ausfallen) und vermiedene Versicherungsleistungen.

20.2 Grundlegende Berechnungsmethodik[268]

a) Einleitung

Die körperliche Betätigung in der aktiven Mobilität (insbesondere Fuss- und Fahrradverkehr) wirkt sich positiv auf die Gesundheit aus und führt zu zusätzlichen Lebensjahren sowie vermiedenen Krankheitsfällen. Es handelt sich prinzipiell um ähnliche Auswirkungen wie bei der Luftbelastung, aber hier sind es Gesundheitsnutzen, bei der Luftbelastung hingegen Gesundheitsschäden bzw. -kosten.

Solche positiven Gesundheitseffekte treten auch bei Pedelec 25 auf. Diese konnten aber im Rahmen der vorliegenden Studie nicht quantifiziert werden, da keine Daten zu den Wegen mit Pedelec 25 zur Verfügung stehen.

Die Nutzen aus der körperlichen Aktivität im Fuss- und Fahrradverkehr sind primär intern, d.h. diejenige Person, die körperlich aktiv ist, lebt auch gesünder. Von einem Teil der positiven Auswirkungen profitieren aber auch Dritte: Der verbesserte Gesundheitszustand führt zu einer Reduktion von Krankheitsfällen, was Einsparungen bei den medizinischen Heilungskosten, bei den Produktionsausfällen und bei den Wiederbesetzungskosten zur Folge hat. Da diese Kosten auf Krankenkassen (bei den medizinischen Heilungskosten), Gesellschaft (bei den Produktionsausfällen) und Arbeitgeber (bei den Wiederbesetzungskosten) überwälzt werden, entstehen durch die körperliche Aktivität nicht nur interne Nutzen bei den Teilnehmern der aktiven Mobilität, sondern auch externe Nutzen (in Form von eingesparten Kosten) bei Dritten. Zudem können durch die Vermeidung von frühzeitigen Todesfällen Hinterlassenenrenten (Witwen-, Witwer- und Waisenrenten) eingespart werden, die von den Versicherungen und damit von der Allgemeinheit zu bezahlen wären. Durch die Vermeidung von Demenzfällen können zudem Invaliditätsrenten eingespart werden.

Die externen Nutzen der aktiven Mobilität sind im Rahmen der Transportrechnung und der KNA zu berücksichtigen. Auf den Einbezug der internen Nutzen ist demgegenüber aus folgenden Gründen zu verzichten:

[268] Der folgende Text beruht auf Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010, S. 492-493.

- In der Transportrechnung werden prinzipiell nur die Kosten des Verkehrs erfasst und es wird untersucht, wer diese Kosten trägt. Die Gesundheitsnutzen aber sind Nutzen und keine Kosten. Deshalb werden sie in der Transportrechnung bei der Bestimmung der Summe der Transportkosten nicht aufgeführt. Die reduzierten externen Gesundheitskosten, die dank der aktiven Mobilität bei der Allgemeinheit oder beim Staat entfallen, werden in der Transportrechnung aber als Beitrag zur Finanzierung angerechnet, auch wenn es sich eigentlich um vermiedene Kosten handelt.[269]
- Auch in die KNA fliessen nur die externen Gesundheitsnutzen ein, weil im projektbedingten Mehrverkehr die internen Gesundheitsnutzen bereits im Entscheid enthalten sind, ob man überhaupt mit dem Fahrrad bzw. zu Fuss geht oder doch das Auto oder den ÖV vorzieht. Im Stammverkehr (der mit und ohne Projekt zu Fuss oder mit dem Fahrrad unterwegs ist) muss vorsichtig davon ausgegangen werden, dass die internen Effekte auf die Gesundheit bereits im Zeitkostensatz enthalten sind,[270] so dass eine nochmalige Berücksichtigung zu einer Doppelzählung führen würde.

Deshalb werden in Transportrechnung und KNA nur die externen Gesundheitsnutzen miteinbezogen. Die internen Gesundheitsnutzen fliessen nicht in die Ergebnisse ein, sollen aber im Rahmen des vorliegenden Projektes zu illustrativen Zwecken trotzdem ermittelt werden.

b) Berechnungsmethodik

Die Bewertungsmethodik für die Gesundheitsnutzen der aktiven Mobilität in Luxemburg ist sehr ähnlich wie die Methodik für die Gesundheitskosten durch Luft- und Lärmbelastung (vgl. Kapitel 22 und 23 unten). Zuerst wird die körperliche Betätigung erhoben – und zwar in der aktiven Mobilität und bei anderen sportlichen Betätigungen (Schritt 1 in Abbildung 20-1). Daraus wird über Belastungs-Wirkungs-Beziehungen zwischen Bewegung und verschiedenen Krankheitsbildern und Überlebenswahrscheinlichkeiten bzw. Krankheitsgrundhäufigkeiten in der Bevölkerung (Schritt 2) bestimmt, wie viele Lebensjahre gewonnen und wie viele Krankheitsfälle verhindert werden können (Schritt 3). Diese werden mit den prinzipiell gleichen Kostensätzen pro Krankheitsfall bzw. gewonnenem Lebensjahr monetarisiert wie die Gesundheitskosten durch Luft- und Lärmbelastung, wobei die Transferleistungen (Hinterlassenenrenten) aus dem Unfallbereich übernommen werden (Schritt 4). Daraus ergeben sich die sozialen bzw. externen Gesundheitsnutzen des Langsamverkehrs (Schritt 5). Für eine ausführliche Beschreibung der Methodik wird auf Ecoplan, Infras (2014) und Infras, Ecoplan (2018) verwiesen.[271]

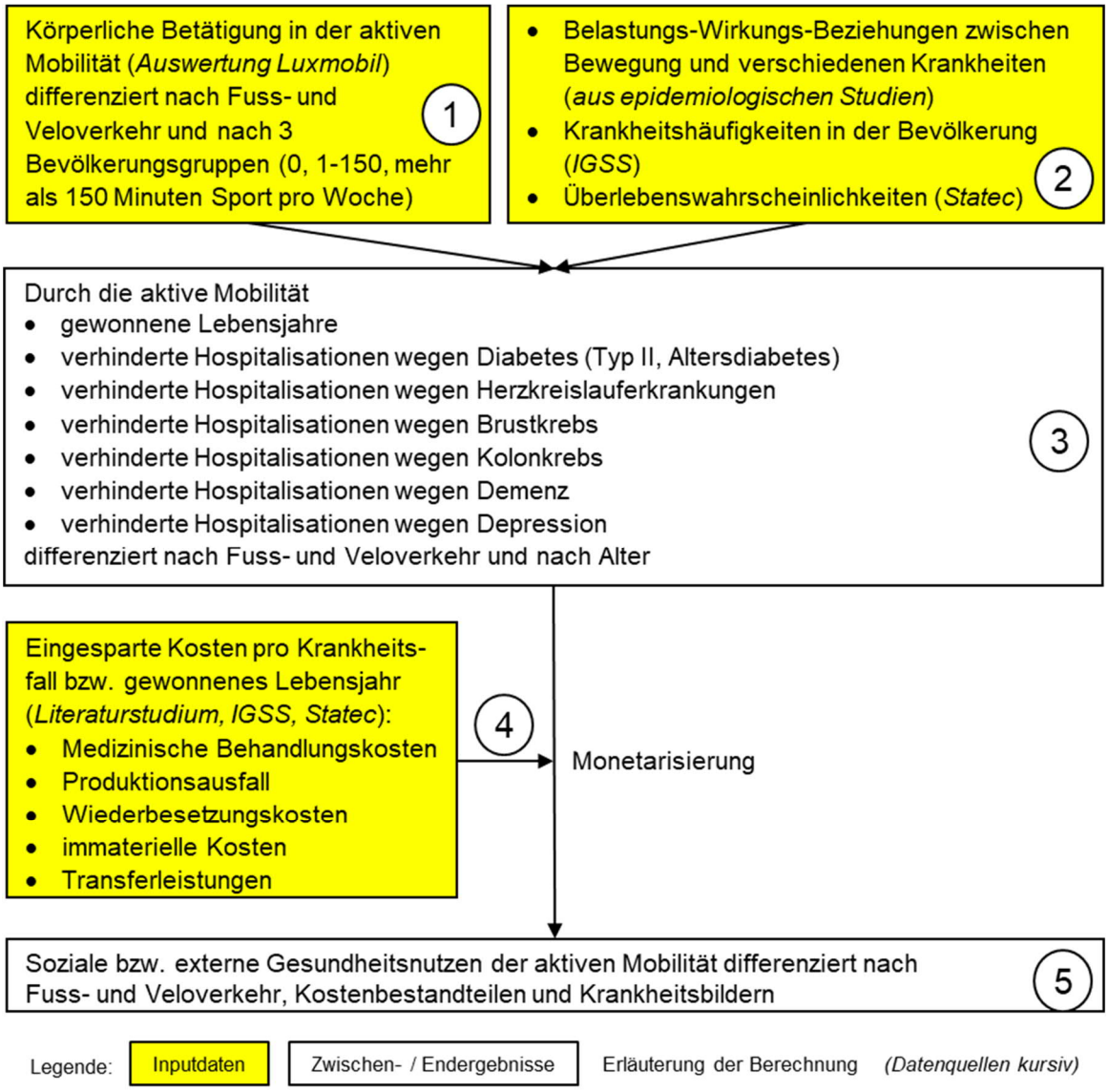
---

[269] Die interne Gesundheitsnutzen werden hingegen nicht in die Transportrechnung miteinbezogen – wie auch die übrigen internen Nutzen, welche Verkehrsnutzende aus ihrer Fahrt ziehen (BFS 2015b, Kosten und Finanzierung des Verkehrs, S. 45).

[270] Ob die Gesundheitsnutzen in der aktiven Mobilität tatsächlich im Zeitkostensatz enthalten sind, müsste im Rahmen einer Zahlungsbereitschaftsstudie zum Zeitkostensatz für die aktiven Mobilität untersucht werden. Wie im Kapitel 14 erläutert, müssen aber mangels besserer Datengrundlagen Kostensätze für die Zu- und Abgangszeiten im ÖV herangezogen werden. Damit ist es unklar, ob darin die internen Gesundheitsnutzen enthalten sind. Gemäss dem at least Ansatz nehmen wir es an. Damit wird eine allfällige Doppelzählung der internen Gesundheitsnutzen vermieden.

[271] Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010, Kapitel 15 und Infras, Ecoplan (2018), Externe Effekte des Verkehrs 2015, Kapitel 15.

Abbildung 20-1: Methodik zur Berechnung der Gesundheitsnutzen



Quelle: Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010, S. 493 – Datenquellen auf Luxemburg angepasst

20.3 Verwendete Datengrundlagen

20.3.1 Aktivitäten im Fuss- und Fahrradverkehr

Die Daten zu den Aktivitäten im Fuß- und Radverkehr (durchschnittlich täglich zurückgelegte Distanz bzw. Dauer der Aktivität einer Person, bezogen auf alle Personen gleichen Geschlechts und Alters) wurden uns vom MDDI aus der Mobilitätserhebung Luxemburg (Luxmobil) übermittelt (vgl. Abbildung 20-2). Die Daten basieren auf dem Territorialprinzip: In der Mobilitätsbefragung wurden sowohl die Luxemburger Bevölkerung als auch die Einpendler nach

ihren in der aktiven Mobilität zurückgelegten Distanzen in Luxemburg befragt.[272] Die Daten im Fussverkehr wurden noch mit weiteren Überlegungen ergänzt (vgl. Kapitel 7.1.1d).

Aus Dauer und Distanzen der aktiven Mobilität werden Geschwindigkeiten hergeleitet, jeweils separat für unterschiedliche Altersgruppen sowie Frauen und Männer. Auf Grund der Geschwindigkeiten werden Intensitätswerte (METs) aus der Standardliteratur zugeordnet, welche wiederum in Kombination mit der Dauer die Berechnung der körperlichen Aktivität (METh / Woche) ermöglichen.[273] Diese werden für die Schätzung der Gesundheitseffekte verwendet.

Abbildung 20-2: Aktivitäten im Fuß- und Fahrradverkehr (Quelle: MDDI, Luxmobil)

	Fussverkehr				Fahrradverkehr			
	Männer		Frauen		Männer		Frauen	
Alters-klasse	Distanz in km	Dauer in Minuten	Distanz in km	Dauer in Minuten	Distanz in km	Dauer in Minuten	Distanz in km	Dauer in Minuten
0-4	0.72	11.22	0.78	13.61	0.20	1.47	0.07	1.04
5-9	1.56	21.58	1.82	27.46	0.19	1.85	0.13	1.13
10-14	2.05	23.29	1.71	19.88	0.55	2.31	0.09	1.05
15-19	1.52	17.03	1.35	18.32	0.50	1.44	0.05	0.22
20-24	0.59	6.28	0.75	10.31	0.21	0.91	0.11	0.39
25-29	0.85	9.79	1.21	16.50	0.21	0.90	0.06	0.29
30-34	0.73	9.17	1.25	15.13	0.78	3.04	0.25	0.92
35-39	0.67	9.09	1.05	15.63	0.72	2.65	0.24	1.54
40-44	0.69	8.27	0.87	12.87	0.52	1.72	0.17	0.87
45-49	0.81	11.39	1.34	14.19	1.36	3.24	0.44	1.94
50-54	0.88	13.73	1.54	20.58	0.58	1.68	0.08	0.42
55-59	1.26	12.58	1.60	27.89	1.03	4.10	0.09	0.49
60-64	1.56	23.61	2.14	28.64	1.11	4.54	0.05	0.28
65-69	1.91	23.22	1.69	27.24	1.38	4.59	0.04	0.21
70-74	1.83	23.69	1.27	20.73	0.47	3.46	-	-
75-79	1.57	26.45	1.58	27.18	0.04	0.44	0.06	0.63
80-84	2.46	39.03	0.82	19.19	0.00	0.01	-	-
85-89	2.80	47.15	1.18	12.75	-	-	-	-
>90	0.85	11.87	0.59	25.26	-	-	-	-
Tot	1.06	13.64	1.31	18.50	0.67	2.33	0.14	0.78

[272] Die aktive Mobilität von Touristen und Geschäftsreisenden sind in den Daten jedoch nicht enthalten.

[273] Das metabolische Äquivalent (engl. metabolic equivalent of task; MET) wird verwendet, um den Energieverbrauch verschiedener Aktivitäten zu vergleichen. Es ist die Beschreibung des Stoffwechselumsatzes eines Menschen bezogen auf den Ruheumsatz im Verhältnis zu seinem Körpergewicht. Beispielsweise wird für Fahrradfahren unter 16km/h eine Intensität von 4 MET angenommen, während für Mountainbiking bergauf der Standardwert bei 16 MET liegt. Der Ruheumsatz entspricht 1 MET.

20.3.2 Belastungs-Wirkungs-Beziehungen

Gesundheitsfördernde Effekte der aktiven Mobilität, bzw. der daraus resultierenden körperlichen Aktivität werden mittels Dosis-Wirkungs-Beziehungen aus der epidemiologischen Fachliteratur abgeschätzt, namentlich für Gesamtsterblichkeit, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes Typ II, Brust- und Kolonkrebs, Demenz und Depression (vgl. folgende Abbildung). Dabei wird auf die von Götschi et al. (2017) verwendeten Werte zurückgegriffen, welche weitgehend auf früheren Arbeiten von Woodcock et al. (2009) basieren.

Abbildung 20-3: Effektschätzer für die Wirkung der körperlichen Aktivität auf ausgewählte Krankheitsbilder (RR pro 11.25 METh / Woche[1] im Vergleich zu 0 METh / Woche)

Gesundheitsgrösse	Risiko-Reduktion
Sterberisiko	-25%
Herz-Kreislauf	-23%
Kolonkrebs	-17%
Brustkrebs	-9%
Demenz	-31%
Depression	-8%
Diabetes Typ II	-25%

[1] 11.25 METh / Woche entspricht der von der WHO empfohlenen Menge regelmässiger körperlicher Aktivität von 150 Minuten pro Woche).

20.3.3 Berücksichtigung der sportlichen Aktivität ausserhalb der aktiven Mobilität

Aufgrund der nicht-linearen Dosis-Wirkungs-Beziehung hängen die Gesundheitsnutzen der aktiven Mobilität auch massgeblich davon ab, wie viel körperliche Aktivität Fussgänger und Radfahrer (bereits) in anderen Bereichen absolvieren: Der Gesundheitsnutzen durch körperliche Bewegung aus aktiver Mobilität ist für Personen, die sonst kaum aktiv sind, ca. 10-mal grösser als für Personen, die mehrmals pro Woche Sport treiben (vgl. Abbildung 20-4). In der Gesundheitsnutzenberechnung wird deshalb die Bevölkerung aufgrund der körperlichen Aktivität in drei Gruppen eingeteilt: Personen, die keinen Sport treiben, Personen, die sich pro Woche bis zu 150 Minuten sportlich betätigen und Personen, die mehr als 150 Minuten pro Woche Sport treiben – mit folgenden Anteilen in der Bevölkerung:[274]

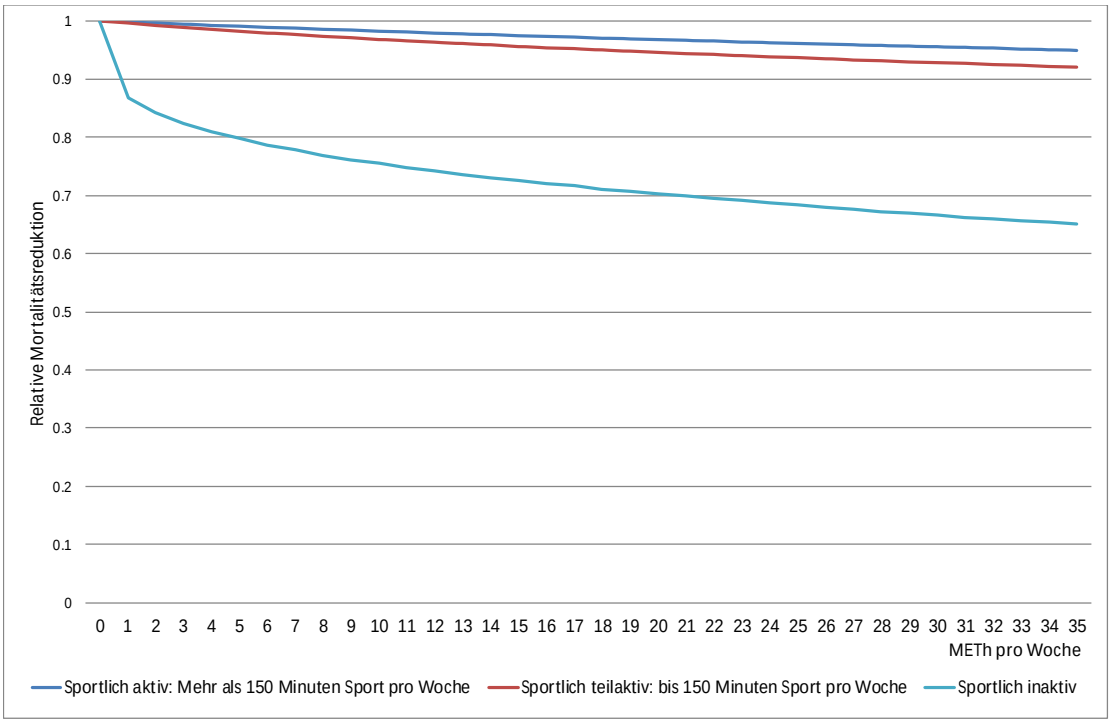
- Sportlich aktiv: Mehr als 150 Minuten pro Woche 40.8%
- Sportlich teilaktiv: bis 150 Minuten Sport pro Woche: 21.7%
- Sportlich inaktiv: 37.5%

[274] Die Hauptquelle der Inputdaten zu diesem Thema ist eine vom Gesundheitsministerium im Jahr 2014 durchgeführt Erhebung (EHIS: European Health Interview Survey) zu «Obésité, Nutrition, Activité physique». Diese Erhebung wurde gemeinsam mit dem LIH (Luxembourg Institute of Health) durchgeführt.

Für den Sport wird wie in der Schweiz eine durchschnittliche Intensität von 5.9 METs angenommen. Weiter wird unterstellt, dass sportlich Aktive wöchentlich 4.4h Sport treiben, und teilaktive 1.9h.

Aufgrund der viel geringeren Auswirkungen der aktiven Mobilität bei der aktiven Bevölkerung (siehe Abbildung 20-4) wirkt sich in erster Linie die aktive Mobilität bei sonst Inaktiven vermindernd auf die Gesundheitsrisiken aus.

Abbildung 20-4: Effekt der Aktivität im Langsamverkehr auf die Sterblichkeit gemäss Belastungs-Wirkungs-Beziehung, abhängig vom Aktivitätsniveau im Sport



20.3.4 Weitere benötigte Inputdaten

Für die Berechnung der Gesundheitsnutzen werden zudem einige der Grundlagedaten benötigt, die in Kapitel 7 beschrieben wurden:

- Zur Bestimmung der gewonnenen Lebens- und Erwerbsjahre werden folgende Daten aus Luxemburg verwendet:
  - Bevölkerung und Erwerbstätige nach 1-Jahres-Altersklassen und Geschlecht
  - Sterbetafeln nach 1-Jahres-Altersklassen und Geschlecht
  - Aufteilung der Todesfälle nach 1-Jahres-Altersklassen und Geschlecht (alle Todesfälle und Todesfälle durch Gewalt, Unfall und Suizid)
- Anzahl Spitaleintritte und Kosten pro Spitalaufenthalt für die sechs Krankheitsbilder aus Luxemburg

Zudem werden noch die folgenden Daten in den Berechnungen verwendet:

- Die Versicherungsleistungen werden von den Unfällen (vgl. Kapitel 21) übernommen. Aufgrund fehlender Datengrundlagen mussten die Versicherungsleistungen aus der Schweiz auf Luxemburg übertragen werden (mit der Kaufkraftparität und dem Nominallohnwachstum). Daraus ergaben sich folgende Kostensätze:
  - 173'000 € für nicht bzw. später bezogene Hinterlassenenrenten (Waisen, Witwen- und Witwerrenten) pro verhinderten Todesfall bei Erwachsenen (18-65 Jahre)
  - Für das Neuauftreten einer Demenz im Alter von
    - 10 Jahren: 500'000 € für eine volle Invalidenrente (Kapitalwert[275])
    - 30 Jahren: 311’000 € für eine volle Invalidenrente (Kapitalwert)
    - 60 Jahren: 67'000 € für eine volle Invalidenrente (Kapitalwert)
- Für die immateriellen Kosten eines Demenzfalles (nur für soziale Kosten relevant) wird das Ergebnis einer Schweizer Studie auf Luxemburg übertragen. Mit der Kaufkraftparität umgerechnet ergibt sich für 2016 ein Kostensatz von 54'450 € pro Demenz-Hospitalisierung.[276]
- Für die Hospitalisationen aufgrund der anderen 5 Krankheitsbilder wird ein immaterieller Kostensatz von 473 € pro Spitaltag verwendet (nur für soziale Kosten relevant). Dieser Wert beruht auf einer amerikanischen Studie und liegt zwischen den Werten zweier europäischer Studien.[277]

Mit all diesen Inputdaten wurden die sehr umfassenden Basisberechnungen für die Schweiz auf die luxemburgischen Daten adaptiert. Dabei wurden insbesondere die Berechnungen zur Ermittlung der gewonnenen Lebensjahre und der vermiedenen Spitaleintritte auf die Luxemburger Verhältnisse angepasst.

20.4 Ergebnisse

20.4.1 Kostensätze für die KNA

In der folgenden Abbildung werden die Ergebnisse dargestellt. Pro Personenkilometer ergeben sich externe Nutzen von 0.18 € im Fahrradverkehr und 0.11 € im Fussverkehr. Im Fahrradverkehr ist der Effekt grösser, weil die man sich auf dem Fahrrad üblicherweise mehr anstrengt (höhere Intensität der Bewegung). 71% dieser Nutzen sind auf nicht bezogene Hinterlassenenrenten zurückzuführen, 17% auf eingesparte medizinische Leistungen, 8% auf nicht anfallenden Nettoproduktionsausfall, 3% auf Wiederbesetzungskosten und 1% Invalidenrenten bei Demenzfällen.

Ein Grossteil der Nutzen durch die körperliche Aktivität ist jedoch intern. Deshalb fallen die sozialen Nutzen deutlich höher aus und betragen im Fahrradverkehr 3.35 € / pkm und im

[275] Die Invalidenrente wird über viele Jahre ausbezahlt. Die angegebenen Werte sind der Kapitalwert dieser Renten, d.h. die Zahlungen über viele Jahre werden mit dem Diskontsatz auf das Jahr des Neuauftretens der Demenz abgezinst.

[276] Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010, S. 501.

[277] Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010, S. 501-502 und 148.

Fussverkehr 1.71 € / pkm. Davon sind 95% auf den VOSL bzw. auf die gewonnenen Lebensjahre zurückzuführen.

Für die KNA ist jedoch wie erläutert nur der externe Nutzen relevant.

Abbildung 20-5: Kostensatz für externe und soziale Gesundheitsnutzen im Jahr 2016

	Aktive Mobilität		
	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Musk/El	Muskel	Muskel
€ / pkm externe Kosten	n.a.	0.18	0.11
€ / pkm soziale Kosten	n.a.	3.35	1.71

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit: Zunahme mit dem Reallohnwachstum, denn der Grossteil der Kosten hängt von den Hinterlassenenrenten ab, wobei wir davon ausgehen, dass diese mit dem Reallohnwachstum über die Zeit zunehmen. Die medizinischen Leistungen dürften auch weiter teurer werden und für Nettoproduktionsausfall und Wiederbesetzungskosten ist die Zunahme mit dem Reallohnwachstum ebenfalls sinnvoll.

20.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg

Im Folgenden werden als Input in die Transportrechnung die Gesamtkosten für das Land Luxemburg berechnet.

Die externen Nutzen durch die aktive Mobilität belaufen sich in Luxemburg im Jahr 2016 auf 44 Mio. €. Davon entfallen 10 Mio. € auf den Fahrradverkehr und 34 Mio. € auf den Fussverkehr.

Die sozialen Nutzen sind mit 706 Mio. € deutlich höher. Der Fahrradverkehr ist für 183 Mio. € verantwortlich und der Fussverkehr für die verbleibenden 522 Mio. €.

Abbildung 20-6: Externe und soziale Gesundheitsnutzen in Luxemburg im Jahr 2016

in Mio. €	**Personenverkehr**			**Gesamt-**
	Aktive Mobilität			**total**
	Ped25	Fahrrad	Fuss	
Antriesbsart	Musk/El	Muskel	Muskel	
€ / pkm externe Kosten	n.a.	9.96	34.39	44.35
€ / pkm soziale Kosten	n.a.	183.48	522.16	705.65

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Von den sozialen Nutzen fällt mit 94% der Grossteil intern an. Von den externen Nutzen profitiert zu 93.4% die Allgemeinheit und zu 6.6% der Staat. Der Staat erzielt Einsparungen bei der Subventionierung der Spitäler (37% der Spitalkosten in Luxemburg werden vom Staat getragen).

21 G6 Unfälle

21.1 Berechnungsgegenstand

Die Kosten, die durch Unfälle ausgelöst werden, umfassen

- Personenschäden,
- Sachschäden und
- Polizei- und Rechtsfolgekosten.

Die Personenschäden setzen sich aus medizinischen Heilungskosten, Wiederbesetzungskosten (Arbeitsplatz), Produktionsausfällen (da die Unfallopfer vorübergehend oder dauerhaft nicht als Arbeitskräfte eingesetzt werden können), immateriellen Kosten (Schmerz, Leid der Unfallopfer) sowie Administrativkosten von Versicherungen zusammen.

Die Sachschäden entstehen nach einem Unfall am Fahrzeug oder an der Infrastruktur. Die Polizei- und Rechtsfolgekosten beinhalten die Kosten für die Unfallaufnahme durch die Polizei und allfällige Gerichtsfälle. Neben den eigentlichen Sachschäden sowie den unmittelbaren Polizei- und Rechtsfolgekosten werden auch die administrativen Kosten der beteiligten Versicherungen separat berechnet.

Für alle drei Bestandteile werden zuerst die **sozialen Kosten**, also sämtliche anfallenden volkswirtschaftlichen Kosten ermittelt. Um die Kostenträger zu ermitteln, werden in einem zweiten Schritt auch die **externen Kosten** abgeleitet. Es handelt sich dabei um jenen Anteil der sozialen Kosten, die nicht vom Unfallverursacher, sondern vom Staat oder von der Allgemeinheit («Dritte») getragen werden (z.B. in Form erhöhter Spitaldefizite aus der Behandlung von Unfallopfern).

21.2 Grundlegende Berechnungsmethodik

Für die Berechnung der Unfallkosten in Luxemburg wird die bisher in der Schweiz verwendete Methodik übernommen. Soweit möglich und sinnvoll werden Luxemburger Daten eingesetzt.

Die Methodik wird in vier Bestandteilen beschrieben, welche die wichtigsten Inputdaten und Berechnungsschritte zeigen. Im Folgenden werden diese Bereiche differenziert betrachtet:

- Mengengerüst im Strassen- und Schienenverkehr (vgl. Abschnitt 21.2.1)
- Personenschäden (vgl. Abschnitt 21.2.2)
- Sachschäden (vgl. Abschnitt 21.2.3)
- Polizei- und Rechtsfolgekosten (vgl. Abschnitt 21.2.4)

21.2.1 Mengengerüst

Bei der Herleitung des Mengengerüsts (Anzahl Unfälle und Anzahl Opfer) sind folgende methodischen Aspekte relevant:

- **Verursacherprinzip**[278]**:** Für die Berechnung der externen Kosten steht die Frage im Zentrum, ob die Verursacher für die von ihnen verursachten Kosten aufkommen, oder ob sie bei der Allgemeinheit oder beim Nicht-Verursacher verbleiben. Das Mengengerüst muss deshalb im Verursacherprinzip (Anzahl Unfälle, verletzte und getötete Unfallopfer nach verursachender Fahrzeugkategorie) vorliegen. Meistens stellen die Unfallstatistiken das Geschehen nur im Monitoringprinzip dar, also in welchem Fahrzeug sich die Opfer eines Unfalls befunden haben.
- **Verletzungsschwere:** Die Kosten von Unfällen unterscheiden sich wesentlich nach der Schwere der erlittenen Verletzungen. Insbesondere die Unterscheidung zwischen Todesfällen sowie Schwer- und Leichtverletzten ist für die Höhe der Kosten massgebend. Die Aufteilung der verursachten Opfer nach Verletzungsschwere variiert je nach den am Unfall beteiligten Fahrzeugkategorien.
- **Dunkelziffer:** Die offiziellen Unfallstatistiken bilden oft nicht das gesamte Unfallgeschehen im Verkehr ab. Viele Unfälle (z.B. Selbstunfälle mit Sachschäden oder Bagatellunfälle) werden nicht der Polizei gemeldet. Dadurch entsteht eine sogenannte «**Dunkelziffer**», mit der die polizeilich registrierten Unfälle, Unfallopfer und Sachschäden multipliziert werden muss. Erst dann kann das gesamte Ausmass der Unfallkosten abgebildet werden. Die Dunkelziffer ist vor allem im Strassenverkehr relevant.

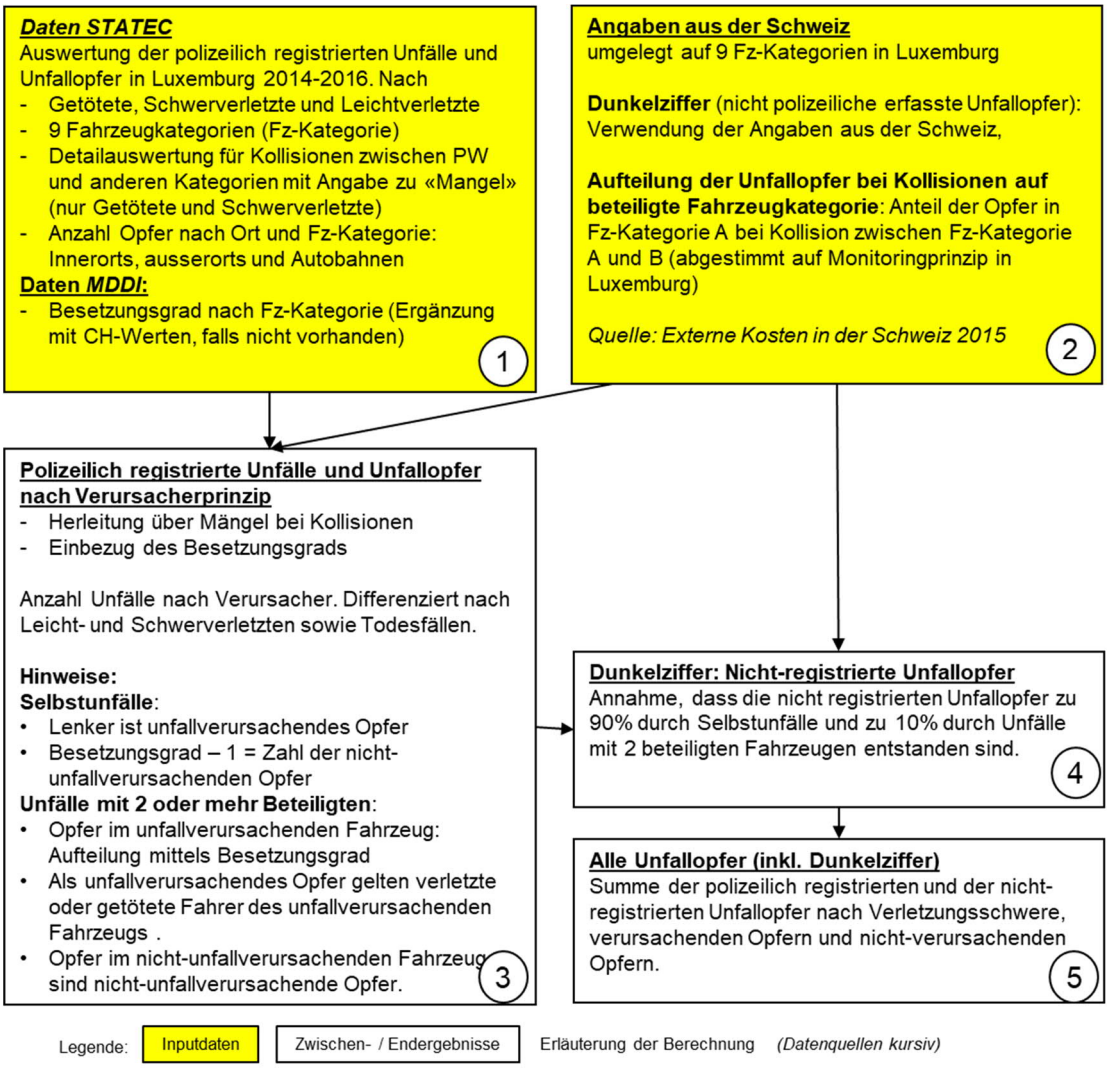
a) Strassenverkehr

Das Mengengerüst im Strassenverkehr setzt sich aus folgenden Bestandteilen zusammen (vgl. folgende Abbildung):

- **Anzahl Unfälle**: Polizeilich erfasste Anzahl Unfälle, differenziert nach Fahrzeugkategorie
- **Anzahl Unfallopfer**:
  - Polizeilich erfasste Angaben zur Anzahl Unfallopfer im Monitoringprinzip nach Verletzungsschwere (Getötete, Schwerverletzte und Leichtverletzte) sowie Anzahl Opfer differenziert nach Ort des Unfalls (innerorts, ausserorts, Autobahn)
  - Nicht polizeilich erfasste Unfallopfer im Strassenverkehr (sogenannte «Dunkelziffer»)
- **Verursacher**: Ob ein Opfer gleichzeitig Verursacher eines Unfalls ist, wird aus polizeilich erfassten Mängeln bei Kollisionen zwischen mehreren Fahrzeugkategorien, einer Zuteilung der Opfer auf die beteiligten Fahrzeugkategorien (in der Regel sind die Opfer im weniger gut «geschützten» Fahrzeug zu finden) sowie dem Besetzungsgrad der beteiligten Kategorien hergeleitet (nur der Lenker des verursachenden Fahrzeugs hat den Unfall verursacht). Es werden Selbstunfälle (es gibt kein zweites Fahrzeug) und Kollisionen mit zwei oder mehr Fahrzeugen unterschieden.

[278] Das Unfallgeschehen kann entweder nach dem Verursacher- oder nach dem Monitoringprinzip ausgewiesen werden: Gemäss dem Verursacherprinzip werden die Unfallfolgen jener Fahrzeugkategorie belastet, welche gemäss den statistischen Angaben für den Unfall verantwortlich ist. Es spielt dabei keine Rolle, bei welcher Fahrzeugkategorie die Unfallfolgen (Sachschäden, Opfer) tatsächlich anfallen. Beim Monitoringprinzip geht es um eine Abbildung des Unfallgeschehens. Auf eine Zuordnung der Unfälle anhand der Schuldfrage wird verzichtet. Aufgezeigt wird somit, in welcher Fahrzeug-Kategorie die Opfer unterwegs waren.

Abbildung 21-1: Berechnungsmethodik Verursacherprinzip und Dunkelziffer im Strassenverkehr



b) Schienenverkehr

Das Mengengerüst im Schienenverkehr setzt sich aus folgenden Bestandteilen zusammen:

- **Anzahl Unfälle**: Von Schienenunternehmen erfasste Unfallereignisse im Schienenverkehr während der Fahrt («Circulation des trains»), bei einem Rangiermanöver («Service de manoevres») sowie an Bahnübergängen («Passage à niveau»). Sie werden zur Berechnung der Sachschäden sowie der Polizei- und Rechtsfolgekosten benötigt. Ereignisse ohne Sachschäden gelten nicht als Unfälle, sie sind deshalb auszuschliessen.
- **Anzahl Unfallopfer**: Anzahl Getötete und Anzahl Verletzte (zwischen 2009 und 2017 gab es insgesamt 4 Todesfälle und 4 Verletzte bei Unfällen im Schienenverkehr). Sie werden für die Berechnung der Personenschäden benötigt. Nicht als Unfallopfer berücksichtigt wurden Suizide sowie Ereignisse, in welchen das Opfer unter Einfluss von Drogen oder Alkohol stand, da diese Ereignisse nicht der Definition eines Unfalls entsprechen.

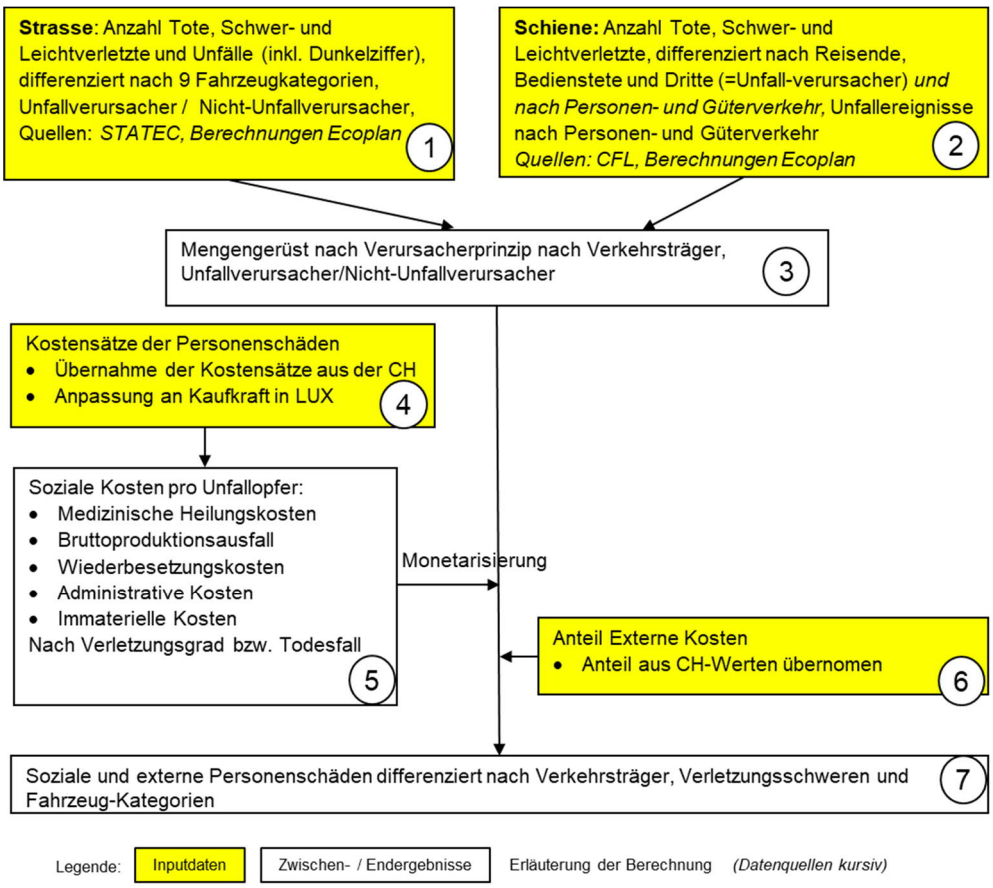
- **Verursacher**: Die Zuordnung der Opfer und Unfälle auf die Verursacher erfolgt soweit bekannt direkt anhand des Opfers oder anhand der obigen Aufteilung der Unfälle sowie gemäss den Verkehrsleistungen im Personen- und Güterverkehr.[279]

21.2.2 Personenschäden

Bei den Personenschäden unterscheiden wir die folgenden Kostenkategorien (vgl. auch folgende Abbildung):

- Die **medizinischen Heilungskosten** umfassen die Kosten des Ressourcenaufwands für Pflege und Wiedergenesung (stationäre und ambulante Behandlung, Arzneimittel und Analysen, ärztlich verordneten Nach- und Badekuren, Hilfsmittel und Gegenstände, welche der Heilung dienen).

Abbildung 21-2: Berechnungsmethodik Personenschäden auf Strasse und Schiene



[279] Die Unfälle im Schienenverkehr liegen im Monitoringprinzip vor. Sie müssen deshalb zunächst einem der drei möglichen Verursacher Personenverkehr, Güterverkehr oder Dritte zugewiesen werden. Für eine präzise Bestimmung werden hohe Anforderungen an die Daten gestellt, die in Luxemburg nicht vollständig erfüllt werden können. Es wird deshalb eine stark vereinfachte Zuteilung vorgenommen, die auf der Art des Unfalls (z.B.am Bahnübergang, bei fahrplanmässiger Fahrt oder bei Rangiermanövern), der Art des Opfers (Reisende im Schienenverkehr, Bedienstete von Schienenunternehmen bzw. Transportunternehmen oder Drittpersonen) sowie den gefahrenen Zugkilometern in Personen- und Güterverkehr basiert.

- Der **Produktionsausfall** entsteht infolge von dauerhafter oder vorübergehender Arbeitsunfähigkeit der Unfallopfer. Zur Bestimmung der sozialen Kosten wird der Bruttoproduktionsausfall ermittelt. Zu den externen Kosten zählt immer der Nettoproduktionsausfall (Bruttoproduktionsausfall abzüglich Eigenkonsum[280]), den die Allgemeinheit trägt.
- **Wiederbesetzungskosten** werden dadurch verursacht, dass bei einem dauerhaften Ausfall einer Arbeitskraft die Stelle neu besetzt werden muss.
- Die **immateriellen Kosten** umfassen die Kosten von Leid, Schmerz, Schock und den Verlust an Lebensfreude. Diese Kosten werden mit Hilfe von Zahlungsbereitschaften ermittelt.
- Zu den **administrativen Kosten** der Versicherungen bei Personenschäden zählen sämtliche Kosten für die Abwicklung der Unfälle (Prüfung des Versicherungsanspruchs, Auszahlung etc.).

Für unterschiedliche Verletzungsschweren ist mit unterschiedlichen Kostenfolgen zu rechnen.

a) Soziale Kostensätze

Für die Herleitung der Kostensätze haben wir unterschiedliche Vorgehensweisen, in Abhängigkeit der Datenverfügbarkeit gewählt. Dies zeigt die folgende Abbildung.

Abbildung 21-3: Herleitung der Kostensätze für soziale Personenschäden

Kostenbestandteil	Relevanz in der Schweiz	Verwendete Methodik
Medizinische Heilungskosten	Mittel	Anpassung der Kostensätze aus der Schweiz mittels Unterschieden in der Kaufkraft. Es können Luxemburger Zahlen für die Aufteilung auf die Kostenträger verwendet werden.
Wiederbesetzungskosten	Gering	Berechnung des Kostensatzes für Wiederbesetzungskosten anhand Luxemburger Daten (vgl. Kapitel 7.4.1).
Produktionsausfall	Mittel	Berechnung des Bruttoproduktionsausfalls mittels eines Kostensatzes für Luxemburg (vgl. Kapitel 7.4.3). Übernahme der Anzahl der Ausfalltage nach Verletzungsschwere aus der Schweiz.
Immaterielle Kosten	Hoch	Übernahme der internationalen Werte (VOSL, vgl. Kapitel 7.4.2). Übernahme der Abstufung nach Verletzungsschwere bzw. der Anzahl Ausfalltage aus der Schweiz.
Administrative Kosten	Gering	Anpassung der Kostensätze aus der Schweiz mittels Unterschieden in der Kaufkraft.

[280] Mit «Eigenkonsum» bezeichnen wir den mit der Produktionseinbusse einhergehende Verzicht auf Konsummöglichkeiten durch die Unfallopfer oder deren Angehörige.

- Die Definition der Verletzungsschweren «Leichtverletzte» und «Schwerverletzte» in Luxemburg entspricht der früheren Definition in der Schweiz.[281] Die Kostensätze aus der Schweiz können dank dieser Analogie im Grundsatz verwendet werden.
- Die immateriellen Kosten decken in der Schweiz rund 70-80% der Unfallkosten im Strassenverkehr ab und sind deshalb von hoher Relevanz. Die Kostensätze für die immateriellen Kosten beruhen auf internationalen Arbeiten, was eine spezifische Anpassung auf Luxemburg ermöglicht.[282] Für den überwiegenden Teil der Personenschäden liegen deshalb gesicherte Werte vor.

Für die Personenschäden wurden die folgenden Kostensätze für den Schienen- und Strassenverkehr verwendet:

Abbildung 21-4: Kostensätze für soziale Personenschäden in EUR pro Unfallopfer (2016)

EUR pro Unfallopfer	Medizinische Heilungskosten	Bruttoproduktionsausfall	Wiederbesetzungskosten	Administrative Kosten	Immaterielle Kosten	Total
Pro Todesfall	17'047	658'932	11'731	72'124	3'606'070	**4'365'904**
Pro Schwerverletzten	30'139	32'021	491	25'884	496'974	**585'509**
Pro Leichtverletzten	1'387	587	-	490	37'326	**39'789**

b) Externe Kostensätze

Für die Berechnung der externen Kosten wurden im Grundsatz die Schweizer Anteile der externen Kosten an den sozialen Kosten für Luxemburg übernommen. Für dieses pragmatische Vorgehen spricht, dass für die Kosten-Nutzen-Analyse nur die sozialen Kosten verwendet und benötigt werden. Für die Transportrechnung geben die externen Kosten vor allem Aufschluss zum Kostenträger, nicht aber zur Höhe der Kosten insgesamt.

21.2.3 Sachschäden

Die folgende Abbildung zeigt die verwendeten Kostensätze für die Sachschäden sowie die damit verbundenen administrativen Kosten (jeweils 35% der Sachschäden) pro polizeilich registrierten Unfall für den Strassenverkehr (links) und für den Schienenverkehr (rechts).[283]

[281] STATEC verwendet die folgende Definition der Verletzungsschweren: Getötete: Tod innerhalb von 30 Tagen nach dem Unfall, Schwerverletzte: Opfer, die mind. 24h stationär im Spital aufgenommen werden, Leichtverletzte: Opfer, die ambulant behandelt werden müssen.

[282] Für Todesfälle wird der für Luxemburg hergeleitete VLYL (value of life year lost) verwendet (vgl. Kapitel 7.4.2), für Verletzte ein Prozentsatz des VOSL (value of statistical life), der auf internationalen Studien beruht.

[283] Die sozialen Sachschäden beinhalten dabei alle von Versicherungen, vom Verursacher selbst sowie vom Staat getragenen Sachschäden. Die vom Staat getragenen Kosten betreffen vor allem Reparaturen von Schäden an der Strasseninfrastruktur, die vom Staat nicht dem Verursacher in Rechnung gestellt werden können.

Abbildung 21-5: Kostensätze für soziale Sachschäden im Strassen und Schienenverkehr in EUR pro registrierter Unfall (2016)

Strassenverkehr

EUR pro pol. reg. Unfall	Sachschäden	Administrative Kosten
Fahrrad	1'893	663
Mofa	5'582	1'954
Motorrad	4'867	1'703
PKW	20'263	7'092
Bus	76'781	26'873
Lieferwagen	35'256	12'340
Lastkraftwagen	11'432	4'001
Sonstige	20'893	7'313
Fußgänger	709	248
Durchschnitt pro Unfall	**20'893**	**7'313**

Schienenverkehr

EUR pro Unfall	Sachschäden	Administrative Kosten
Personenverkehr	35'644	12'475
Güterverkehr	47'241	16'534
Dritte	15'871	5'555
Durchschnitt	**35'387**	**12'385**

Die Sachschäden im Strassen- und Schienenverkehr werden in Luxemburg nicht statistisch erfasst. Zur Berechnung verwenden wir deshalb die Sachschäden pro Unfall nach Fahrzeugkategorie bzw. Verursacher aus der Schweiz. Diese Kostensätze beziehen sich auf einen polizeilich registrierten bzw. einen vom Bahnunternehmen gemeldeten Unfall und decken sowohl Schäden an der Infrastruktur, am Fahrzeug, an transportierten Gütern und bei Dritten ab. Die Kostensätze werden über Unterschiede in der Kaufkraft an die luxemburgischen Rahmenbedingungen angepasst. Der Anteil der externen Kosten wird ebenfalls aus den Schweizer Erkenntnissen übernommen.

21.2.4 Polizei- und Rechtsfolgekosten

Zu den Polizei- und Rechtsfolgekosten zählen die Kosten der Polizei (Personal-, Material- und Fahrzeugkosten für Unfallaufnahme, Verkehrsregelung, Rapporte und Zeugenbefragungen etc.) sowie die Kosten allfälliger Rechtstreitigkeiten (Gerichtskosten, Anwaltskosten, Kosten für Expertisen). Die administrativen Kosten, die daraus den Rechtsschutzversicherungen entstehen, werden separat ausgewiesen.

Zur Berechnung wurden die Polizei- und Rechtsfolgekosten pro Unfall in der Schweiz verwendet und über Unterschiede in der Kaufkraft der beiden Länder Luxemburg und Schweiz an die luxemburgischen Rahmenbedingungen angepasst. Diese Kostensätze beziehen sich auf einen polizeilich registrierten Unfall und sind weitgehend unabhängig von der Fahrzeugkategorie. Der Anteil der externen Kosten wird aus den Schweizer Erkenntnissen übernommen. Die folgende Abbildung zeigt die verwendeten Kostensätze.

Abbildung 21-6: Kostensätze soziale Polizei- und Rechtsfolgekosten sowie administrative Kosten in EUR pro Unfall im Strassen- und Schienenverkehr (2016)

EUR pro Unfall	Polizeikosten	Rechtsfolge-kosten	Administrative Kosten
Kostensatz pro Unfall	705	4'340	529

21.3 Verwendete Datengrundlagen zum Mengengerüst

21.3.1 Strassenverkehr

In Luxemburg werden nur die **Unfälle mit Personenschäden** auf öffentlichen Strassen von der Polizei statistisch erfasst und von STATEC ausgewertet.[284] Nicht in den Statistiken von STATEC enthalten sind Unfälle, die nur zu Sachschäden geführt haben.

a) Monitoringprinzip

Die Berechnungen für Luxemburg beruhen im Strassenverkehr auf Unfalldaten von STATEC (Spezialauswertung) für die Jahre 2014, 2015 und 2016 für neun Fahrzeugkategorien. Die Verteilung der Unfallopfer auf die Fahrzeugkategorien nach dem Monitoringprinzip ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Auf der linken Seite (1. Spalte) ist die Fahrzeugkategorie aufgeführt, in der sich die angegebenen Unfallopfer befanden.

Abbildung 21-7: Unfallopfer nach dem Monitoringprinzip (Durchschnitt 2014-2016)

	Getötete	Schwer-verletzte	Leicht-verletzte
Fahrrad	0.3	16	41
Mofa	-	8	22
Motorrad	6	61	80
PKW	20	129	647
Bus	-	3	30
Lieferwagen	2	4	37
Lastkraftwagen	0.3	3	7
Sonstige	-	2	6
Fußgänger	6	45	118
Total	**34**	**271**	**988**

Hinweis: Es handelt sich um Durchschnittswerte über 3 Jahre, weshalb es zu Rundungsdifferenzen kommen kann.

[284] Vgl. STATEC (2014), REGARDS | 04 sur les accidents de la route impliquant des motocyclistes. Luxembourg.

Die Verteilung der Opfer auf den Ort des Unfalls lässt sich aus der folgenden Abbildung entnehmen.

Abbildung 21-8: Aufteilung der Opfer auf den Ort[285] des Unfalls (Durchschnitt 2014-2016)

Fahrzeug-kategorie	Anteil Opfer innerorts	Anteil Opfer ausserorts	Anteil Opfer Autobahnen
Fahrrad	74%	26%	0%
Mofa	82%	18%	0%
Motorrad	46%	49%	6%
PKW	45%	44%	11%
Bus	71%	27%	2%
Lieferwagen	29%	55%	15%
Lastkraftwagen	23%	17%	60%
Sonstige	58%	42%	0%
Fußgänger	94%	6%	0%[286]
Total	**54%**	**38%**	**8%**

Hinweis: Werte über 60% sind dunkelgrau markiert. Orte mit sehr wenig Opfern (≤ 10%) sind grün markiert. Übrige Orte mit grössten Anteilen der Opfer (40% bis 60%) sind hellbraun hinterlegt.

b) Verursacherprinzip und Dunkelziffer

Die folgende Abbildung zeigt das Unfallgeschehen in Luxemburg nach dem Verursacherprinzip für die polizeilich erfassten Unfälle ohne (links) und mit nicht gemeldeten Unfallopfern (inkl. Dunkelziffer, rechts). Ganz links bzw. in der ersten Spalte der Abbildung ist die verursachende Fahrzeugkategorie aufgeführt.

Die Dunkelziffer bzw. die Zahl der nicht polizeilich erfassten Unfälle ergibt sich beispielsweise:

- aus nicht der Polizei gemeldeten Selbstunfällen[287],
- aus Verletzungen, die erst nach Aufnahme des polizeilichen Unfallprotokolls erkannt werden (z.B. spät hervortretende kleine Verletzungen oder Traumata)
- aus Leichtverletzten, die eigentlich als Schwerverletzte eingestuft werden müssten[288]

[285] In der Auswertung der Unfallstatistik durch STATEC wird zwischen Strassen innerorts, ausserorts und Autobahnen unterschieden. Bei «ausserorts» sind auch Unfälle auf Feldwegen und Fahrradwegen ausserorts zusammengefasst. Bei «innerorts» sind Unfälle auf Strassen innerorts, öffentlichen Plätzen, Parkhäusern, Bürgersteigen und Fahrradwegen innerorts enthalten.

[286] In der Auswertung der Unfallstatistik durch STATEC wurden in den Jahren 2014-2016 insgesamt 5 Fussgänger ausgewiesen, die auf Autobahnen verunfallt sind. Da für die Fussgänger auf Autobahnen keine Grundlagen zu den zurückgelegten Personenkilometern verfügbar sind (Betreten von Autobahnen ist nicht erlaubt), werden diese Unfallopfer den Strassen «ausserorts» zugewiesen.

[287] Es wird wie in der Schweiz angenommen, dass 90% der nicht gemeldeten Unfälle Selbstunfälle sind.

[288] Dies kann u.a. dazu führen, dass die Dunkelziffer bei Schwerverletzten höher ist als bei Leichtverletzten.

- aus Unfällen mit mehreren Beteiligten, die zwischen den Beteiligten geregelt und deshalb nicht der Polizei gemeldet wurden.

Abbildung 21-9: Anzahl verursachte Opfer pro Fahrzeugkategorie (Durchschnitt 2014-2016) im Verursacherprinzip: Polizeilich registrierte Unfallopfer ohne (links) und mit Dunkelziffer (rechts)

Polizeilich registrierte Unfallopfer				Alle Unfallopfer inkl. Dunkelziffer			
	Getötete	Schwerverletzte	Leichtverletzte		Getötete	Schwerverletzte	Leichtverletzte
Fahrrad	0.3	10	27	**Fahrrad**	0.3	84	259
Mofa	-	6	16	**Mofa**	-	17	67
Motorrad	4	49	61	**Motorrad**	4	122	198
PKW	23	172	748	**PKW**	23	372	1'616
Bus	0	5	33	**Bus**	0.0	8	43
Lieferwagen	3	7	47	**Lieferwagen**	3	12	69
Lastkraftwagen	2.5	7	13	**Lastkraftwagen**	2	12	20
Sonstige	0	1	4	**Sonstige**	0.2	8	22
Fußgänger	2	15	38	**Fußgänger**	2	131	348
Total	**34**	**271**	**988**	**Total**	**34**	**766**	**2'642**

Die folgende Abbildung zeigt die verwendeten Faktoren, mit denen die polizeilich registrierten Unfallopfer (im Monitoringprinzip) multipliziert wurden. Es wird wie in der Schweiz angenommen, dass es sich bei den zusätzlichen Unfallopfern zu 90% um Selbstunfälle handelt.

Am grössten ist die Dunkelziffer bei den Fahrradfahrenden, bei Mofas und «Sonstigen». Bei Leichtverletzten ist zudem die Zahl der nicht gemeldeten Unfallopfer über alle Fahrzeugkategorien betrachtet deutlich höher als bei Schwerverletzten.

Abbildung 21-10: Verwendete Dunkelziffer im Strassenverkehr (Faktoren)[289]

	Getötete	Schwer-verletzte	Leicht-verletzte
Fahrrad	1	6.3	11.4
Mofa	1	2.5	3.2
Motorrad	1	2.5	3.2
PKW	1	3.6	2.0
Bus	1	3.5	2.0
Lieferwagen	1	3.1	3.1
Lastkraftwagen	1	3.1	3.1
Sonstige	1	3.7	3.6
Fußgänger	1	2.8	2.7
Total	**1**	**3.4**	**2.4**

Quelle: Eigene Berechnungen Ecoplan auf Basis einer Auswertung durch bfu (2013) und Unfalldaten von ASTRA (2010) für die Schweiz

21.3.2 Schienenverkehr

Die CFL hat Daten zu Art und Anzahl der Zwischenfälle[290] und Unfälle für 2014, 2015 und 2016 bereitgestellt, sowie eine Auflistung der schwerverletzten und getöteten Personen zwischen 2009 bis 2017.[291] Für den Schienenverkehr liegen daher folgende Angaben vor:

- Anzahl Unfallereignisse im Schienenverkehr für 3 Jahre (2014 bis 2016) mit Aufteilung auf «Circulation des trains», «Service des manoevres» und «Passage à niveau»
- Anzahl Verletzte und Getötete im Schienenverkehr für den Zeitraum 2009 bis 2017 mit bekannter Aufteilung auf Reisende, Bedienstete und Dritte (Unbefugte)
- Angaben zu Sachschäden liegen im Schienenverkehr nicht vor.

Insgesamt wurden im Zeitraum 2009-2017 im Schienenverkehr 8 Unfallopfer gezählt. Davon wurden 4 verletzt und 4 getötet. Drei der vier Getöteten sind auf nicht ordnungsgemässes Betreten eines Bahnübergangs oder auf Unfälle im Bahnhof (Bahnsteig) zurückzuführen und können deshalb nicht dem Schienenverkehr als Verursacher angelastet werden (Zuordnung auf Verursacher «Dritte»).

---

[289] Die Dunkelziffer wurde im Rahmen der Berechnung der Unfallkosten in der Schweiz im Jahr 2010 aus einem Vergleich von Zahlen der Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu) zum Unfallgeschehen bei Nicht-Berufsunfällen und der polizeilichen Statistik der Verkehrsunfälle des Bundesamts für Strassen (ASTRA) abgeleitet. Vgl. hierzu auch bfu (2014), SINUS-Report 2013.

[290] Quelle: Die Anzahl der Zwischenfälle an Bahnübergängen (ohne Personenschaden) für die Jahr 2014-2016 wurde von den CFL in der «Statistique Sécurité Ferroviaire» per Mail am 11.12.2017 übermittelt.

[291] Quelle: Mail von CFL an Christophe Reuter am 11.1.2018. 2017 gab es einen Schwerverletzten und 1 Toten (Lokführer), 2013 2 Tote, davon 2 auf Bahnübergängen und 2011 einen Verletzten.

Abbildung 21-11: Anzahl Unfallopfer pro Jahr (Durchschnitt 2009-2017) und Zuordnung auf die Verursacher

Unfallopfer	Mittelwert pro Jahr (2009-2017)	Zuordnung Opfer	Zuordnung Verursacher
Reisende			
Getötete	-	NUV	Personenverkehr
Verletzte	-	NUV	Personenverkehr
Bedienstete			
Getötete	**0.11**	NUV	Gemäss Anteil Zugskilometer im Personen- und Güterverkehr
Verletzte	**0.11**	NUV	
Dritte (Unbefugte)			
Getötete	**0.33**	UV	Dritte
Verletzte	**0.33**	UV	Dritte

Es gibt aber jedes Jahr Unfallereignisse[292], die zu Sachschäden an Infrastruktur, transportiertem Material oder Fahrzeugen führen. Diese sind nachfolgend dargestellt. Die Verursacher dieser Unfallereignisse sind nicht bekannt, weshalb dafür Annahmen getroffen werden müssen.

Abbildung 21-12: Anzahl Unfallereignisse im Schienenverkehr und Aufteilung auf die Verursacher (Durchschnitt 2014-2016)

Anzahl Ereignisse	Ereignisse pro Jahr (2014-2016)	Annahme Anteil Verursacher «Dritte»	Zuordnung Rest auf Verursacher
Curculation des trains	38	0%	Gemäss Anteil Zugskilometer im Personen- und Güterverkehr
Service de manoevre (Rangierverkehr)	13	0%	100% Güterverkehr
Passage à niveau	66	80%	Gemäss Anteil Zugskilometer im Personen- und Güterverkehr
Total	**117**		

Im Schienenverkehr ist die Wahrscheinlichkeit deutlich kleiner, dass Unfälle nicht erfasst werden, da Unfälle meist zu Störungen im Zugsverkehr führen und vom Betreiber erkannt werden können. Es wird daher von einer Dunkelziffer von 0 (Faktor 1) ausgegangen.

[292] Als Unfall zählen Ereignisse, die zu einem Sachschaden geführt haben. Wir gehen davon aus, dass sämtliche erfassten Ereignisse auch einen Sachschaden verursacht haben, ansonsten wären sie in der Statistik nicht ausgewiesen. Die Kosten für Sachschäden selbst werden von der CFL nicht erfasst.

21.4 Ergebnisse

21.4.1 Kostensätze für die KNA

a) Strassenverkehr

Aus der folgenden Abbildung lassen sich die **Kostensätze pro km Verkehrsleistung** ablesen. Sie basieren auf den Unfällen der Jahre 2014 bis 2016. Sie sind differenziert nach Fahrzeugkategorien und nach Ort des Unfalls ausgewiesen. Die Kosten pro Kilometer sind insbesondere beim Motorrad, beim Fahrrad, beim Mofa und beim Fussverkehr hoch. Die durchschnittlichen Kosten über alle Kategorien (Spalte ganz rechts unten) fallen innerorts am höchsten aus und sind deutlich höher als auf Autobahnen.

Abbildung 21-13: Kostensatz für Unfallkosten im Strassenverkehr im Jahr 2016 in € pro Fahrzeugkilometer

	Personenverkehr										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Alle Orte	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.087	1.783	0.430	0.998	0.998	0.324
Innerorts	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073	0.072	5.442	0.591	0.830	0.830	0.321
Ausserorts	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.196	1.390	0.189	2.340	2.340	0.369
Autobahn	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.073	0.446	-	-	-	-

	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr					Alle
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF	Kategorien
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel	
Alle Orte	0.087	0.087	0.087	0.087	0.030	0.030	0.030	0.030	0.054	**0.085**
Innerorts	0.072	0.072	0.072	0.072	0.028	0.028	0.028	0.028	0.041	**0.120**
Ausserorts	0.196	0.196	0.196	0.196	0.046	0.046	0.046	0.046	0.036	**0.104**
Autobahn	0.073	0.073	0.073	0.073	0.015	0.015	0.015	0.015	0.075	**0.024**

Neben den Kostensätzen pro Kilometer werden nachfolgend auch die **Kosten pro beobachtete polizeilich registrierte Unfallopfer** nach Verletzungsschwere sowie pro polizeilich registrierten Unfall ausgewiesen. Die Kostensätze sind dabei umso höher, je höher die Dunkelziffer (Zahl der nicht polizeilich erfassten Unfallopfer und Unfälle) ist und je höher der Anteil der verursachten Unfälle / Unfallopfer für jede Kategorie ist. Bei den Getöteten (1. Zeile) sind die Kosten unabhängig von der verursachenden Kategorie, da es keine Dunkelziffer gibt.

In der praktischen Anwendung im MOBIMPACT-Tool muss je nach verfügbaren Datengrundlagen ein anderer Kostensatz gewählt werden:

- Verkehrsleistung: Verwenden der Kostensätze pro Fzkm oben in Abbildung 21-13
- Anzahl der Opfer nach Verletzungsschwere: Verwenden der unten aufgeführten Kostensätze pro polizeilich registriertes Unfallopfer (obere drei Zeilen)

- Anzahl Unfälle (im Monitoringprinzip): Verwenden der Kostensätze pro polizeilich registriertes Unfallereignis (in der 4. Zeile unten)

Es darf nur einer der drei Ansätze verwendet werden, da es sonst zu Mehrfachzählungen kommt. Es ist also jeweils die verlässlichste Datengrundlage zu verwenden.

Abbildung 21-14: Kostensätze für Unfallkosten im Strassenverkehr pro polizeilich registriertes Unfallopfer und pro registrierter Unfall in Mio. € pro Opfer oder Unfall im Jahr 2016

	Personenverkehr										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Pro getötete Person	4.366	4.366	4.366	4.366	4.366	4.366	4.366	4.366	4.366	4.366	4.366
Pro schwerverletzte Person	1.693	1.693	1.693	1.693	1.693	1.563	1.171	1.265	3.017	3.017	1.706
Pro leichtverletzte Person	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.057	0.099	0.120	0.251	0.251	0.117
Pro Unfallereignis	0.605	0.605	0.605	0.605	0.605	0.394	1.026	0.657	1.845	1.845	1.228

	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr					Alle
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF	Kategorien
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel	
Pro getötete Person	4.366	4.366	4.366	4.366	4.366	4.366	4.366	4.366	4.366	**4.366**
Pro schwerverletzte Person	1.563	1.563	1.563	1.563	1.708	1.708	1.708	1.708	2.267	**1.656**
Pro leichtverletzte Person	0.057	0.057	0.057	0.057	0.074	0.074	0.074	0.074	0.117	**0.106**
Pro Unfallereignis	0.394	0.394	0.394	0.394	0.598	0.598	0.598	0.598	0.758	**0.745**

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit: Reallohnwachstum hoch 0.8 – da der Grossteil der Kosten immaterielle Kosten sind (85%) und der VOSL mit dem Reallohnwachstum hoch 0.8 zunimmt (vgl. Kapitel 7.4.2).

Zudem ist zu berücksichtigen, dass die Unfallrate (= Anzahl Unfälle pro Fzkm) im Strassenverkehr über die Zeit abnimmt. Basierend auf der Trendentwicklung der letzten 15 Jahre in Luxemburg (Daten STATEC) gehen wir von -1.5% pro Jahr aus. Es erfolgt eine Sensitivität mit 0% und -3%.

b) Schienenverkehr

Die folgende Abbildung zeigt die ermittelten Kostensätze für Unfälle im Schienenverkehr pro gefahrenen Zugkilometer im Personen- und Güterverkehr. Im Güterverkehr sind die durchschnittlichen Kosten deutlich höher, da die entstandenen Sachschäden auf deutlich weniger Verkehrsleistung entfallen und weil die Unfälle im Rangierverkehr dem Güterverkehr zugeschrieben werden. Auf einen Ausweis der Kostensätze pro Unfallopfer oder pro Unfallereignis wird verzichtet, da die Unfallkosten im Schienenverkehr immer über die Zugkm bestimmt werden.

Abbildung 21-15 Kostensatz für Unfallkosten im Schienenverkehr im Jahr 2016

	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	**Total**
Kostensatz pro Zugkm	0.38	1.92	0.50

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit: Reallohnwachstum hoch 0.8. Im Schienenverkehr wird keine Veränderung der Unfallrate über die Zeit unterstellt, weil sie im Vergleich zum Strassenverkehr bereits heute tief ist und es unvorsichtig wäre, von der generellen Einführung des ETCS (European Train Control System) ab 2020 zu erwarten, dass jegliche Unfälle auszuschliessen wären.

21.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg

Im Folgenden werden als Input in die Transportrechnung die gesamten Unfallkosten für das Land Luxemburg im Jahr 2016 berechnet. Die Berechnung basiert nicht auf den Kostensätzen pro Kilometer, sondern auf den tatsächlichen Unfallzahlen und Opfern im Jahr 2016.

a) Strassenverkehr

Die gesamten Unfallkosten im Strassenverkehr beliefen sich im Jahr 2016 auf rund 650 Mio. €. Den grössten Anteil daran haben die Personenwagen mit etwa 52%. Auf die Kategorie Fussgänger entfällt rund 16%, auf das das Kategorienpaar Motorrad / Mofa rund 15% und auf die Fahrräder / Ped25 etwa 12% und der Unfallkosten.

Abbildung 21-16: Unfallkosten in Luxemburg im Strassenverkehr im Jahr 2016

in Mio. €	**Personenverkehr**										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Kosten in Mio. €	75.0	261.5	0.2	2.1	338.8	0.3	88.4	7.6	8.7	70.9	107.3

in Mio. €	**Öffentlicher Personenverkehr**				**Güterverkehr**					**Gesamttotal**
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF	
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel	
Kosten in Mio. €	4.1	-	4.1	-	0.2	13.1	0.0	13.3	9.8	649.1

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Von den gesamten Unfallkosten im Strassenverkehr werden etwa 93.1% von den Unfallopfern selbst getragen und sind deshalb intern. Die verbleibenden 6.9% verteilen sich auf den (übrigen) Staat (1.75%) sowie auf die Allgemeinheit (5.15%). Ausschlaggebend für diese klare Verteilung sind die immateriellen Kosten, die den

grössten Anteil der sozialen Kosten ausmachen (85%) und von den Unfallopfern selbst getragen werden und daher intern sind.

b) Schienenverkehr

Im Vergleich zum Strassenverkehr spielt das Unfallgeschehen im Schienenverkehr in Luxemburg eine untergeordnete Rolle. 2016 gab es in Luxemburg keine Getöteten oder Verletzten im Schienenverkehr. Es wurden 123 Unfallereignisse mit Zügen in Fahrt, beim Rangieren oder bei Bahnübergängen gezählt. Der Sachschaden für diese Unfallereignisse wird auf rund 3.9 Mio. € geschätzt.

Abbildung 21-17 Unfallkosten in Luxemburg im Schienenverkehr im Jahr 2016

	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	**Total**
Kosten in Mio. €	2.68	1.24	**3.92**

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Auch im Schienenverkehr ist der überwiegende Teil der Kosten intern (93.8%). Die verbleibenden Kosten werden vom (übrigen) Staat (3.4%) oder von der Allgemeinheit (2.8%) getragen.

22 U1 Luftbelastung

22.1 Berechnungsgegenstand

Die durch den Verkehr verursachte Luftbelastung führt zu Kosten an Gesundheit (Krankheits- und Todesfälle), Gebäuden (Renovations- und Reinigungskosten) und Vegetation (Ernteausfälle, Waldschäden, Bodenschäden, Biodiversitätsverluste). Zudem wird auch die Belastung aufgrund der Bauphase miteinbezogen (Bauemissionen).

22.2 Grundlegende Berechnungsmethodik

Der Grossteil der Schäden aus der Luftverschmutzung entfällt auf die Gesundheitskosten. Die Kosten durch Gebäudeschäden, Ernteausfälle, Waldschäden, Biodiversitätsverluste und Bodenschäden[293] sind im Vergleich dazu klein.[294] Deshalb erfolgt die Quantifizierung all dieser kleineren Effekte für Luxemburg nicht auf Basis einer detaillierten bottom-up-Berechnung, da dies sehr aufwändig wäre (viele benötigte Inputdaten, die teilweise schwer zu erheben sind). Stattdessen wird eine Abschätzung dieser Schäden anhand schweizerischer Kennzahlen zu den Kosten pro Tonne Schadstoff vorgenommen, die auf Luxemburg übertragen werden. Die Übernahme der Schweizer Zahlen hat den Vorteil, dass sie methodisch gleich hergeleitet sind wie die Gesundheitskosten der Luftbelastung.

Die nachstehende Abbildung konzentriert sich somit auf den methodischen Ansatz zur Ermittlung der luftverschmutzungsbedingten Gesundheitskosten: Da uns in Luxemburg keine Immissionsdaten zu Luftschadstoffen vorlagen, werden die verlorenen Lebensjahre (und die frühzeitigen Todesfälle) durch die Luftbelastung nicht neu berechnet, sondern aus einer Berechnung des EEA übernommen (Schritt 1 in der folgenden Abbildung).[295]

Aus der EEA-Studie liegt ausschliesslich die Summe der verlorenen Lebensjahre vor, ohne Angaben zu deren Verteilung (wenige Opfer mit vielen verlorenen Lebensjahren oder viele Opfer mit wenigen verlorenen Lebensjahren). Im Wissen, dass für die Bewertung der verlorenen Jahre der Zeitpunkt des Verlust von Bedeutung ist,[296] wird mangels besserer Datengrundlagen in Luxemburg das Verhältnis der diskontierten verlorenen Lebensjahre zur (nicht diskontierten) Summe der verlorenen Lebensjahre aus den Schweizer Berechnungen übernommen (2). Die Schweizer Berechnungen werden hierzu angepasst, damit der gleiche Diskontsatz

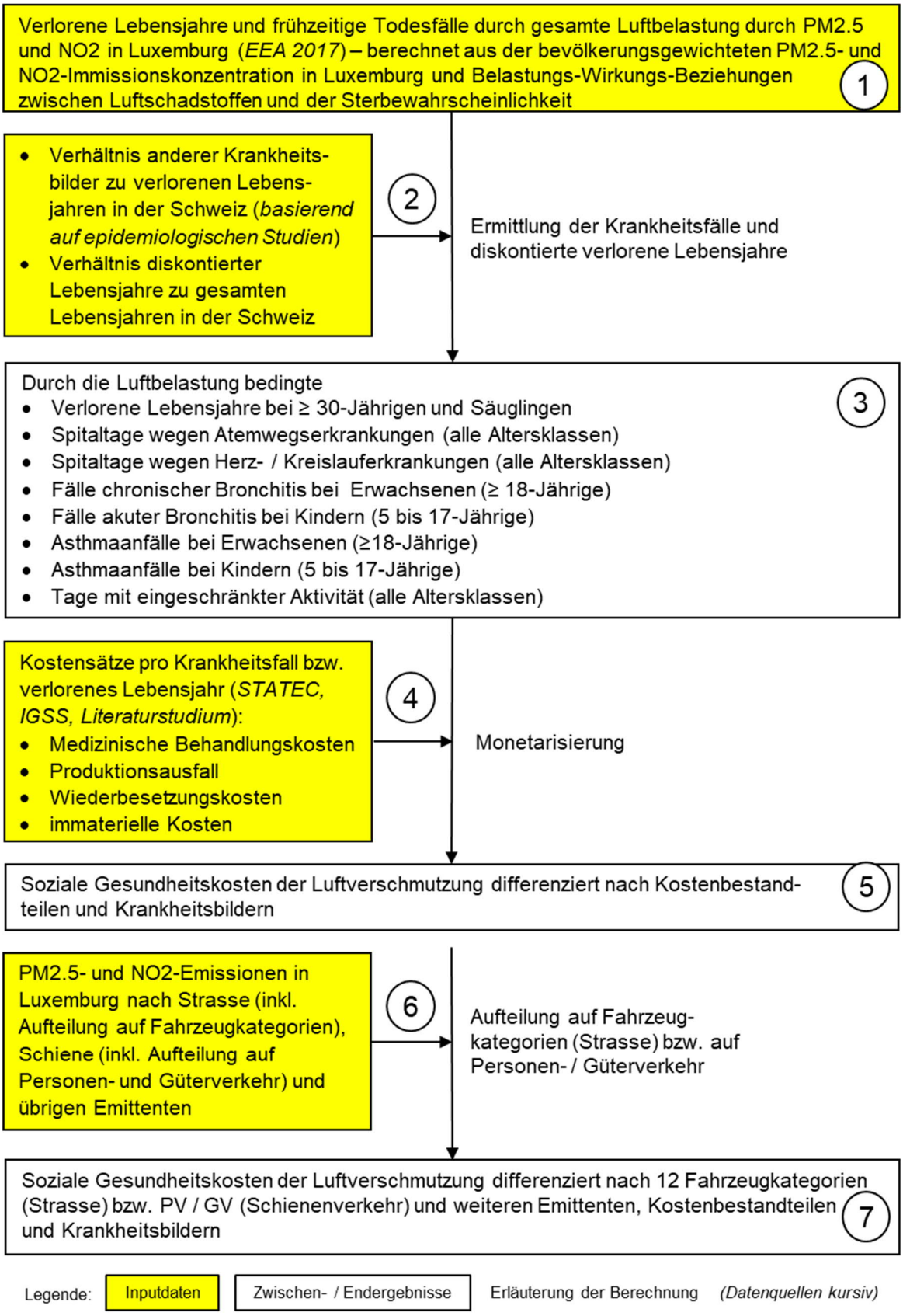
[293] Streng genommen gehören die Bodenschäden nicht zu den Schäden der Luftbelastung: Es handelt sich dabei um Bodenverschmutzungen entlang der Verkehrswege durch Schwermetalle (vgl. Ecoplan, Infras 2014, Externe Effekte des Verkehrs 2010, S. 353-365). Vereinfachend werden sie jedoch hier miteinbezogen, da sie ebenfalls über einen Kostensatz pro Tonne Schadstoff quantifiziert werden.

[294] Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010.

[295] EEA European Environmental Agency (2017), Air quality in Europe – 2017 report. Die Berechnung gilt für ganz Europa, enthält aber auch nach Ländern differenzierte Daten – somit auch Daten für Luxemburg.

[296] Verlorene Lebensjahre, die weit in der Zukunft liegen, fliessen bei der Diskontierung auf den heutigen Zeitpunkt mit einem geringeren Gewicht ein, als die unmittelbar in den nächsten Jahren verlorenen Lebensjahre.

Abbildung 22-1: Methodik zur Berechnung der Gesundheitskosten der Luftbelastung



verwendet wird wie in Luxemburg.[297] Als Ergebnis zeigt sich, dass der entsprechend Faktor bei 84.6% liegt. Entsprechend müssen die verlorenen Lebensjahre aus der EEA Studie mit diesem Faktor reduziert werden.[298] Mit einem einfachen Dreisatz werden auch die verlorenen Erwerbsjahre und die Todesfälle von Erwerbstätigen basierend auf den EEA-Ergebnis und den Schweizer Zahlen berechnet.

In der Schweiz werden sieben weitere (nicht-tödliche) Krankheitsbilder mitberücksichtigt (vgl. (3) in Abbildung 22-1). Diese machen in der Schweiz 16% der Gesundheitskosten durch die Luftbelastung aus. Dazu liegen uns aber in Luxemburg aufgrund der fehlenden Immissionsdaten keine Datengrundlagen vor. Deshalb übertragen wird das Verhältnis der Anzahl dieser sieben Krankheitsfälle zu den verlorenen Lebensjahren aus der Schweiz auf Luxemburg, um auch diese Krankheitsbilder mitberücksichtigen zu können. Dies geschieht auf der Ebene des Mengengerüstes (Anzahl Krankheitsfälle), damit die Krankheitsfälle dann mit den Luxemburg-spezifischen Kostensätzen bewertet werden können. Diese Bewertung erfolgt im Schritt (4), indem Kostensätze für medizinische Behandlungskosten, Produktionsausfall, Wiederbesetzungskosten und immaterielle Kosten verwendet werden. Daraus ergeben sich die sozialen Gesundheitskosten der Luftverschmutzung – differenziert nach verlorenen Lebensjahren und den sieben Krankheitsbildern sowie nach den verschiedenen Kostenbestandteilen (Schritt 5).

Schliesslich werden die Kosten mit den PM2.5- und NO2-Emissionen in Luxemburg auf die verschiedenen Verursacher der Schäden verteilt (Schritt 6 und 7). Dabei wird unterstellt, dass die Schäden in Luxemburg durch die Emissionen in Luxemburg verursacht werden. Dies ist in der Realität nicht in jedem Fall zutreffend, da Luftschadstoffe teilweise über grosse Distanzen verfrachtet werden bevor sie die Schäden verursachen. Das Vorgehen wird trotzdem – unter anderem auch in der Schweiz – angewendet und beruht auf der vereinfachenden Annahme, dass der Schadstoffimport dem Schadstoffexport entspricht. Eine genauere Berechnung wäre mit riesigen Datenanforderungen verbunden, um die Schäden im Ausland zu ermitteln.

22.3 Verwendete Datengrundlagen

22.3.1 Verlorene Lebensjahre, frühzeitige Todesfälle und Krankheitsfälle

Wie erläutert werden die verlorenen Lebensjahre und die frühzeitigen Todesfälle aus einer Studie der EEA[299] übernommen (vgl. folgende Abbildung). Die Zahlen gelten eigentlich für das Jahr 2014, können aber auch für das Jahr 2016 verwendet werden, da sich die

[297] Ausgehend von einem Diskontsatz von 2% und einem Reallohnwachstum von 0.5% resultiert ein Diskontfaktor von 1.0149 (= 1.02 / 1.005).

[298] 1.5 Prozentpunkte dieser Reduktion ist darauf zurückzuführen, dass gemäss unserem Kenntnisstand (aus der Schweiz) für die 1- bis 29-Jänrigen keine Studien vorliegen und damit kein Gesundheitseffekt nachgewiesen werden kann. Da in der EEA-Studie diese Einschränkung fehlt, wird gemäss dem at least Ansatz der Effekt auf die 1- bis 29-Jährigen ausgeschlossen.

[299] EEA European Environmental Agency (2017), Air quality in Europe – 2017 report, S. 57 und 59.

Immissionsmessungen in Luxemburg zwischen 2014 und 2016 kaum verändert haben.[300] Durch die PM2.5-Belastung sterben in Luxemburg 230 Personen frühzeitig, was zu 2'600 verlorenen Lebensjahren führt. Durch NO2 sterben 40 Personen frühzeitig, was zu 440 verlorenen Lebensjahren führt. Durch Ozon (O3) leben 10 Personen vorzeitig ab, was 80 verlorene Lebensjahre bewirkt.

Eine einfache Addition dieser Ergebnisse ist nicht zulässig, da die Immissionen von PM2.5 und NO2 (teilweise) stark korreliert sind und dies daher bei den NO2-Effekten zu einer Doppelzählung von bis zu 30% führen würde.[301] Deshalb werden für die weiteren Berechnungen zwar die vollständigen Effekte von PM2.5, aber nur 70% der Effekte von NO2 summiert. Zur Korrelation von PM2.5 (bzw. NO2) mit Ozon enthält die EEA-Studie keine Aussagen. Im Sinne des at least Ansatz verzichten wir auf eine Berücksichtigung der Ozon-Effekte (ist doch NOx eine wichtige Vorläufersubstanz von Ozon und daher die Gefahr von Doppelzählungen virulent). Gesamthaft ergeben sich somit in Luxemburg gut 2'900 verlorene Lebensjahre, die auf 258 frühzeitigen Todesfällen zurückzuführen sind.

Abbildung 22-2: Verlorene Lebensjahre und frühzeitige Todesfälle in Luxemburg

	PM2.5	NO2	O3	PM2.5 und 70% von NO2
Verlorene Lebensjahre	2'600	440	80	2'908
Frühzeitige Todesfälle	230	40	10	258

Wie oben beschrieben wird aus der Zahl der verlorenen Lebensjahre in Luxemburg und der Schweiz sowie der Zahl der Krankheitsfälle in der Schweiz mit einem einfachen Dreisatz die Zahl der Krankheitsfälle in Luxemburg abgeschätzt. Das Ergebnis wird in der folgenden Abbildung dargestellt.

Abbildung 22-3: Anzahl luftbelastungsbedingter Krankheitsfälle in Luxemburg 2016

Spitaleintritte wegen Herz-/Kreislauferkrankungen	95
Spitaltage wegen Herz-/Kreislauferkrankungen	832
Spitaleintritte wegen Atemwegserkrankungen	109
Spitaltage wegen Atemwegserkrankungen	756
Inzidenz von Bronchitis bei Erwachsenen (≥18 Jahre)	266
Prävelenz von Bronchitis bei Kindern (5-17 Jahre)	1'399
Asthmaanfälle Erwachsene (≥18 Jahre)	3'833
Tage mit Asthmasymptome bei Kindern (5-17 Jahre)	8'617
Tage mit eingeschränkter Aktivität (≥18 Jahre)	405'092
Tage mit Erwerbsausfall bei Arbeitenden (≥15 Jahre)	96'188

[300] Mail der «Administration de l'environnement, Unité Surveillance et évaluation de l'environnement» vom 18.1.2018.

[301] EEA European Environmental Agency (2017), Air quality in Europe – 2017 report, S. 56.

22.3.2 Kostensätze zur Bewertung der Gesundheitsschäden

Die medizinischen Heilungskosten der verschiedenen Krankheitsbilder werden in der folgenden Abbildung dargestellt. Die Bewertung der Spitaltage beruht dabei auf Luxemburger Daten der IGSS (vgl. Kapitel 7.5). Die übrigen Kosten werden aus der Schweiz übernommen und mit der Kaufkraftparität auf Luxemburg übertragen. Der im Vergleich zu den anderen Krankheitsbildern tiefe Kostensatz bei den Asthmaanfällen ist darauf zurückzuführen, dass in der Kostenangabe nur der Medikamentenkonsum enthalten ist.

Abbildung 22-4: Medizinische Heilungskosten pro Fall

	Kostensatz in €
Verlorenes Lebensjahr	-
Spitaltage wegen Atemwegserkrankungen	865
Spitaltage wegen Herzkreislauferkrankungen	1'169
Chronische Bronchitis bei Erwachsenen (≥18 Jahre)	4'994
Akute Bronchitis bei Kindern (5-17 Jahre)	40
Asthmaanfälle bei Erwachsenen (≥18 Jahre)	0.41
Asthmaanfälle bei Kindern (5-17 Jahre)	0.41
Tage mit eingeschränkter Aktivität (≥18 Jahre)	-

Der Produktionsausfall basiert auf den in Kapitel 7.4.3 hergeleiteten Kostensätzen (162 € / Tag bzw. 59’251 € / Jahr). Ebenso beruht die Zahl der Ausfalltage bei Spitaltagen auf Luxemburger Zahlen und auch der Anteil der Erwerbstätigen an den Hospitalisierten stammt aus Luxemburger Quellen (vgl. Kapitel 7.5). Bei der chronischen Bronchitis wird wie in der Schweiz davon ausgegangen, dass während den nächsten 15 Jahren jährlich ein Arbeitstag verloren geht.

Die Wiederbesetzungskosten beruhen ebenfalls auf Luxemburger Quellen (vgl. Kapitel 7.4.1).

Die Kostensätze für die immateriellen Kosten können aus internationalen Studien übernommen werden. Der VLYL (value of life year lost) von 145'000 € wurde bereits in Kapitel 7.4.2 eingeführt. Für Spitaltage werden immaterielle Kosten von 473 € verwendet (wie bei den Gesundheitsnutzen in Kapitel 20.3.4). Für chronische Bronchitis wird ein Wert von 67'000 € verwendet, der aus dem EU-Projekt HEIMTSA (2011) stammt und auf Luxemburg 2016 umgerechnet wurde (mit Kaufkraftparität und Nominallohnwachstum). Akute Bronchitis bei Kindern wird mit 204 € bewertet, Asthmaanfälle bei Erwachsenen und Kindern mit je 49 € und Tage mit eingeschränkter Aktivität mit 146 €.[302]

22.3.3 Emissionen von PM2.5 und NO2

Für die Aufteilung der berechneten Schäden für die gesamte Luftbelastung in Luxemburg auf die Verursacher wird von den Emissionen ausgegangen, bzw. vom jeweils pro Verursacher

[302] Ecoplan, Infras (2008), Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz, S. 160.

ausgestossenen Anteil. Für die Emissionen aus dem Strassen- und Schienenverkehr für PM2.5 und NO2 wurden Emissionsdaten aus Kapitel 7.2 verwendet. Die Emissionen für Industrie, Landwirtschaft, Energieproduktion, Haushalte und non-road machinery wurden dem Reporting von Luxemburg für die National Emission Ceilings Directive (NECD 2016/2284/EU) entnommen, hier ist die Datengrundlage das Jahr 2015.[303] Da für NO2 keine Gesamtemissionen in Luxemburg verfügbar sind, werden als Approximation die Emissionen von NOx verwendet, um den Anteil des Strassenverkehrs an den Gesamtemissionen zu bestimmen. Innerhalb des Strassenverkehrs wird dieser Anteil gemäss den bekannten NO2-Emissionen auf die einzelnen Fahrzeugkategorien verteilt.

Die folgende Abbildung zeigt im oberen Teil die zugrundgelegten Emissionen der verschiedenen Schadstoffe. Da es in der aktiven Mobilität keine Emissionen gibt, fehlt diese in der Abbildung. Im unteren Teil der Abbildung werden die sich ergebenden Kosten dargestellt. Gesamthaft belaufen sich die Gesundheitskosten der Luftbelastung in Luxemburg im Jahr 2016 auf gut 450 Mio. €. Davon sind 100 Mio. € vom Verkehr verursacht, wobei der Grossteil auf den Strassenverkehr entfällt (97 Mio. €) und nur 3 Mio.€ auf den Schienenverkehr. Innerhalb des Strassenverkehrs verursachen die PKW 67% der Kosten, die SNF 15%, die LNF 13% und die öffentlichen Busse 4%.

Abbildung 22-5: Schadstoffemissionen und Gesundheitsschäden in Luxemburg

	Strassenverkehr Personenverkehr											
	Motorisierter privater Personenverkehr								Öffentlicher Personenverkehr			
	PKW					RBus	MR	Mofa	Linienbus			Tram
	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Elektro
PM2.5-Emissionen in t / Jahr	28.37	109.49	0.07	0.76	-	0.72	1.03	1.55	10.06	-	-	-
NO2-Emissionen in t / Jahr	7.24	1'208.28	-	1.03	-	2.59	0.80	0.11	30.72	-	-	-
NOx-Emissionen in t / Jahr												
Gesundheitsschäden durch PM2.5 in Mio. €	10.28	39.68	0.03	0.27	50.26	0.26	0.37	0.56	3.65	-	3.65	-
Gesundheitsschäden durch NO2 in Mio. €	0.09	14.28	-	0.01	14.38	0.03	0.01	0.00	0.36	-	0.36	-
Gesundheitsschäden Total in Mio. €	**10.37**	**53.96**	**0.03**	**0.29**	**64.64**	**0.29**	**0.38**	**0.56**	**4.01**	**-**	**4.01**	**-**

	Strassenverkehr						**Schieneverkehr**			**Gesamttotal (inkl. Haushalt, Industrie, Landwirtschaft etc.)**
	Güterverkehr					**Total**	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	**Total**	
	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF					
	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel					
PM2.5-Emissionen in t / Jahr	0.30	28.71	0.00	-	35.77		2.95	5.74		1'114.35
NO2-Emissionen in t / Jahr	0.20	196.53	-	-	100.48	**1'548**	-	3.57		keine Daten
NOx-Emissionen in t / Jahr						**5'020**				13'122.65
Gesundheitsschäden durch PM2.5 in Mio. €	0.11	10.41	0.00	10.51	12.96	**78.58**	1.07	2.08	**3.15**	**403.81**
Gesundheitsschäden durch NO2 in Mio. €	0.00	2.32	-	2.33	1.19	**18.30**	-	0.04	**0.04**	**47.84**
Gesundheitsschäden Total in Mio. €	**0.11**	**12.73**	**0.00**	**12.84**	**14.15**	**96.88**	**1.07**	**2.12**	**3.19**	**451.64**

[303] ANNEX 1: National sector emissions: Main pollutants, particulate matter, heavy metals and persistent organic pollutants (31.03.2017, v3) , http://cdr.eionet.europa.eu/lu/eu/nec_revised (last access: 05/02/2018)

22.3.4 Herleitung des Kostensatzes pro Tonne Schadstoff

Aus den Datengrundlagen in Abbildung 22-5 lassen sich die Kosten pro Tonne Schadstoff ermitteln. Für PM2.5 ergibt sich ein Wert von 362'000 € pro Tonne und für NO2 11'822 € pro Tonne.

Aus der Schweiz ist bekannt, dass für die Bewertung der emittierten Schadstoffe zwischen lokalen und regionalen Schäden zu differenzieren ist:[304] Gewisse Schäden werden durch regionale Schadstoffe verursacht, die über weite Strecken transportiert werden, bevor sie einen Schaden auslösen. Die Schäden von lokalen Schadstoffen hingegen fallen in unmittelbarere Nähe des Emissionsortes an. Bei lokalen Schadstoffen wird deshalb zwischen Emissionen in bebautem und unbebautem Gebiet unterschieden. Unter Infrastrukturen in bebautem Gebiet werden Abschnitte mit Bebauung je 50m beidseits des Verkehrswegs verstanden. In der Praxis wird dies so umgesetzt, dass zwischen innerorts und ausserorts unterscheiden wird.

Die obigen Luxemburger Kostensätze werden deshalb mit den Ergebnissen aus der Schweiz[305] aufgeteilt – vgl. folgende Abbildung.[306] In der praktischen Bewertung mit dem MOBIMPACT-Tool ist wie folgt vorzugehen: Aus den Angaben zur Veränderung der Fzkm innerorts, ausserorts und auf der Autobahn werden die Schadstoffemissionen mittels der Emissionsfaktoren aus Kapitel 7.2 ermittelt. Die durch diese Emissionen verursachten Kosten sind wie folgt zu berechnen:

- Die Kostensätze der regionalen Schäden sind immer für alle Emissionen anzuwenden.
- Die Emissionen innerorts bzw. ausserorts werden mit den entsprechenden Kostensätzen für die lokalen Schäden multipliziert.[307]

Abbildung 22-6: Kosten pro Tonne Schadstoff

	Lokale Schäden		Regionale	Durschnittliche
	innerorts	ausserorts	Schäden	Gesamtschäden
PM10 Schweiz in CHF / t	345'000	46'000	260'000	446'000
PM2.5 Luxemburg in € / t	280'310	37'375	211'248	362'372
NO2 Luxemburg in € / t	9'145	1'219	6'892	11'822

Die Fzkm werden in einer KNA jeweils aus dem Verkehrsmodell direkt nach innerorts und ausserorts erhoben, so dass die Zuteilung auf der Hand liegt. Es gibt allerdings zwei Ausnahmen: die Fzkm auf Autobahnen und die Zugkm. Für deren Aufteilung nach innerorts und ausserorts verwenden wir approximativ jene Anteile von Autobahn- bzw. Schienenflächen, die innerhalb

[304] SN 641 828 (2009), Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr: Externe Kosten.

[305] SN 641 828 (2009), Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr: Externe Kosten, Tabelle 4.

[306] In der Schweiz werden die Gesundheitskosten über PM10 quantifiziert, in Luxemburg über PM2.5 und NO2. Dies hat aber auf die Aufteilung der Kosten auf lokale und regionale Schäden prinzipiell keinen Einfluss.

[307] Die Spalte «Durchschnittliche Gesamtschäden» wird also in der praktischen Anwendung nicht benötigt.

von 50m von Gebäuden liegen (GIS-Auswertung durch das MDDI). Es ergeben sich folgende Anteile:

- Autobahnen: 8.3% innerorts
- Schiene: 48.6% innerorts

22.3.5 Kostensätze für Gebäudeschäden, Ernteausfälle, Waldschäden, Biodiversitätsverluste und Bodenschäden

Die Kostensätze pro Tonne Schadstoffemissionen für Gebäudeschäden, Ernteausfälle, Waldschäden, Biodiversitätsverluste und Bodenschäden werden – wie in Kapitel 22.2 erläutert – aus der Schweiz übernommen und auf Luxemburg übertragen. Die folgende Abbildung zeigt die Kostensätze und deren Herleitung.[308] Einige Bemerkungen dazu:

- Gebäudeschäden entstehen durch höhere Renovations- und Reinigungskosten von Gebäudefassaden. Die Kostensätze liegen in der Schweiz pro Tonne PM10 vor und werden mit der Kaufkraftparität und dem luxemburgischen Baupreisindex auf Luxemburg übertragen. Schliesslich werden sie noch auf PM2.5 umgerechnet (mit den Gesamtemissionen von PM10 und PM2.5 in Luxemburg). Wie bei den Gesundheitsschäden werden auch bei den Gebäudeschäden die Kostensätze nach regionalen und lokalen Schäden differenziert und innerhalb der lokalen Schäden nach innerorts und ausserorts.
- Ernteausfälle und Waldschäden werden über NOx quantifiziert.[309] Der Kostensatz wird mit der Kaufkraftparität und dem Konsumentenpreisindex übertragen.
- Die Bodenqualität leidet entlang der Verkehrswege durch Ablagerungen von Schwermetallen wie Zink oder Kupfer. Um den unterschiedlichen Gegebenheiten im Strassen- und Schienenverkehr Rechnung zu tragen, werden je nach Verkehrsträger unterschiedliche Schadstoffe verwendet. Im Strassenverkehr wird die Schädigung der Bodenqualität über Zink monetarisiert. Der Kostensatz für Zink wird aus der SN 641 828 übernommen und mit der Kaufkraftparität und dem Konsumentenpreisindex auf Luxemburg übertragen. Im Schienenverkehr sind demgegenüber die Kupferemissionen höher und massgeblich verantwortlich für die Verschlechterung der Bodenqualität. Der Kostensatz für Kupfer wird aus den Berechnungen in Infras, Ecoplan (2018)[310] übernommen.
- Biodiversitätsverluste entstehen durch Eutrophierung (Überdüngung) und Versauerung der Böden und Gewässer. In der Schweiz basiert der verwendete Kostensatz auf dem EU-Projekt NEEDS.[311] Für Luxemburg stützen wir uns ebenfalls auf NEEDS ab: NEEDS liefert direkt einen Kostensatz für Luxemburg für das Jahr 2000, der mit dem Konsumentenpreisindex auf 2016 fortgeschrieben wird.

---

[308] Die meisten Kostensätze stammen aus der SN 641 828 und beziehen sich auf das Jahr 2005. Eine Überarbeitung der Norm mit neueren Datengrundlagen wird ab Juni 2018 erfolgen – zu spät für das vorliegende Projekt. Ausgenommen davon sind die Kostensätzen für die Biodiversitätsverluste und für Kupfer bei den Bodenschäden. Sie basieren auf dem Jahr 2015 und wurden entnommen aus Infras, Ecoplan (2018), Externe Effekte des Verkehrs 2015.

[309] Eigentlich sind Ernteausfälle und Waldschäden durch Ozon verursacht. In ländlichen Gebieten in der Schweiz ist die Ozonbildung aber durch NOx restringiert. So dass NOx als Leitschadstoff verwendet wird.

[310] Infras, Ecoplan (2018), Externe Effekte des Verkehrs 2015.

[311] NEEDS (2008), Report on the procedure and data to generate averaged/aggregated data.

Abbildung 22-7: Kostensätze für Gebäudeschäden, Ernteausfälle, Waldschäden, Biodiversitätsverluste und Bodenschäden pro Tonne Schadstoff

	Lokale Schäden		Regionale	Durschnittliche
	innerorts	ausserorts	Schäden	Gesamtschäden
Gebäudeschäden				
PM10 Schweiz in CHF / t 2005	84'000	11'000	21'000	66'000
PM10 Luxemburg in € / t 2016	60'640	7'941	15'160	47'646
PM2.5 Luxemburg in € / t 2016	**84'816**	**11'107**	**21'204**	**66'641**
Ernteausfälle und Waldschäden				
NOx Schweiz in CHF / t 2005			3'100	3'100
NOx Luxemburg in € / t 2016			**2'160**	**2'160**
Bodenqualität				
Zink Schweiz in CHF / t 2005	Strassenverekehr:		919'000	919'000
Zink Luxemburg in € / t 2016	**Strassenverekehr:**		**640'332**	**640'332**
Kupfer Schweiz in CHF / t 2015	Schienenverekehr:		862'000	862'000
Kupfer Luxemburg in € / t 2016	**Schienenverekehr:**		**611'125**	**611'125**
Biodiversitätsverluste				
NOx Luxemburg in € / t 2000			1'577	1'577
NOx Luxemburg in € / t 2016			**2'145**	**2'145**
NH3 Luxemburg in € / t 2000			6'753	6'753
NH3 Luxemburg in € / t 2016			**9'182**	**9'182**
SO2 Luxemburg in € / t 2000			555	555
SO2 Luxemburg in € / t 2016			**755**	**755**

Quelle: SN 641 828 (2009), ausser Kupfer: Infras, Ecoplan (2018), Externe Effekte des Verkehrs 2015 und Biodiversitätsverluste: NEEDS (2008), Report on the procedure and data to generate averaged/aggregated

22.3.6 Bauemissionen

In der Schweiz fliessen auch die PM10-Emissionen während der Bauphase in die Projektbewertung ein. Hintergrund hierfür ist, dass die Emissionen während der Projektrealisierung deutlich grösser sein können, als die nachfolgenden Veränderungen durch die verkehrlichen Effekte. Da in Luxemburg keine spezifischen Datengrundlagen für Schadstoffemissionen während der Bauphase vorliegen, wird der Schweizer Wert (Emissionsfaktor für Tonnen PM10 pro 1 Mio. CHF Investitionskosten) auf Luxemburg übertragen.

Der Schweizer Emissionsfaktor wurde bestimmt, indem für das Jahr 2005 die gesamten Emissionen durch den Bau (Staubemissionen (Aufwirbelung etc.), Baustellentransporte und Motoremissionen der Baumaschinen) durch das Investitionsvolumen im Bausektor dividiert wurden.[312] Gemäss SN 641 828 nehmen die Emissionen durch Baustellentransporte und Baumaschinenmotoren bis 2020 deutlich ab, während die Aufwirbelung konstant bleibt. Nach 2020 erfolgt die Abnahme nur noch sehr langsam (Abnahme Gesamtemissionen um 0.9% in 10 Jahren), so dass im Sinne einer Vereinfachung von einem konstanten Wert von 0.113 t PM10

[312] SN 641 828 (2009), Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. Externe Kosten.

/ 1 Mio. CHF ausgegangen werden kann. Unter Berücksichtigung der Bauteuerung[313] ergibt sich zu Preisen 2016 ein Emissionsfaktor von 0.0982 t PM10 pro 1 Mio. CHF Investitionskosten. Dieser Wert kann mit der Kaufkraftparität auf Luxemburg übertragen und auf PM2.5 umgerechnet werden[314], so dass pro Mio. € Investitionskosten ein Emissionsfaktor von 0.0988 t PM2.5 resultiert.

Dieser Emissionsfaktor ist im MOBIMPACT-Tool mit den Kostensätzen pro Tonne PM2.5 zu multiplizieren, wie sie für die Gesundheitskosten und die Gebäudeschäden ermittelt wurden. Dazu müssen die Bauemissionen für die Eingabe ins MOBIMPACT-Tool ebenfalls nach innerorts und ausserorts aufgeteilt werden, um die entsprechend differenzierten Kostensätze verwenden zu können (vgl. hierzu Abbildung 22-6 und Abbildung 22-7: Es sind jeweils die regionalen Schäden sowie die lokalen Schäden für inner- oder ausserorts zu addieren).

22.4 Ergebnisse

22.4.1 Kostensätze für die KNA

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Kostensätze für die verschiedenen Schadstoffe. Die Kostensätze gelten für den Strassen- und Schienenverkehr gleichermassen. Die höchsten Kosten pro emittierte Tonne Schadstoff ergeben sich bei den Bodenschäden durch Zink und Kupfer sowie bei den Gesundheitskosten durch PM2.5.

Abbildung 22-8: Kostensätze für Luftbelastung im Strassen- und Schienenverkehr im Jahr 2016

	Strassen- und Schienenverkehr
Lokale Gesundheitsschäden innerorts in € / t PM2.5	280'310
Lokale Gesundheitsschäden ausserorts in € / t PM2.5	37'375
Regionale Gesundheitsschäden in € / t PM2.5	211'248
Lokale Gesundheitsschäden innerorts in € / t NO2	9'145
Lokale Gesundheitsschäden ausserorts in € / t NO2	1'219
Regionale Gesundheitsschäden in € / t NO2	6'892
Lokale Gebäudeschäden innerorts in € / t PM2.5	84'816
Lokale Gebäudeschäden ausserorts in € / t PM2.5	11'107
Regionale Gebäudeschäden in € / t PM2.5	21'204
Ernteausfälle / Waldschäden / Biodiversitätsverluste in € / t NOx	4'305
Biodiversitätsverluste in € / t SO2	755
Biodiversitätsverluste in € / t NH3	9'182
Bodenschäden in € / t Zink	640'332
Bodenschäden in € / t Kupfer	611'125
Emissionen in Bauphase in t PM2.5 / Mio. €	0.0988

[313] Zwischen 2005 und 2016 belief sich die Bauteuerung in der Schweiz auf 15%.

[314] Für die Umrechnung des PM10-Emissionsfaktors in einen PM2.5-Emissionsfaktor wird wie bei den Gebäudeschäden vom Verhältnis der Gesamtemissionen zwischen PM10 und PM2.5 in Luxemburg ausgegangen.

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit:

- Gesundheitsschäden:
  - Reallohnwachstum hoch 0.8 – da der Grossteil der Kosten immaterielle Kosten sind (92%) und der VOSL mit dem Reallohnwachstum hoch 0.8 zunimmt (vgl. Kapitel 7.4.2).
  - Zunahme mit dem Bevölkerungswachstum, denn je mehr Menschen der Luftbelastung ausgesetzt sind, desto höher die Kosten.
- Gebäudeschäden: Zunahme mit dem Bevölkerungswachstum, denn je mehr Gebäude der Luftbelastung ausgesetzt sind, desto höher die Kosten. Dabei wird vereinfachend unterstellt, dass die Gebäude im Gleichschritt mit der Bevölkerung zunehmen.
- Ernteausfälle, Waldschäden, Biodiversitätsverluste, Bodenschäden: real konstant

22.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg

Im Folgenden werden als Input in die Transportrechnung die Gesamtkosten für das Land Luxemburg berechnet. Die Bauemissionen werden dabei wie in der Schweiz nicht berücksichtigt, da diese Emissionen im Indikator U11 «Vor und nachgelagerte Prozesse Infrastruktur» berücksichtigt werden.

a) Strassenverkehr

Im Strassenverkehr fallen durch die Luftbelastung insgesamt Kosten von 145 Mio. € an. Davon entfallen 67% oder 97 Mio. € auf die Gesundheitskosten. Weitere 10% oder 14.5 Mio. € sind auf Gebäudeschäden zurückzuführen und 7.9% bzw. 7.5% (oder ca. 11 Mio. €) je auf Biodiversitätsverluste, Bodenschäden sowie Ernteausfälle und Waldschäden.

Abbildung 22-9: Kosten der Luftbelastung in Luxemburg durch den Strassenverkehr im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Gesundheitskosten	10.37	53.96	0.03	0.29	64.64	0.29	0.38	0.56	-	-	-
Gebäudeschäden	1.89	7.30	0.00	0.05	9.24	0.05	0.07	0.10	-	-	-
Ernteausfälle und Waldschäden	0.31	7.27	-	0.01	7.59	0.04	0.03	0.00	-	-	-
Biodiversitätsverluste	0.86	7.27	-	0.02	8.16	0.04	0.04	0.01	-	-	-
Bodenschäden	1.37	4.77	0.00	0.04	6.18	0.05	0.02	n.a.	-	-	-
Total	14.80	80.57	0.03	0.40	95.81	0.47	0.54	0.68	-	-	-

in Mio. €	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr					Gesamttotal
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF	
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel	
Gesundheitskosten	4.01	-	4.01	-	0.11	12.73	0.00	12.84	14.15	96.88
Gebäudeschäden	0.67	-	0.67	-	0.02	1.91	0.00	1.93	2.38	14.45
Ernteausfälle und Waldschäden	0.46	-	0.46	-	0.01	1.22	-	1.23	1.49	10.84
Biodiversitätsverluste	0.46	-	0.46	-	0.01	1.22	-	1.23	1.49	11.41
Bodenschäden	1.16	-	1.16	-	0.01	0.67	0.00	0.68	3.32	11.41
Total	6.76	-	6.76	-	0.16	17.75	0.00	17.91	22.83	145.00

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger:

- Gesundheitskosten: 0.13% der Kosten entfallen auf den übrigen Staat, der höhere Spitalsubventionen bezahlen muss, der Rest auf die Allgemeinheit (99.87%).
- Alle übrigen Kosten werden zu 100% von der Allgemeinheit getragen.

b) Schienenverkehr

Im Schienenverkehr verursacht die Luftbelastung mit 4.8 Mio. € deutlich tiefere Kosten als im Strassenverkehr. Auf die Gesundheitskosten entfallen wiederum 67% oder 3.2 Mio. €. Im Schienenverkehr sind die Bodenschäden mit 17% oder 0.8 Mio. € am zweitbedeutendsten, gefolgt von den Gebäudeschäden mit 12% oder 0.6 Mio. € und den Biodiversitätsverlusten sowie Ernteausfällen und Waldschäden mit je 2% oder 0.1 Mio. €.

Abbildung 22-10 Kosten der Luftbelastung in Luxemburg durch den Schienenverkehr 2016

in Mio. €	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	Total
Gesundheitskosten	1.07	2.12	3.19
Gebäudeschäden	0.20	0.38	0.58
Ernteausfälle / Waldschäden	-	0.11	0.11
Biodiversitätsverluste	-	0.11	0.11
Bodenschäden	0.73	0.06	0.79
Total	**2.00**	**2.79**	**4.78**

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger:

- Gesundheitskosten: 0.13% der Kosten entfallen auf den übrigen Staat, der höhere Spitalsubventionen bezahlen muss, der Rest auf die Allgemeinheit (99.87%).
- Alle übrigen Kosten werden zu 100% von der Allgemeinheit getragen.

23 U2 Lärmbelastete Personen

23.1 Berechnungsgegenstand

Verkehr führt zu Lärmemissionen und als Folge des Lärms müssen einerseits belärmte Wohnungen entlang von Verkehrswegen zu einem weniger hohen Preis vermietet werden als vergleichbare Wohnungen an ruhiger Lage. Andererseits führt der Lärm zu Gesundheitsschäden (Bluthochdruck, ischämische Herzkrankheiten (mangelnde Versorgung mit Blut) und Schlaganfälle).

23.2 Grundlegende Berechnungsmethodik

23.2.1 Überblick

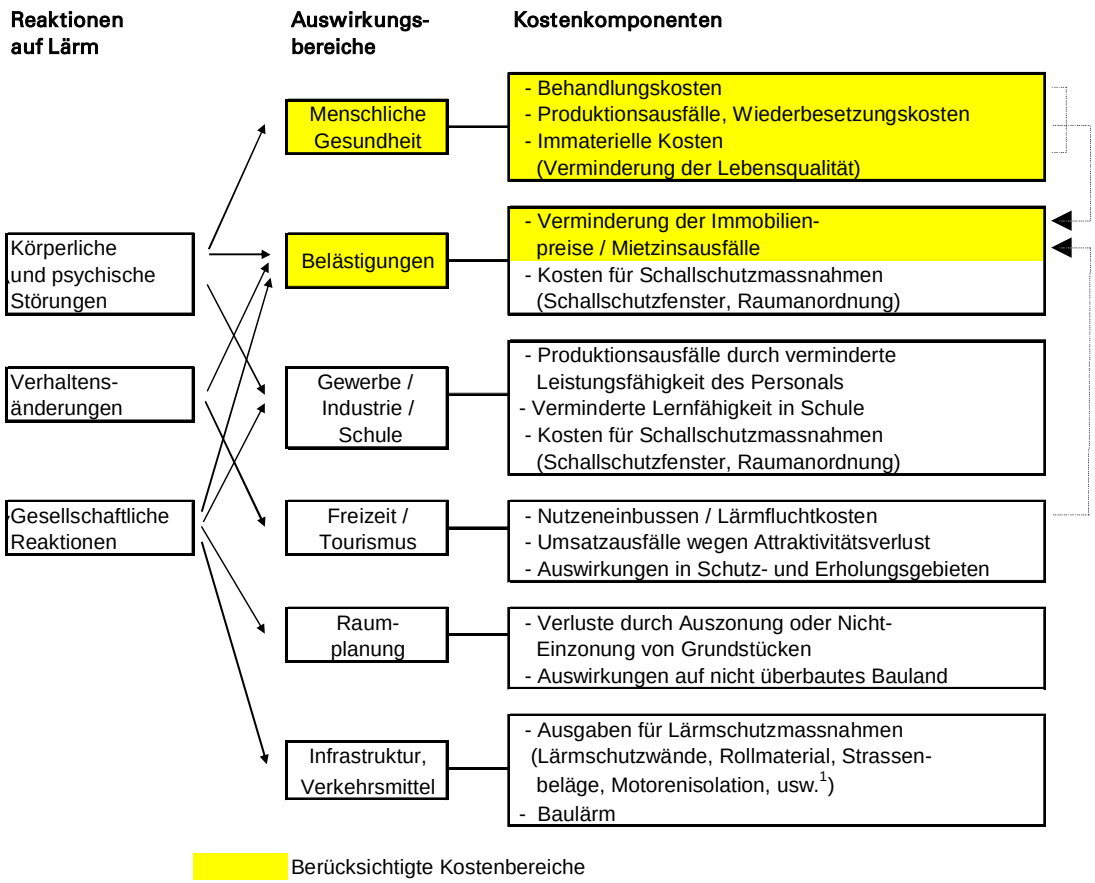
Lärm führt zu zahlreichen individuellen und gesellschaftlichen Störungen / Belästigungen. Diese Reaktionen verursachen meist volkswirtschaftliche Kosten. Einen Überblick über die Verhaltensmuster und davon betroffenen Auswirkungsbereiche ist in Abbildung 23-1 dargestellt. In den Berechnungen zu den Lärmkosten werden die beiden folgenden Kostenbereiche quantifiziert und monetarisiert:

- **Belästigungen**: Lärm wird von den Betroffenen zum Teil bewusst als störend oder belästigend wahrgenommen. So führen zum Beispiel einzelne Zugsdurchfahrten oder wegfahrende Autos zu Störungen von Aktivitäten und der Kommunikation, zu Unterbrüchen des Schlafs oder zu Störungen von Ruhe und Erholung. Die Kosten dieser Belästigungen werden oft über die Reduktion der Wohnungspreise von belärmten Wohnungen bewertet: Die grundsätzliche Überlegung dabei ist, dass Wohnungen mit einer Lärmbelastung weniger stark nachgefragt werden und daher auf dem Wohnungsmarkt einen geringeren Marktwert haben, als vergleichbare Wohnungen an ruhiger Wohnlage.[315]
- **Gesundheitsschäden** durch Lärmbelastung: Lärm kann nebst den beschriebenen bewussten Belästigungen bei den Betroffenen auch zu gesundheitlichen Problemen führen, insbesondere zu körperlichen und psychischen Krankheiten. Gesundheitliche Folgen ergeben sich dabei meist aufgrund von mittel- bis langfristig auftretenden Lärmbelastungen.

Weitere Kostenkomponenten (gemäss Abbildung 23-1) werden – wie international üblich –in den Kostenberechnungen nicht erfasst.

[315] Die Lärmkosten trägt dabei der Eigentümer der Liegenschaft, da die Mieter durch die tieferen Mietpreise für die Lärmexposition kompensiert werden.

Abbildung 23-1: Auswirkungen des Lärms und bisher ermittelte Kosten

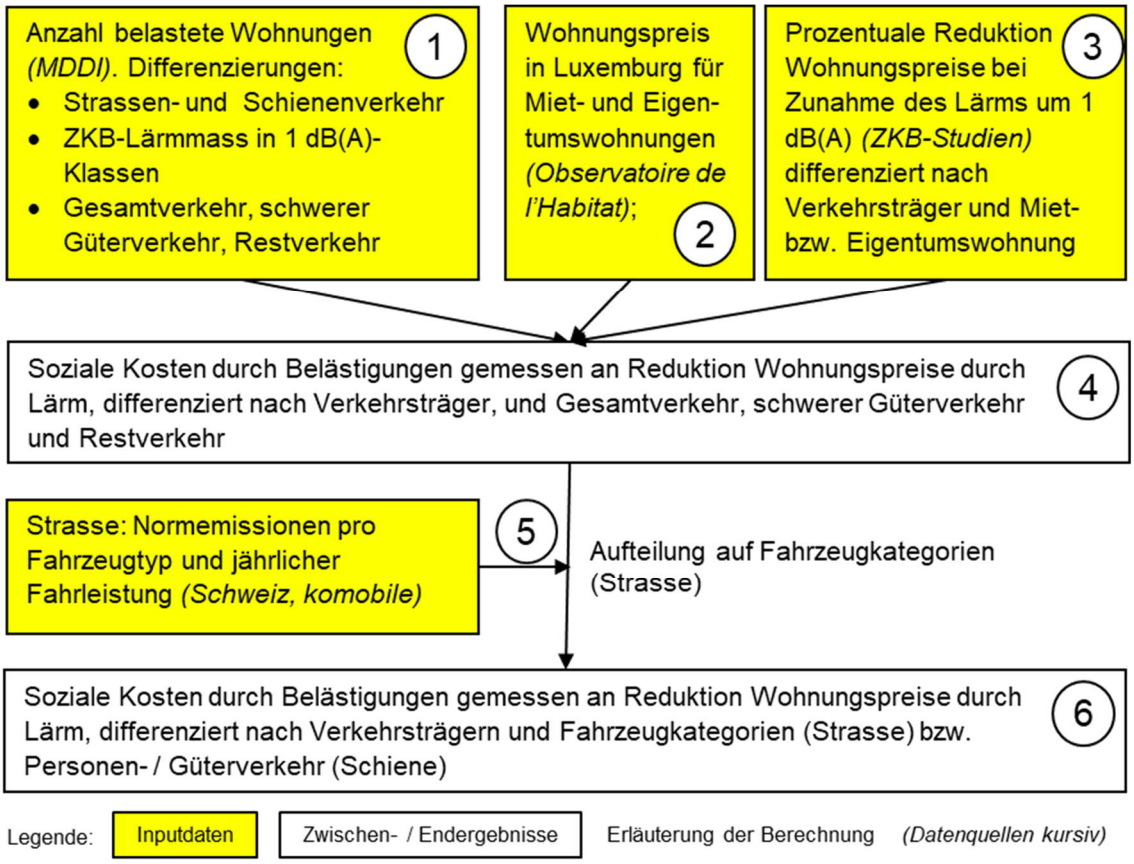


[1] Die Kosten an der Strasseninfrastruktur (Lärmschutzwände, Strassenbeläge) sind bei den Infratsrukturkosten enthalten, aber nicht einzeln ausgewiesen.

23.2.2 Bewertungsmethode für Belästigungen

Die verwendete Bewertungsmethodik wird in der folgenden Abbildung dargestellt: Aus den Lärmdaten (1), den Wohnungspreisen (2) und der Abnahme der Wohnungspreise pro dB(A) (3) werden die Kosten für Belästigung ermittelt (4). Mittels weiterer Inputdaten werden diese auf die Fahrzeugkategorien im Strassenverkehr (5) aufgeteilt. Daraus resultiert das Endresultat (6).

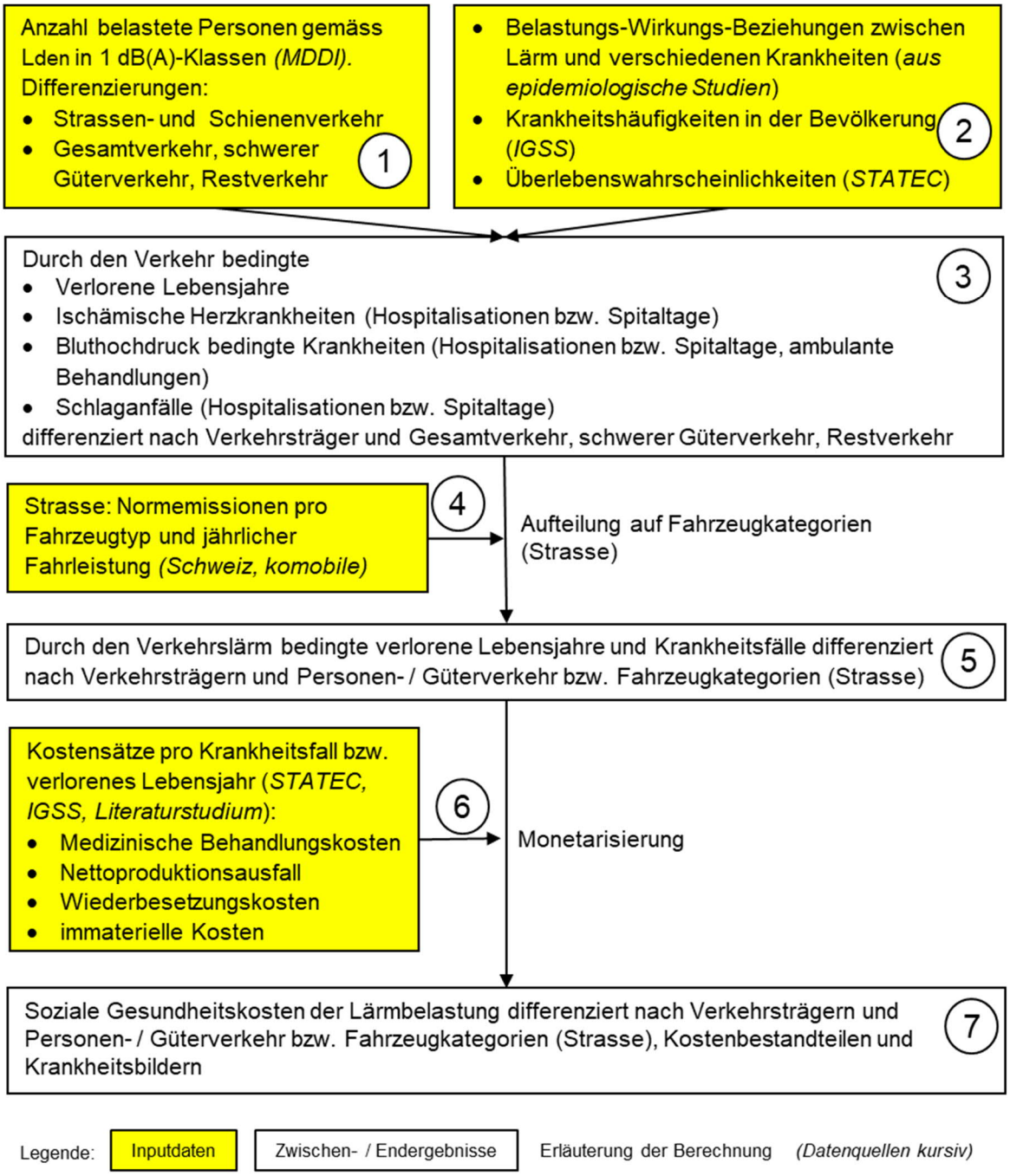
Abbildung 23-2: Bewertungsmethodik für Belästigungen durch Lärm: Reduktion der Wohnungspreise durch Lärmbelastung



23.2.3 Verwendete Bewertungsmethodik für Gesundheitskosten

Die folgende Abbildung zeigt das Vorgehen bei der Bewertung der Gesundheitskosten durch die Lärmbelastung: Grundlage bildet dieselbe Auswertung der Lärmdaten wie bei den Belästigungen (in Abbildung 23-2), wobei diesmal nicht nach Wohnungen, sondern nach Personen ausgewertet wird (Schritt 1 in der Abbildung 23-3). Zusammen mit dem aus epidemiologischen Studien bekannten Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und Krankheitshäufigkeiten bzw. der Sterblichkeit (2) können die verlorenen Lebensjahre sowie die Hospitalisationen für drei Krankheitsbilder bestimmt werden (3). Das Ergebnis wird mit derselben Methodik wie bei den Belästigungen (vgl. Abbildung 23-2) weiter auf die Fahrzeugkategorien aufgeteilt (4). Die Monetarisierung erfolgt analog zur Monetarisierung der Gesundheitskosten durch Luftbelastung (vgl. Schritt 4 in Abbildung 22-1) über verschiedene Kostensätze (6). Das Ergebnis entspricht den sozialen Gesundheitskosten der Lärmbelastung (7).

Abbildung 23-3: Bewertungsmethodik für Gesundheitskosten durch Lärm



23.3 Verwendete Datengrundlagen

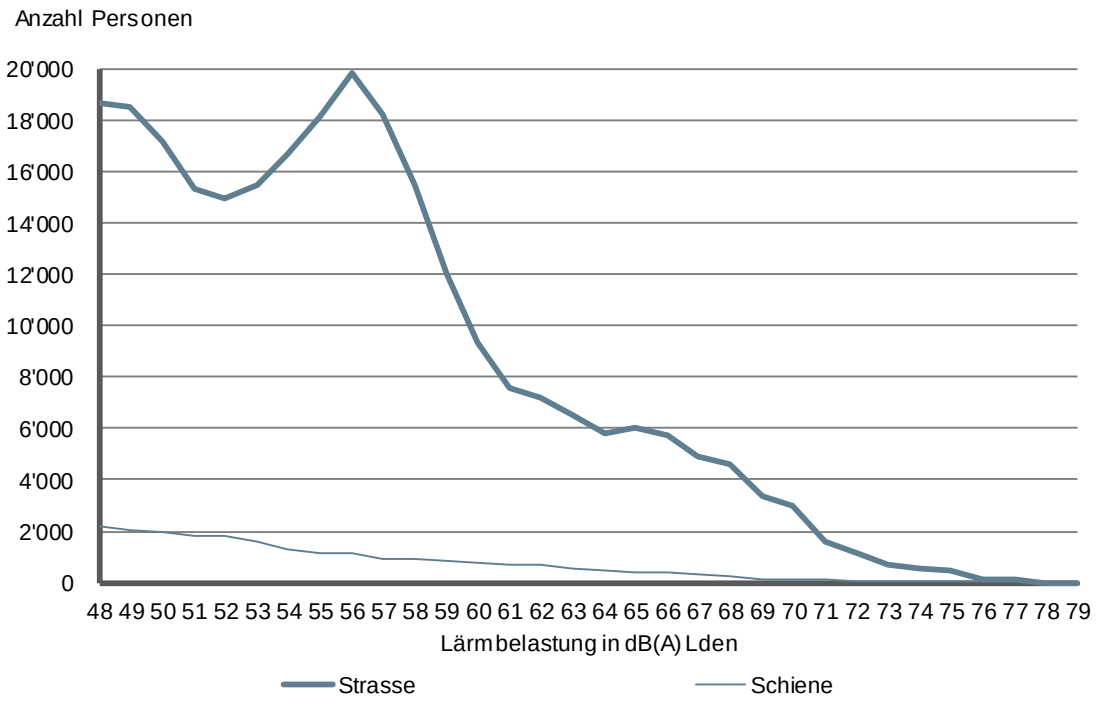
23.3.1 Lärmbelastete Personen und Wohnungen

Die Lärmdaten wurden mit dem Luxemburger Lärmmodell durch das MDDI ausgewertet und uns zur Verfügung gestellt. Dabei wurden die Anzahl der lärmbelasteten Personen bzw. Wohnungen differenziert nach 1 dB(A)-Lärmklassen erhoben, die für die Bewertung der Gesundheitskosten bzw. der Abnahme der Wohnungspreise benötigt werden.

In den Lärmberechnungen wurden innerhalb der Agglomeration Luxemburg alle Strassen berücksichtigt. Ausserhalb der Agglomeration Luxemburg wurden nur die Strassen mit mehr als 3 Mio. Bewegungen pro Jahr betrachtet (oder einem durchschnittlichen täglichen Verkehr DTV von mehr als 8'219 Fahrzeugen).

Die Lärmdaten zu den Personen werden mit dem Lärmmass L_{den} (day, evening, night)[316] erhoben und in Abbildung 23-4 dargestellt.[317] Knapp 270'000 Personen oder 46% der Bevölkerung werden mit Strassenlärm über 48 dB(A) beschallt. Vom Schienenlärm über 48 dB(A) betroffen sind hingegen nur knapp 23'000 Personen oder 3.9% der Bevölkerung. Durchschnittlich ist jede Person in Luxemburg einer Lärmbelastung durch den Strassenverkehr von 4.04 dB(A) über dem Schwellenwert von 48 dB(A) und 0.29 dB(A) durch den Schienenverkehr ausgesetzt.

Abbildung 23-4: Lärmbelastete Personen in Luxemburg 2016



Bei den lärmbelasteten Wohnungen wird das sogenannte ZKB-Lärmmass (ZKB = Zürcher Kantonalbank) verwendet. Es ist wie folgt definiert:

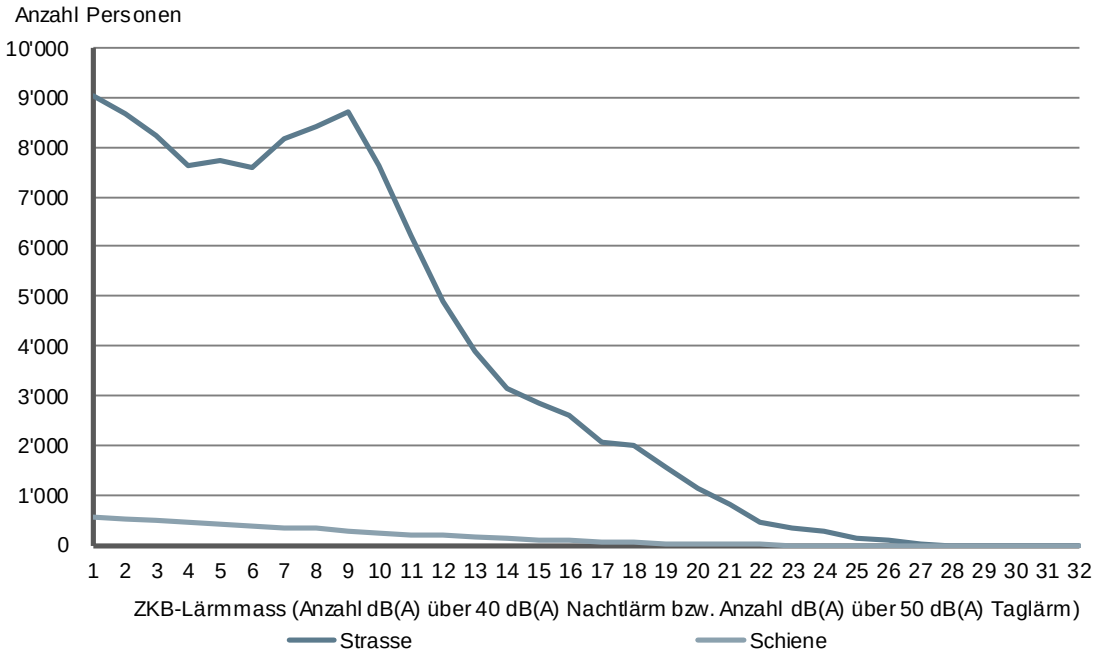
- Falls Nachtlärm über 40 dB(A), Anzahl Dezibel über 40 dB(A) Nachtlärm
- Falls Nachtlärm unter 40 dB(A), Anzahl dB(A) über 50 dB(A) Taglärm
- Falls Nachtlärm < 40 dB(A) und Taglärm < 50 dB(A), ist das Lärmmass Null.

[316] Im Lärmmass L_{den} wird der abendliche Lärm (18.00 – 22.00 Uhr) mit einem Zuschlag von 5 dB versehen und der nächtliche Lärm (22.00 − 6.00 Uhr) mit einem Zuschlag von 10 dB. Die Belastungs-Wirkungs-Beziehungen beruhen auf diesem Lärmmass.

[317] Die vom MDDI bereitgestellten Lärmdaten beruhen auf dem Bevölkerungsstand anfangs 2016. Sie wurden für die vorliegende Studie linear bis zum Bevölkerungsstand per Mitte 2016 (1.25% höher als zu Jahresbeginn) erhöht.

Dieses Lärmmass wurde in der ZKB-Lärmstudie[318] speziell entwickelt, weil der Zusammenhang zwischen Lärm und Wohnungspreisen mit diesem Lärmmass am besten abgebildet werden kann. Insgesamt werden gemäss den Auswertungen des MDDI gut 114'000 Wohnungen vom Strassenlärm beeinträchtigt (43% aller Wohnungen in Luxemburg), aber nur knapp 5'000 Wohnungen (1.9%) vom Schienenverkehr.

Abbildung 23-5: Lärmbelastete Wohnungen in Luxemburg 2016



Dieselben Auswertungen für Personen und Wohnungen wurden jeweils nicht nur für den gesamten Strassen- bzw. Schienenverkehr durchgeführt, sondern zusätzlich nur für schwere Nutzfahrzeuge bzw. nur für den Restverkehr (Strasse) sowie nur für den Personen- bzw. nur für den Güterverkehr (Schiene). Diese Angaben wurden verwendet, um die Lärmkosten entsprechend aufzuteilen:

- Es zeigt sich, dass bei den belasteten Personen im **Strassenverkehr** 50.3% des Lärms durch schwere Nutzfahrzeuge verursacht werden (und 49.7% durch den Restverkehr). Bei den belasteten Wohnungen ist der Anteil der schweren Nutzfahrzeuge mit 48.2% etwas geringer.
- Im **Schienenverkehr** ist der Personenverkehr für 51% der lärmbelasteten Personen verantwortlich, der Güterverkehr für 49%. Bei den lärmbelasteten Wohnungen verursacht hingegen der Güterverkehr 74% des Lärms und der Personenverkehr nur 26%. Dies dürfte auf die stärkere Gewichtung des Nachtlärms im ZKB-Lärmmass zurückzuführen sein, da der Personenverkehr in der Nacht weitgehend ruht, der Güterverkehr hingegen nicht.

[318] ZKB Zürcher Kantonalbank (2012), Wie Lage und Umweltqualität die Eigenheimpreise bestimmen.

Im Schienenverkehr genügt diese Differenzierung, im Strassenverkehr muss der Restverkehr aber noch auf die einzelnen Fahrzeugkategorien aufgeteilt werden.

23.3.2 Differenzierung Strassenverkehr nach Fahrzeugkategorien

Für die Aufteilung der Kosten des Strassenlärms auf die Fahrzeugkategorien können Daten zur Lärmemission durch verschiedene Fahrzeuge aus der Schweiz übernommen werden.[319]

Zu den Lärmemissionen von Elektro- und Hybrid-Pkw gibt es bisher wenig Untersuchungen. In Aussagen von Experten und in der Literatur überwiegt die Einschätzung, dass ab 35 km/h das Abrollgeräusch dominiert und sich daher kein signifikanter Lärmunterschied zu fossil betriebenen PKW feststellen lässt. Allerdings werden in einem Artikel im Magazin HZwei[320] durchaus hohe Lärmunterschiede zwischen e-PKW und herkömmlichen PKW beschrieben und auch in der persönlichen Wahrnehmung überwiegt der Eindruck, dass es hier Unterschiede gibt. Daher werden bei den Lärmemissionen eines e-PKW bzw. e-LNF 1.5 dB(A) weniger angesetzt als bei einem fossil betriebenen PKW bzw. LNF.

Für Hybrid-PKW wird der Wert für fossil betriebene PKW herangezogen, da diese aufgrund der zwei Motoren schwerer sind, was ein höheres Abrollgeräusch zur Folge hat, welches die positive Wirkung des e-Motors aufhebt.

23.3.3 Wohnungspreise

Es werden Wohnungspreise für Mietwohnungen und für Eigentumswohnungen benötigt, denn Eigentumswohnungen sind meist teurer und deren Bewohner meist lärmempfindlicher. Aufgrund der eher dürftigen Datenlage zu den Luxemburger Wohnungspreisen wird für Mietwohnungen der Mietpreis von Wohnungen von 1'049 € pro Monat verwendet, für Eigentumswohnungen hingegen der Mietpreis für Häuser von 1'622 € pro Monat. In Luxemburg beträgt die Eigentumsquote 69%.[321] Damit ergibt sich ein durchschnittlicher Wohnungspreis pro Monat von 1'444 €.

Es ist darauf hinzuweisen, dass hinter diesem Vorgehen die vereinfachende Annahme steckt, dass sich die Lärmbelastung «gleichmässig» auf Eigentums- und Mietwohnungen verteilt. Aufgrund der höheren Ansprüche dürften Eigentumswohnungen aber eher unterproportional mit Lärm belastet sein. Dann würde der durchschnittliche Wohnungspreis einer belärmten Wohnung tiefer ausfallen als 1'444 € / Monat. Da uns aber keine detaillierteren Datengrundlagen zur Verfügung stehen, können wir keine quantitativen Angaben zum Ausmass der potenziellen

[319] Infras, Ecoplan (2018) gehen von folgenden Werten aus (Lärm in 7.5m Distanz bei Vorbeifahrgeschwindigkeit 50 km/h): PKW, Mofa und Elektrobus 71 dB, Reisebus, ÖV-Bus und Motorrad 81.6 dB, leichte Nutzfahrzeuge und Tram 75.9 dB.

[320] Dudenhöffer (2013): Lärmemissionen von Elektrofahrzeugen, Experimente zur Geräuschwahrnehmung.

[321] Diese Daten stammen vom Observatoire de l'Habitat sowie vom „Luxembourg Institute of Socio-Economic Research".

Überschätzung machen. Weil die Mietwohnungsquote aber vergleichsweise klein ist, ist es nicht möglich, dass ausschliesslich Mietwohnungen vom Lärm betroffen sind.[322]

23.3.4 Abnahme Wohnungspreise

Die Abnahme der Wohnungspreise wird wie bereits erwähnt aus der ZKB-Studie übernommen, die auf einer sehr breiten Datenbasis beruht: In der ZKB-Studie (2012)[323] wurden 855'693 Mietwohnungen und 83'856 Eigentumswohnungen untersucht und die in der folgenden Abbildung dargestellten Resultate ermittelt. Für Stockwerkeigentum ist die Abnahme deutlich höher als für Mietwohnungen. Gewichtet mit der Eigentumsquote von 69% in Luxemburg ergibt sich somit eine Abnahme von 0.47% pro dB(A) im Strassenverkehr bzw. 0.40% im Schienenverkehr.

Abbildung 23-6: Abnahme der Wohnungspreise pro dB(A)

Verkehr	Lärmmass	Miet-wohnungen	Stockwerk-eigentum	Durchschnitt alle Wohnungen
Strassenverkehr	Nachtlärm > 40 dB(A) / Tageslärm > 50 dB(A)	0.21%	0.59%	0.47%
Schienenverkehr	Nachtlärm > 40 dB(A) / Tageslärm > 50 dB(A)	0.24%	0.47%	0.40%

Quelle: ZKB (2012), Wie Lage und Umweltqualität die Eigenheimpreise bestimmen, S. 9.

23.3.5 Belastungs-Wirkungs-Beziehungen Gesundheitskosten

Die Belastungs-Wirkungs-Beziehungen können aus internationalen Studien übernommen werden. Konkret werden die Metaanalysen in Ecoplan, Infras (2014)[324] verwendet, in denen mehrere internationale Studien zum Zusammenhang zwischen Lärm und drei verschiedenen Krankheitsbildern ausgewertet wurden. Die Ergebnisse der Metaanalyse zeigen, dass ab einem Schwellenwert von 48 dB(A) L_{den} bei einer Erhöhung der Lärmbelastung um 10 dB(A), das Risiko

- an ischämischen Herzkrankheiten zu erkranken, um 4.6% steigt
- an Bluthochdruck bedingten Krankheiten zu erkranken, um 7.6% steigt und
- an einen Schlaganfall zu erleiden, um 1.4% steigt.

[322] Es sind 43% aller Wohnungen mit Lärm belastet, es gibt aber nur 31% Mietwohnungen. Würde angenommen, dass alle Mietwohnungen vom Lärm betroffen sind, so würde sich der Durchschnittspreis eine belärmten Wohnung auf 1'117 € / Monat belaufen, also 23% weniger als oben berechnet. Tatsächlich wird es jedoch auch Mietwohnungen geben, die nicht vom Lärm betroffen sind, und entsprechend mehr belärmte Eigentumswohnungen, womit der tatsächliche Fehler wohl deutlich kleiner ist.

[323] ZKB Zürcher Kantonalbank (2012), Wie Lage und Umweltqualität die Eigenheimpreise bestimmen.

[324] Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010, S. 258-264.

23.3.6 Weitere benötigte Daten zur Quantifizierung der Gesundheitskosten

Für die Berechnung der Gesundheitskosten des Lärms werden zudem einige der Grundlagedaten benötigt, die in Kapitel 7 beschrieben wurden:

- Überlebenswahrscheinlichkeiten nach 1-Jahres-Altersklassen und Geschlecht in Luxemburg (vgl. Kapitel 7.6a)
- Anteil der Todesfälle nach Krankheitsbildern (vgl. Kapitel 7.6b)
- Bevölkerung und Anzahl Erwerbstätige im Jahr 2016 nach 1-Jahres-Altersklassen (vgl. Kapitel 7.3)
- Spitalkosten pro Spitaltag nach Krankheitsbild in Luxemburg (vgl. Abbildung 7-11)
- Anzahl Spitaltage nach Krankheitsbild in Luxemburg (vgl. Abbildung 7-12)
- Anzahl Ausfalltage pro Hospitalisierung in Luxemburg (vgl. Kapitel 7.5c)
- Anzahl ambulante Behandlungen wegen Bluthochdruck (16.5% der Bevölkerung, vgl. Kapitel 7.5d).
- Der Produktionsausfall basiert auf den in Kapitel 7.4.3 hergeleiteten Kostensätzen (162 € / Tag bzw. 59’251 € / Jahr). Ebenso beruht die Zahl der Ausfalltage bei Hospitalisierungen auf Luxemburger Zahlen und auch der Anteil der Erwerbstätigen an den Hospitalisierten stammt aus Luxemburger Quellen (vgl. Kapitel 7.5d).
- Die Wiederbesetzungskosten beruhen auf den Luxemburger Quellen in Kapitel 7.4.1.
- Die Kostensätze für die immateriellen Kosten können aus internationalen Studien übernommen werden. Der VLYL (value of life year lost) von 145'000 € wurde bereits in Kapitel 7.4.2 eingeführt. Für Spitaltage wegen Schlaganfall werden wie bei der Luftbelastung und bei den Gesundheitsnutzen immaterielle Kosten von 473 € verwendet (vgl. Kapitel 22.3.2 und 20.3.4). Für ischämische Herzkrankheiten und für Bluthochdruck liegen spezifische internationale Untersuchungen vor, die – mit Kaufkraftparität und Nominallohnwachstum umgerechnet auf Luxemburg 2016 – zu Kostensätzen von 10'448 € pro Hospitalisation wegen ischämischen Herzkrankheiten führen und sich auf 1'038 € pro Spitaltag oder ambulanter Behandlung wegen Bluthochdruck bedingten Krankheiten belaufen.[325]

23.4 Ergebnisse

23.4.1 Kostensätze für die KNA

a) Strassenverkehr

Für die KNA werden die Lärmkosten in durchschnittliche Kosten pro Fzkm umgerechnet. Pro 100 Fzkm betragen die Kosten eines PKW 0.43 €, Busse verursachen Kosten von 4.90 € / 100 Fzkm, Trams und leichte Nutzfahrzeuge erzeugen Kosten von 1.32 € / 100 Fzkm. Da aber

[325] Ecoplan, Infras (2008), Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz, S. 132 bzw. Ecoplan et al. (2004), Externe Lärmkosten des Strassen- und Schienenverkehrs der Schweiz, S. 104-105.

beinahe die Hälfte der Lärmkosten durch schwere Nutzfahrzeuge verursacht werden, sind die Lärmkosten der schweren Nutzfahrzeuge mit 12.8 € / 100 Fzkm deutlich am höchsten.

Die Lärmkosten am Wohnort werden in diesen Kostensätzen auf die gesamten Fzkm in Luxemburg aufgeteilt. Das kann in der konkreten Projektbewertung zu Fehleinschätzungen führen, wenn z.B. eine Ortsdurchfahrt durch eine Umfahrungsstrasse ausserhalb des besiedelten Gebietes oder durch einen Tunnel ersetzt wird.[326] Um deutliche Fehleinschätzungen zu verhindern, sind deshalb die Fzkm in unbewohntem Gebiet zusätzlich ins MOBIMPACT-Tool einzugeben. Dabei kann man sich auf ein enges Gebiet um das eigentliche Projekt beschränken.

Abbildung 23-7: Lärmkostensatz im Strassenverkehr im Jahr 2016

	Personenverkehr										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Lärmkosten in € / 100Fzkm	0.427	0.427	0.302	0.427	0.427	4.902	4.902	0.427	-	-	-

	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr				
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel
Lärmkosten in € / 100Fzkm	4.902	0.427	4.902	1.322	1.322	1.322	0.934	1.322	12.810

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit: Die Lärmkosten unterliegen folgenden realen Veränderungen:

- Motoren- und Rollgeräusche von Fahrzeugen dürften in Zukunft abnehmen. In der Schweiz geht man in KNA von einer Abnahme von 1% pro Jahr aus, was hier übernommen werden soll.[327]
- Da in Luxemburg die Bevölkerung und damit auch die Zahl der Wohnungen wächst, leiden immer mehr Menschen unter lärmbedingten Belästigungen und Gesundheitsschäden. Wir gehen von einem durchschnittlichen Bevölkerungswachstum von 1.6% pro Jahr aus (vgl. Kapitel 7.3).
- Die Gesundheitskosten nehmen wie bei der Luftbelastung mit dem Reallohnwachstum hoch 0.8 zu (da zu 81% vom VOSL verursacht). Bei einem Reallohnwachstum von 0.5% pro Jahr ergibt dies 0.4% pro Jahr.

Nimmt man an, dass auch die Wohnungspreise sich real um 0.4% pro Jahr erhöhen,[328] so ergibt dies gesamthaft (gerundet) eine **Zunahme der Lärmkosten um 1% pro Jahr**.

[326] Es kann sich gar das falsche Vorzeichen ergeben: Zunahme Fzkm wegen Umfahrung, aber Abnahme Lärm.

[327] Ecoplan (2007), Externe Kosten im Strassenverkehr: Grundlagen zur Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse.

[328] Dies entspricht in etwa der um die Teuerung bereinigten Preiszunahme der Häuser in Luxemburg zwischen 2005 und 2015 (Oberservatoire de l'Habitat 2018). Die Zunahme der Preise der Mietwohnungen war etwas höher.

b) Schienenverkehr

Die folgende Abbildung zeigt die Kostensätze pro Btkm im Schienenverkehr. Wie beim Strassenverkehr müssen innerhalb eines engen Perimeters um das Projekt die Btkm ausserhalb des Siedlungsgebietes (inkl. Tunnel) abgezogen werden.

Abbildung 23-8 Lärmkostensatz im Schienenverkehr im Jahr 2016

	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr
Lärmkosten in € / Btkm	0.00068	0.00364

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit: Die Lärmkosten im Schienenverkehr verändern sich prinzipiell gleich wie im Strassenverkehr, allerdings entfällt die Reduktion durch die Motoren- und Rollgeräusche der Strassenfahrzeuge. Damit nehmen die Lärmkosten im Schienenverkehr um 2% pro Jahr zu.

23.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg

Im Folgenden werden als Input in die Transportrechnung die Gesamtkosten für das Land Luxemburg berechnet.

a) Strassenverkehr

Im Strassenverkehr entstehen insgesamt Lärmkosten von 91 Mio. €. 78% dieser Kosten sind auf Belästigung (bzw. reduzierte Wohnungspreise) zurückzuführen, 22% auf Gesundheitskosten. Bei der Verteilung auf die Fahrzeugkategorien fällt auf, dass die schweren Nutzfahrzeuge mit 49% der Hauptverursacher der Lärmkosten sind. Die PKW verursachen weitere 32% der Lärmkosten, leichte Nutzfahrzeuge 11%, Linienbusse 4% und Motorräder 3%.

Abbildung 23-9: Lärmkosten in Luxemburg im Strassenverkehr im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Kosten in Mio. €	6.5	22.8	0.0	0.2	29.5	0.3	2.7	0.1	-	-	-

in Mio. €	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr					Gesamttotal
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF	
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel	
Kosten in Mio. €	4.0	-	4.0	-	0.2	10.0	0.0	10.2	44.3	91.1

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Der übrige Staat muss 0.26% der Lärmkosten tragen, da er höhere Spitalsubventionen bezahlen muss. Die übrigen Kosten von 99.74% entfallen auf die Allgemeinheit.

b) Schienenverkehr

Im Schienenverkehr sind die Lärmkosten mit 3.6 Mio. € deutlich geringer als im Strassenverkehr. Davon entfallen 2.3 Mio. € oder 64% auf den Güterverkehr und 1.3 Mio. € oder 36% auf den Personenverkehr. Im Schienenverkehr sind 60% der Kosten auf Belästigungen (Reduktion der Wohnungspreise) zurückzuführen und 40% auf Gesundheitskosten.

Abbildung 23-10 Lärmkosten in Luxemburg im Schienenverkehr im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	Total
Kosten in Mio. €	1.29	2.29	3.58

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Im Schienenverkehr trägt die Allgemeinheit 99.52% der Kosten, der übrige Staat über die Spitaldefizite 0.48%.

24 U4 Klimabelastung

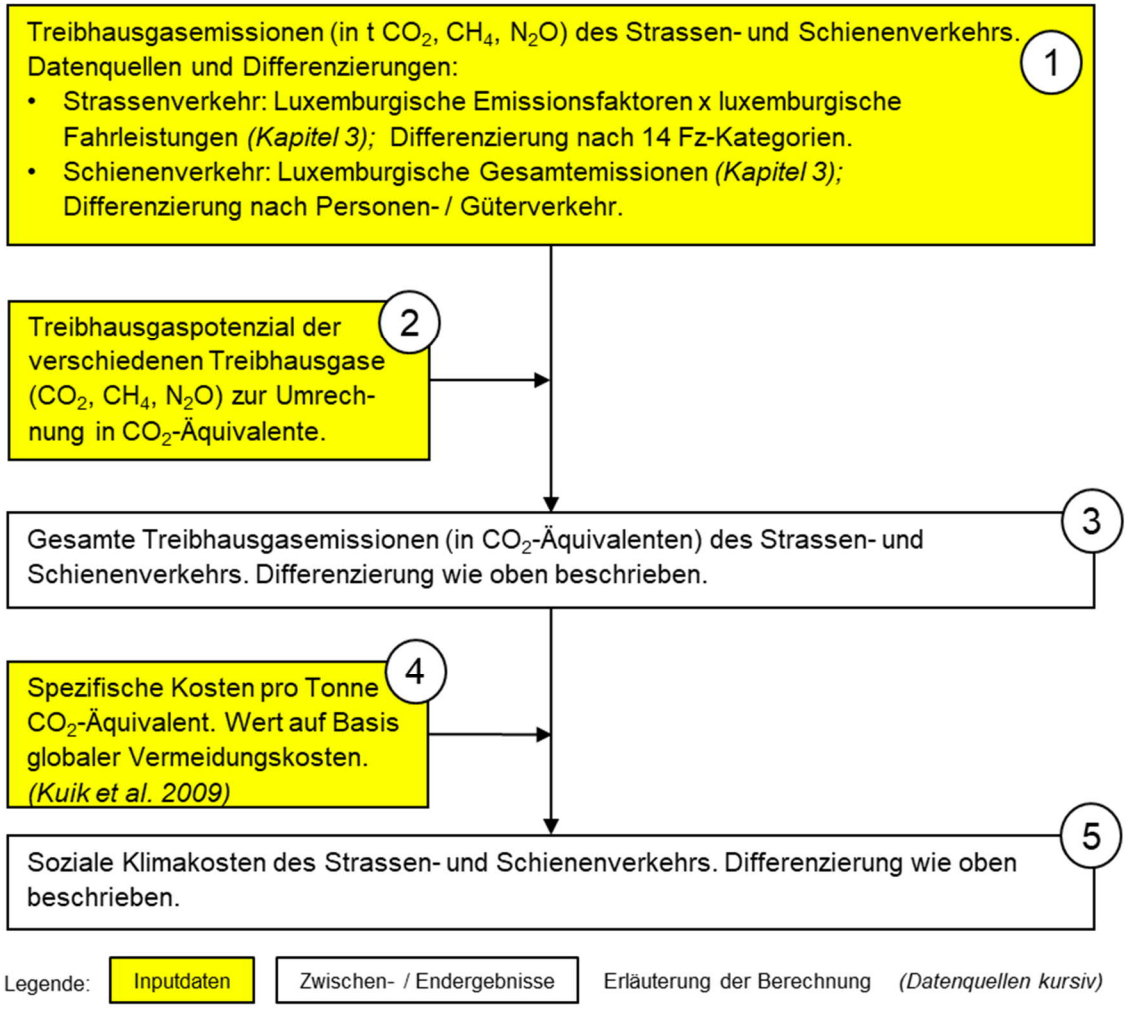
24.1 Berechnungsgegenstand

Die CO_2-Emissionen des Verkehrs tragen zum Treibhauseffekt bei. Aufgrund der Klimaerwärmung werden gravierende Folgen (Überschwemmungen, Wirbelstürme, Hitzeperioden etc.) befürchtet.

24.2 Grundlegende Berechnungsmethodik

Die Berechnung der Klimakosten des Verkehrs in Luxemburg ist rein rechnerisch relativ einfach. Grundsätzlich geht es darum, die Menge an Treibhausgasemissionen mit einem Kostensatz pro Tonne CO_2-Äquivalent zu monetarisieren (vgl. Abbildung 24-1).

Abbildung 24-1: Bewertungsmethode für die Klimakosten



Quelle: Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010, S. 305 – Datenquellen auf Luxemburg angepasst

Für den Strassen- und Schienenverkehr werden die Emissionsmengen der Treibhausgase Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) ermittelt (Schritt 1). Anschliessend werden die drei Treibhausgase mit Hilfe ihrer Treibhausgaspotenziale (2) in CO_2-Äquivalente (3) umgerechnet. Die daraus resultierende Gesamtmenge an Treibhausgasemissionen in CO_2-Äquivalenten wird mit dem spezifischen Kostensatz pro Tonne CO_2-Äquivalent multipliziert (4). Das Ergebnis dieser Rechnung sind die sozialen Klimakosten (5).

24.3 Verwendete Datengrundlagen

Die Emissionen als erster wichtiger Input wurden bereits in Kapitel 7.2 aufgearbeitet. Sie liegen differenziert nach den einzelnen Fahrzeugkategorien vor. Um die Emissionen der drei Schadstoffe CO2, CH4 und N2O zu gewichten, wird das Treibhausgaspotential (global warming potential) von 1, 25 und 298 verwendet.[329]

Der zweite wichtige Input ist der **Klimakostensatz**:[330] Grundsätzlich ist für die Bewertung von externen Kosten des Verkehrs der Schadenskosten-Ansatz aus methodischer Sicht allen anderen Berechnungsansätzen vorzuziehen (vgl. dazu den Exkurs in Kapitel 6). Bei den Klimakosten empfehlen jedoch die meisten aktuellen Studien die Verwendung von Vermeidungskosten zur Monetarisierung der Kosten des Klimawandels. Das Hauptargument für die Vermeidungs- und gegen die Schadenskosten liegt darin, dass die Schätzungen der Schadenskosten vermutlich mit grösseren Unsicherheiten verbunden sind. Der vorgeschlagene Kostensatz beruht auf globalen Vermeidungskosten in Bezug auf das 2-Grad-Ziel (Metastudie von Kuik et al. 2009 mit abgeschätztem 450 ppm CO_2-Äquivalente Stabilisierungsziel). Als Klimakostensatz für 2010 wird wie in der deutschen UBA Methodenkonvention[331] bzw. in der Schweiz[332] der globale Wert von 77 $€_{2010}$ pro Tonne CO_2 verwendet.[333] Dieser Wert wird mit dem Konsumentenpreisindex auf 2016 angepasst. Zudem ist zu berücksichtigen, dass der Kostensatz um 3% pro Jahr zunimmt,[334] so dass sich für 2016 ein Kostensatz von **100.5 € / t CO2-Äquivalent** ergibt.

Es ist zudem zu berücksichtigen, dass ein **Teil der Klimakosten internalisiert** wird: Ein Anteil der Treibstoffsteuern (4.3% beim Benzin und 7.5% beim Diesel) und 40% der KFZ-Steuern werden in einen Kyoto-Fond gespeist. Wie die folgende Abbildung zeigt, wurden so 2016 im Strassenverkehr knapp 44 Mio. € Einnahmen generiert.[335] Der Schienenverkehr zahlt keinen

---

[329] Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010, S. 307.

[330] Der folgende Text basiert auf Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010, S. 311-313.

[331] UBA (2013), Ökonomische Bewertung von Umweltschäden – Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten.

[332] Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010, S. 311.

[333] Als Schwankungsbreite wird 44 und 135 EUR_{2010} pro t CO_2 verwendet.

[334] Grund für diese starke Zunahme ist ein unterstellter Diskontsatz von 3% pro Jahr, denn in der Zukunft anfallende Vermeidungskosten werden heute weniger stark gewichtet. Die Verwendung eines höheren Diskontsatzes als sonst in dieser Studie (sonst 2%) ist gerechtfertigt, weil es sich hier um globale Vermeidungskosten handelt und das internationale Zinsniveau höher ist als in Luxemburg.

[335] Für die Herleitung der Aufteilung auf die Fahrzeugkategorien siehe Kapitel 27.1.2.

Beitrag in den Kyoto-Fonds. Die Einnahmen des Kyoto-Fonds werden dazu verwendet um CO2-Zertifikate im Ausland zu kaufen oder im In- und Ausland emissionsreduzierende Anlagen zu finanzieren.

Abbildung 24-2: Internalisierung der Klimakosten über den Kyoto-Fonds

	Strassenverkehr											
	Personenverkehr											
	Motorisierter privater Personenverkehr								Öffentlicher Personenverkehr			
	PKW					RBus	MR	Mofa	Linienbus			Tram
	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Elektro
Treibstoffsteuer	2.87	9.16	-	0.06	12.09	0.05	0.05	0.02	0.63	-	0.63	-
40% der KFZ-Steuer	7.82	14.81	-	0.09	22.72	0.03	0.14	-	0.10	-	0.10	-
Total Internalisierung	10.69	23.97	-	0.15	34.81	0.08	0.18	0.02	0.73	-	0.73	-

	Strassenverkehr						Schieneverkehr			Gesamttotal
	Güterverkehr					Total	Personen-verkehr (Regional-verkehr)	Güter-verkehr	Total	
	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF					
	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel					
Treibstoffsteuer	0.02	1.35	-	1.37	2.82	**17.02**	-	-	**-**	**17.02**
40% der KFZ-Steuer	0.08	1.79	-	1.87	1.79	**26.64**	-	-	**-**	**26.64**
Total Internalisierung	**0.10**	**3.14**	**-**	**3.24**	**4.61**	**43.67**	**-**	**-**	**-**	**43.67**

24.4 Ergebnisse

24.4.1 Kostensätze für die KNA

Der Klimakostensatz beträgt für Strassen- und Schienenverkehr und für alle Fahrzeugkategorien einheitlich **100.5 € / t CO2-Äquivalent**.

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit: Der Kostensatz nimmt jährlich um 3% zu.

24.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg

Im Folgenden werden als Input in die Transportrechnung die Gesamtkosten für das Land Luxemburg berechnet.

a) Strassenverkehr

Durch den Strassenverkehr werden insgesamt Klimakosten von 174 Mio. € verursacht. Davon werden 53% durch Diesel-PKW verursacht bzw. 71% durch alle PKW. Weitere 16% ergeben sich durch die Emissionen der SNF und 8% durch jene der leichten Nutzfahrzeuge.

Abbildung 24-3: Klimakosten in Luxemburg im Strassenverkehr im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Klimakosten in Mio. €	31.5	91.8	-	0.7	123.9	0.5	0.5	0.2	-	-	-

in Mio. €	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr					Gesamttotal
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF	
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel	
Klimakosten in Mio. €	6.3	-	6.3	-	0.2	13.6	-	13.8	28.2	173.5

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Wie erläutert wird ein Teil der Klimakosten internalisiert:

- Motorisierter privater Personenverkehr: 28.0% durch Verkehrsnutzende getragen
- Öffentlicher Strassenverkehr: 11.6% durch ÖV-Betreiber getragen
- Strassen-Güterverkehr: 18.7% durch Verkehrsnutzende getragen

Die übrigen Kosten werden jeweils durch die Allgemeinheit getragen.

b) Schienenverkehr

Im Schienenverkehr sind die Klimakosten mit 0.65 Mio. € viel kleiner. Dies ist darauf zurückzuführen, dass hier nur die Klimakosten des Dieselverkehrs im Güterverkehr aufgeführt sind. Die Klimakosten durch den elektrischen Betrieb werden bei den vor- und nachgelagerten Prozessen berücksichtigt (vgl. Kapitel 25).

Abbildung 24-4 Klimakosten in Luxemburg im Schienenverkehr im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	Total
Klimakosten in Mio. €	-	0.65	0.65

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Im Schienenverkehr werden die Klimakosten vollständig durch die Allgemeinheit getragen, da keine Internalisierung stattfindet.

25 U9 / U10 / U11 Vor- und nachgelagerte Prozesse

25.1 Berechnungsgegenstand

Die Kosten für vor- und nachgelagerte Prozesse setzen sich aus verschiedenen Bereichen zusammen:

- **Vor- und nachgelagerte Prozesse Energie**: Schäden durch die Emission von Luftschadstoffen und Klimagasen bei Herstellung, Transport und Bereitstellung der Antriebsenergie (Benzin, Diesel, Strom).
- **Vor- und nachgelagerte Prozesse Fahrzeug**: Schäden durch die Emission von Luftschadstoffen und Klimagasen bei Herstellung, Unterhalt und Entsorgung der Fahrzeuge.
- **Vor- und nachgelagerte Prozesse Infrastruktur**: Schäden durch die Emission von Luftschadstoffen und Klimagasen bei Bau, Unterhalt und Entsorgung der Infrastruktur.

25.2 Grundlegende Berechnungsmethodik

Um die ökonomischen Folgekosten für die Gesellschaft zu quantifizieren, müssten theoretisch sämtliche Prozessketten detailliert dokumentiert werden, die dabei anfallenden Umweltbelastungen sowie die davon betroffenen Personen bzw. Ökosysteme erfasst und mit Hilfe von Dosis-Wirkungs-Beziehungen die dadurch entstehenden Schäden quantifiziert und schliesslich bewertet werden. Aufgrund der starken Vernetzung der Weltwirtschaft treten die Umweltbelastungen global auf, die Bewertung der resultierenden Schäden ist jedoch stark vom regionalen bzw. nationalen Kontext abhängig. Es ist daher kaum möglich, sämtliche Umweltbelastungen zu erfassen und verlässlich zu quantifizieren. Aus diesem Grund fokussiert der Berechnungsansatz lediglich auf die wichtigsten globalen Umweltbelastungen, deren Schäden auf Basis internationaler Studien auch ohne detailliertes Wissen zur genauen Emissionsquelle grob quantifiziert werden können.

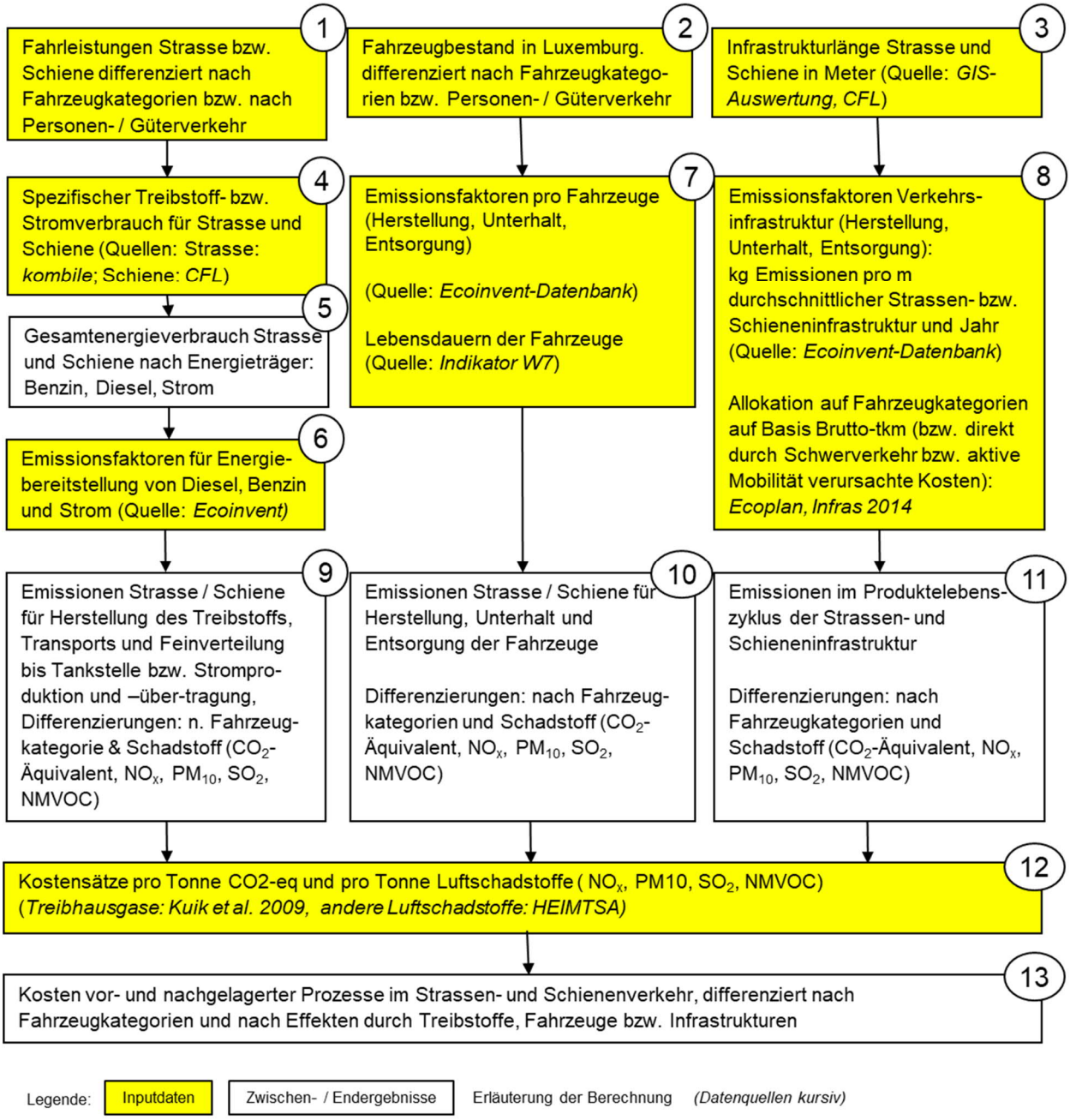
Die Berechnungen sollen daher die Treibhausgasemissionen (v.a. CO_2) sowie die Luftschadstoffe NO_x, PM10, SO_2 und NMVOC sämtlicher vor- und nachgelagerter Prozesse des Strassen- und Schienenverkehrs in Luxemburg erfassen. Dabei wird nicht berücksichtigt, ob diese Emissionen in Luxemburg selbst oder im Ausland emittiert werden, wesentlich ist einzig, dass die Emissionen letztlich als vor- oder nachgelagerten Prozess für die in Luxemburg erbrachten Verkehrsleistungen anfallen. Diese Emissionen werden schliesslich mit Kostensätzen pro Tonne Schadstoff monetarisiert.

Weil nur die oben erwähnten Schadstoffe bewertet werden, nicht aber alle weiteren Umweltbelastungen, die im ursächlichen Zusammenhang mit dem Strassen- und Schienenverkehr in Luxemburg stehen, entspricht das Vorgehen dem at least Ansatz.

Die folgende Abbildung zeigt die angewandte Bewertungsmethodik für den Strassen- und Schienenverkehr im Detail: Als Datengrundlage dienen die Fahrleistungen der Strasse differenziert nach Fahrzeugkategorien und diejenigen der Schiene differenziert nach Personen-

und Güterverkehr (1) sowie der gleich differenzierte Fahrzeugbestand in Luxemburg (2). Für die Infrastruktur ist die Länge des Strassen- und Schienennetzes ausschlaggebend (3).

Abbildung 25-1: Bewertungsmethodik Kosten vor- und nachgelagerter Prozesse des Strassen- und Schienenverkehrs



Der gesamte Energieverbrauch (Benzin, Diesel und Strom) der Strasse und Schiene (5) wird durch spezifische Treibstoffverbrauchsfaktoren (4) für die Strasse sowie dem gesamten Strom- und Dieselverbrauch (4) für die Schiene ermittelt. Mit Hilfe der Emissionsfaktoren für die

Bereitstellung der Energieträger (Treibstoffe und Strom, 6) können die Gesamtemissionen für die *Energiebereitstellung* im Strassen- und Schienenverkehr berechnet werden (9).

Die Emissionen der vor- und nachgelagerten Prozesse der Fahrzeuge (10) werden berechnet, indem die Emissionsfaktoren für Herstellung, Unterhalt und Entsorgung pro Strassen- bzw. Schienenfahrzeug (7) mit dem Fahrzeugbestand in Luxemburg (2) multipliziert werden. Anschliessend kann das Ergebnis durch Division durch die durchschnittliche Lebensdauer der Fahrzeuge (7) in Gesamtemissionen pro Jahr umgerechnet werden.

Die gesamten Emissionen durch Bau, Unterhalt und Entsorgung der Strassen- und Schienen*infrastruktur* (11) berechnen sich aus den Strassen- und Schienennetzlängen (3) sowie den entsprechenden Emissionsfaktoren (kg Schadstoffe pro Meter und Jahr) für die Strassen- und Schienenverkehrsinfrastruktur (8).

Monetarisiert werden die Emissionen der fünf Schadstoffe CO2-Äquivalente, NO_x, PM10, SO_2 und NMVOC indem jeder Schadstoff mit einem spezifischen Kostensatz (12) multipliziert wird (13).

Im Rahmen des vorliegenden Projektes war es nicht möglich, alle Grundlagedaten in Luxemburg zu erheben. Deshalb wurde zusammen mit dem Auftraggeber beschlossen, dass wo nötig approximativ die Daten aus der Schweiz auf Luxemburg übertragen werden. Aufgrund der strukturellen Ähnlichkeiten der beiden Länder dürften die durch dieses Vorgehen verursachten Abweichungen in den Berechnungen nicht allzu gross ausfallen. Zudem verursachen die vor- und nachgelagerten Prozesse nur einen relativ geringen Teil der gesamten externen Effekte.[336]

Eine wichtige Grundlage für die Berechnung der vor- und nachgelagerten Effekte ist eine umfassende Ökoinventar-Datenbank, die Emissionen für transportspezifische Prozesse und Produkte (z.B. Fahrzeuge, Treibstoffe, Strom) und Infrastrukturen zur Verfügung stellt. Dazu wird die Ecoinvent-Datenbank (Version 3.3) verwendet.[337] Damit wird z.B. auch der Schweizer Strommix auf Luxemburg übertragen.

25.3 Verwendete Datengrundlagen

25.3.1 Vor- und nachgelagerte Prozesse Energie

Der Benzin-, Diesel- und Stromverbrauch im Strassenverkehr wurde bereits zusammen mit den Emissionen in Kapitel 7.2.1 erhoben. Aus der Ecoinvent-Datenbank können für diese drei Energiequellen wie erläutert die Emissionen für Herstellung, Transport und Bereitstellung der Treibstoffe für CO2-Äquivalente, NOx, PM10, SO2 und NMVOC entnommen werden. Damit können die Emissionen dieser fünf Schadstoffe durch den Strassenverkehr in Luxemburg erhoben werden.

[336] Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010.

[337] Infras, Ecoplan (2018), Externe Effekte des Verkehrs 2015.

Im Schienenverkehr kann der Stromverbrauch im Personenverkehr von der CFL übernommen werden (136.9 Mio. kWh im Jahr 2016).[338] Im Güterverkehr liegen keine Daten vor, so dass der Wert aus dem Personenverkehr mit den Btkm approximativ auf den Güterverkehr übertragen werden, was 40.8 Mio. kWh ergibt. Zudem wird ein Teil des Güterverkehrs (insbesondere im Rangierverkehr) mit Diesel betrieben, wobei 2.4 Mio. Liter Diesel verbraucht wurden (vgl. Kapitel 7.2.2). Auch diese Verbräuche können mit entsprechenden Emissionsfaktoren aus der Ecoinvent-Datenbank in Tonnen der fünf erwähnten Schadstoffe umgerechnet werden. Beim Stromverbrauch werden hier andere Emissionsfaktoren verwendet als im Strassenverkehr, weil die CFL 100% erneuerbare Energien (95% Wasserkraft und 5% Windkraft) verwendet.[339] Die verwendeten Emissionsfaktoren basieren aber wie gesagt auf Schweizer Daten für den Bahnverkehr, der auch weitgehend mit Wasserkraft fährt.

Für die **Monetarisierung** wird für die CO2-Äquivalente derselbe Kostensatz verwendet wie beim Klima, d.h. 100.5 € / t CO2-Äquivalent (vgl. Kapitel 24.3). Für die übrigen Schadstoffe NOx, PM10, SO2 und NMVOC können wie in der Schweiz Werte aus dem EU-Projekt HEIM-TSA verwendet werden, die sich auf die nördliche Hemisphäre[340] und das Jahr 2000 beziehen. Umgerechnet mit der Teuerung auf 2016 ergeben sich folgende Kostensätze:

- NOx 312 € / t
- PM10 259 € / t
- SO2 647 € / t
- NMVOC 1'024 € / t

Im Jahre 2016 verkehrten noch keine **Elektrobusse und Trams** in Luxemburg. Wir haben für Elektrobusse trotzdem basierend auf einem Stromverbrauch von 3 kWh / Fzkm für Trolleybusse in der Schweiz (SN 641 828, Ziffer 21.2.1) und den Emissionsfaktoren des Bahnstromes einen Kostensatz pro Fzkm berechnet. Weicht der tatsächliche Stromverbrauch des Elektrobusses in Luxemburg von den 3 kWh / Fzkm ab, kann der Kostensatz entsprechend korrigiert werden. Für Trams konnte im Rahmen dieses Projektes kein Stromverbrauch erhoben werden. Liegt dieser bei einer konkreten Projekt-Bewertung vor, kann der Kostensatz ebenfalls aus dem Stromverbrauch und dem Kostensatz für Elektrobusse mittels Dreisatz bestimmt werden.

25.3.2 Vor- und nachgelagerte Prozesse Fahrzeuge

Für den **Strassenverkehr** werden die Emissionen durch Produktion, Unterhalt und Entsorgung der Fahrzeuge aus der Schweiz übernommen. Dazu werden wie erwähnt die Daten aus der

[338] CFL (2017), Rapport sur la responsabilité sociale d'entreprise 2016, S. 44.

[339] CFL (2017), Rapport sur la responsabilité sociale d'entreprise 2016, S. 44.

[340] Es ist unklar, wo die Emissionen geografisch anfallen (Luxemburg, Europa, restliche Welt). Weil die Emissionen aus vor- und nachgelagerten Prozessen global, d.h. nicht nur innerhalb von Luxemburg oder der EU anfallen, werden für die vorliegende Studie die Kostensätze der nördlichen Hemisphäre verwendet. Der Fokus auf die nördliche Hemisphäre ist zweckmässig, da die meisten Vorprozesse dort stattfinden. Dieses Vorgehen entspricht zudem dem at least Ansatz, weil die mittleren Kostensätze der nördlichen Hemisphäre tiefer sind als jene für Europa oder Luxemburg. Das gleiche Vorgehen wurde im Übrigen auch in der deutschen Methodenkonvention des Umweltbundesamtes und in der Schweiz gewählt (UBA 2013, Ecoplan, Infras 2014, S. 374.).

Ecoinvent-Datenbank verwendet. Die Datengrundlagen erlauben keine Differenzierung von Benzin- und Diesel-PKW (Elektro-PKW können aber unterschieden werden und Hybrid-PKW werden den Elektrofahrzeugen mangels besserer Daten gleichgesetzt) und ebenfalls keine Unterscheidung zwischen leichten Nutzfahrzeuge mit Benzin- und Dieselantrieb. Keine Daten sind verfügbar für Busse mit Elektroantrieb und leichte Nutzfahrzeuge mit Elektroantrieb, so dass für diese Fahrzeugkategorien dieselben Werte verwendet werden müssen wie für Benzin- oder Dieselantrieb. Die Emissionsfaktoren aus der Ecoinvent-Datenbank liegen wiederum für CO2-Äquivalente, NOx, PM10, SO2 und NMVOC vor.

Mit den in Kapitel 25.3.1 dargestellten Kostensätzen können damit die Kosten in € pro Fahrzeug bestimmt werden. Das Ergebnis muss noch durch die Lebensdauer der Fahrzeuge dividiert werden, um die jährlich anfallenden Kosten abzuschätzen. Die verwendeten Lebensdauern wurden bereits in Abbildung 12-1 hergeleitet.[341]

Für die Transportrechnung werden diese Kostensätze pro Fahrzeug mit dem Fahrzeugbestand in Luxemburg hochgerechnet.

Im **Schienenverkehr** wurde mit demselben Vorgehen der Kostensatz pro «Fahrzeug» bestimmt (Emissionsfaktoren aus Ecoinvent-Datenbank mal Kostensätze). Als Fahrzeug wurde dabei ein Regionalzug mit Lokomotive und 4 Wagen verwendet. Um die Kosten pro Jahr zu bestimmen wurde wie in der Schweiz von einer Lebensdauer von 40 Jahren ausgegangen. Im Güterverkehr wurde kein Kostensatz für die KNA hergeleitet, da die Datengrundlagen dazu fehlen (Umrechnung von der Schweiz auf Luxemburg nicht möglich) und aktuell in Luxemburg keine Projekte im Schienengüterverkehr vorgesehen sind, die einer KNA zu unterziehen wären.

Für die Transportrechnung wurden die Gesamtergebnisse in der Schweiz mit den Zugkm auf Luxemburg umgerechnet – und zwar für den Personen- und Güterverkehr.

25.3.3 Vor- und nachgelagerte Prozesse Infrastruktur

Für die Emissionen durch Bau, Unterhalt und Entsorgung von Verkehrswegen können für die 5 betrachteten Schadstoffe (CO2, NOx, PM10, SO2 und NMVOC) ebenfalls Emissionsfaktoren aus der Ecoinvent-Datenbank entnommen werden. Dabei kann allerdings nur nach Strasse, Tramtrassen und Schiene differenziert werden, d.h. dass innerhalb des Strassenverkehrs z.B. auf eine Differenzierung nach Autobahn oder Gemeindestrasse verzichtet werden muss.

Mit den Emissionsfaktoren und den Kostensätzen pro Schadstoff (vgl. Kapitel 25.3.1) können die Kosten in € pro Meter und Jahr ermittelt werden. In der KNA werden allerdings nur die Kosten durch CO2-Äquivalente miteinbezogen (ca. 95%), weil bei einer Berücksichtigung der weiteren Luftschadstoffe eine Doppelzählung mit den Bauemissionen im Indikator U1 entstehen würde. In der Transportrechnung hingegen, werden auch die weiteren Luftschadstoffe

[341] Ergänzend wird für Ped25 eine Lebensdauer von 10 Jahren unterstellt und für Fahrräder eine von 15 Jahren (Infras, Ecoplan 2018, Externe Effekte des Verkehrs 2015):

miteinbezogen, weil die Bauemissionen in der Transportrechnung bei U1 nicht berücksichtigt werden. Damit können alle Kosten abgedeckt und Doppelzählungen vermieden werden.

Für die Transportrechnung werden die Kostensätze mit den Strassen- und Schienenlängen hochgerechnet.[342] Für die Verteilung der Kosten auf die Fahrzeugkategorien wird die Methodik aus der Schweiz mit Luxemburger Zahlen übernommen:

- 3% der Gemeindestrassen, 1% der Nationalstrassen und Chemin repris werden ausgeschlossen, da diese Strassen für verkehrsfremde Nutzungen verwendet werden (Märkte, Versammlungen, Aussenbestuhlung in Cafés / Restaurants etc.).[343]
- 27% der Kosten von Gemeindestrassen bzw. 9% der Kosten von Chemin repris und Nationalstrassen werden der aktiven Mobilität zugeteilt (und somit 70% bzw. 90% dem motorisierten Strassenverkehr).
- Innerhalb der aktiven Mobilität erfolgt die Zuteilung über die Fzkm.
- Innerhalb des motorisierten Strassenverkehrs werden wie in der Schweiz zuerst 9.5% direkt dem Schwerverkehr zugewiesen – weil die Strassen aufgrund des Schwerverkehrs breiter gebaut werden müssen – und innerhalb des Schwerverkehrs mit den Fzkm verteilt. Der Rest wird über die mit dem Gewicht der Fahrzeuge[344] gewichteten Fzkm auf alle motorisierten Fahrzeuge verteilt.
- Im Schienenverkehr werden die Kosten mit den Zugkm verteilt.

25.4 Ergebnisse

25.4.1 Kostensätze für die KNA

a) Strassenverkehr

Die folgende Abbildung fasst die Kostensätze für die vor- und nachgelagerten Effekte zusammen. Die Energiekosten fallen bei jedem zurückgelegten Fzkm an, da dabei Benzin, Diesel oder Strom verbraucht wird. Die Kosten pro Fahrzeug beziehen sich jeweils auf die gesamte Lebensdauer des Fahrzeugs und sind somit nur beim Fahrzeugkauf (oder beim Verzicht darauf) zu berücksichtigen. Deshalb wurden die Kosten in der nächsten Zeile in Kosten pro Fahrzeug und Jahr umgerechnet (Division durch Lebensdauer). In der KNA wird nur der Kostensatz pro Fahrzeug und Jahr berücksichtigt, der Kostensatz pro Fahrzeug wurde zur Information hier aber auch abgebildet (in grauer Farbe, da in KNA nicht berücksichtigt). Die Infrastrukturkosten werden pro Meter Infrastruktur und Jahr angegeben. Dabei gibt es nur einen Gesamtdurchschnitt – sowie eine Zahl für Tramtrassen.

---

[342] Die Strassenlängen wurden uns vom MDDI geliefert (Autobahnen inkl. Tunnels, Gemeindestrassen aus GIS-Auswertung), die Schienenlängen stammen vom STATEC.

[343] Ecoplan, ISPMZ (2013), Integration des Langsamverkehrs in die Transportrechnung. Auf Autobahnen sind es 0%, d.h. keine verkehrsfremden Nutzungen.

[344] Die Gewichte werden aus der Schweiz übernommen: PKW 1.3t, Reisebus und öffentlicher Bus 12.3t, Motorrad 0.3t, Mofa 0.035t, leichte Nutzfahrzeuge 2.9t und schwere Nutzfahrzeuge 19.1t.

Abbildung 25-2: Kostensatz für vor- und nachgelagerte Prozesse im Strassenverkehr im Jahr 2016

	Personenverkehr										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Energie in € / Fzkm	0.0060	0.0030	0.0022	0.0044	0.0037	0.0148	0.0028	0.0017	0.0001	-	-
Fahrzeug in € / Fz	1'024	1'024	1'661	1'661	1'030	5'034	254	85	31	22	-
Fahrzeug in € / Fz / Jahr	65.5	124	133	137	104	484	14.8	8.5	3.1	1.5	-

	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr					Durchschnitt
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF	Strasse
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel	
Energie in € / Fzkm	0.0134	0.0024	0.0134	n.a.	0.0050	0.0031	0.0025	0.0032	0.0143	
Fahrzeug in € / Fz	5'034	5'034	5'034	15'210	1'291	1'291	1'291	1'291	5'904	
Fahrzeug in € / Fz / Jahr	1'007	1'007	1'007	507	55.8	140	46.2	136	410	
Infrastruktur in € / m / Jahr	-	-	-	10.80	-	-	-	-	-	2.75

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit: Alle Kostensätze sind real konstant.

b) Schienenverkehr

Die folgende Abbildung zeigt die Ergebnisse im Schienenverkehr. Der Kostensatz von 120'000 € pro Regionalzug (Lok mit 4 Wagen) oder 3'000 € pro Zug und Jahr besteht etwa je zur Hälfte aus Emissionen der Lok (49.2%) und der 4 Wagen (50.8%).

Abbildung 25-3 Kostensatz für vor- und nachgelagerte Prozesse im Schienenverkehr im Jahr 2016

	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	Durchschnitt Schiene
Energie in € / Btkm	0.000058	0.000219	
Fahrzeug in € / Zug	*120'051*	*n.a.*	
Fahrzeug in € / Zug / Jahr	3'001	n.a.	
Infrastruktur in € / m / Jahr	-	-	5.66

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit: Alle Kostensätze sind real konstant.

25.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg

Im Folgenden werden als Input in die Transportrechnung die Gesamtkosten für das Land Luxemburg berechnet.

a) Strassenverkehr

Wie die nachstehende Abbildung zeigt, entstehen durch vor- und nachgelagerte Prozesse im Strassenverkehr insgesamt Kosten von gut 112 Mio. €. Davon entfallen 47% oder 53 Mio. € auf Herstellung, Unterhalt und Entsorgung der Fahrzeuge. Weitere 30% oder 34 Mio. € werden durch Herstellung, Transport und Bereitstellung der Treibstoffe verursacht. Schliesslich entfallen 22% oder 25 Mio. € auf Bau, Unterhalt und Entsorgung der Strasseninfrastruktur.

Bei der Aufteilung auf die Fahrzeugkategorien zeigt sich, dass 66% der gesamten Kosten für vor- und nachgelagerte Prozesse durch PKW verursacht werden. Weitere 16% tragen die schweren Nutzfahrzeuge bei, 8% die leichten Nutzfahrzeuge und 4% die Linienbusse. Aber auch der Fussverkehr verursacht aufgrund der notwendigen Infrastrukturen 4% der Kosten.

Abbildung 25-4: Kosten für vor- und nachgelagerte Prozesse in Luxemburg im Strassenverkehr im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Vor- und nach. P. Energie	9.12	16.07	0.01	0.19	25.39	0.09	0.16	0.05	0.00	-	-
Vor- und nach. P. Fahrzeug	8.94	31.20	0.09	0.40	40.63	0.18	0.29	0.26	0.08	0.53	-
Vor- und nach. P. Infrastruktur	1.87	6.51	0.01	0.05	8.44	0.10	0.02	0.00	0.10	0.80	4.45
Total	19.93	53.78	0.11	0.64	74.45	0.36	0.47	0.31	0.18	1.33	4.45

in Mio. €	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr					Gesamttotal
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF	
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel	
Vor- und nach. P. Energie	1.10	-	1.10	-	0.06	2.38	0.00	2.44	4.94	34.16
Vor- und nach. P. Fahrzeug	1.54	-	1.54	-	0.07	4.16	0.00	4.23	5.52	53.26
Vor- und nach. P. Infrastruktur	1.30	-	1.30	-	0.03	2.06	0.00	2.10	7.69	24.99
Total	3.95	-	3.95	-	0.17	8.60	0.01	8.77	18.15	112.41

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Die Kosten setzen sich aus Klimakosten und Luftbelastungskosten zusammen und werden zu 100% von der Allgemeinheit getragen, wobei sich die betroffene Bevölkerung bei diesem Indikator auf die ganze Welt verteilt.[345]

b) Schienenverkehr

Im Schienenverkehr fallen Kosten durch vor- und nachgelagerte Prozesse von 4.2 Mio. € an, wobei 3.7 Mio. € oder 87% davon durch die Infrastruktur verursacht werden. Die Kosten durch den Strom- und Dieselbezug sowie die Fahrzeuge betragen je ca. 0.3 Mio. €.

[345] Auf die marginale Kostentragung durch den Staat bei den Gesundheitskosten der Luftbelastung (0.13% durch Spitalfinanzierung) wird hier verzichtet, weil dieser Prozentsatz hier aufgrund der ebenfalls berücksichtigten Klimakosten und den übrigen Kosten der Luftbelastung noch kleiner wäre und weil ein Teil dieser Kosten im Ausland anfällt und somit nicht vom Staat Luxemburger zu tragen ist. Der kleine Rest wird vernachlässigt.

Abbildung 25-5 Kosten für vor- und nachgelagerte Prozesse in Luxemburg im Schienenverkehr im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	Total
Vor- und nach. P. Energie	0.11	0.14	0.25
Vor- und nach. P. Fahrzeug	0.21	0.10	0.31
Vor- und nach. P. Infrastruktur	3.38	0.27	3.65
Total	3.69	0.51	4.21

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Die Kosten werden wie im Strassenverkehr zu 100% durch die Allgemeinheit getragen.

26 U12 / U13 Bodenversiegelung und Zerschneidung

26.1 Berechnungsgegenstand

- Bodenversiegelung: Die Böden spielen als Nährstoff- und Wasserspeicher, als Puffer und Lebensraum eine zentrale Rolle im Naturhaushalt. Verkehrsflächen führen zu einer Versiegelung des Bodens, so dass sie diese Funktionen nicht mehr erfüllen können.
- Zerschneidung: Neue Verkehrswege durch bisher unversehrte Räume in ländlichen Gebieten führen zu einer Habitatfragmentierung, welche die Qualität von Tierhabitaten massgeblich beeinträchtigen kann. Auch Belastungen durch Lärm und Licht (in der Nacht) können negative Auswirkungen auf die Fauna haben, die hier mitzuberücksichtigen sind.

26.2 Grundlegende Berechnungsmethodik

Es war im Rahmen der vorliegenden Arbeiten nicht möglich, die Kosten der Bodenversiegelung und der Zerschneidung für Luxemburg detailliert mit Luxemburger Zahlen zu erheben, da der Aufwand hierfür gross wäre. Stattdessen werden bestehende Kostensätze aus der Schweiz auf Luxemburg übertragen und mit den Luxemburger Zahlen zu den bestehenden Infrastrukturen (Länge der Strassen- und Schieneninfrastrukturen in Luxemburg) verschnitten.

Die Schweizer Kostensätze beruhen auf folgenden Grundlagen:[346]

- **Bodenversiegelung** (oder Habitatverluste): Spezifische Ersatzkosten pro Infrastrukturlänge für die Wiederherstellung der verlorenen Biotope. Der Kostensatz widerspiegelt die Kosten, um die verlorenen Biotop- bzw. Ökosystemflächen anderswo wiederherzustellen. Dabei sind Kosten für Landerwerb, Instandstellung und Pflege ermittelt und in Jahreskosten umgerechnet worden.
- **Zerschneidung** (oder Habitatfragmentierungen): Spezifische Ersatzkosten pro Infrastrukturlänge für Erstellung und Unterhalt von Defragmentierungsbauwerken (Überführungen, Unterführungen, Durchlässe wie Wildtierbrücken und Röhren).

Die Kostensätze sind nach verschiedenen Strassentypen differenziert. Hergeleitet wurden sie auf Basis einer Luftbildanalyse: Im Rahmen jener Luftbildanalyse wurde einerseits ermittelt, welche und wie grosse Biotoptypen (Habitate) seit 1950/60 durch Verkehrsinfrastrukturen verschwunden sind.[347] Andererseits wurde analysiert, ob die untersuchten Verkehrswege Lebensräume für bestimmte Tiergruppen[348] zerschneiden und wie viele solche Fragmentierungen es gibt. Die Ergebnisse beruhen damit auf verschiedenen Biotoptypen (Bodenversiegelung) bzw. auf verschiedenen betroffenen Tiergruppen (Zerschneidung).

---

[346] Die Wert werden aus Infras, Ecoplan (2018, Externe Effekte des Verkehrs 2015) übernommen, basieren aber ursprünglich auf Econcept, Nateco (2004), Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft. Die folgenden Texte sind teilweise aus Ecoplan, Infras (2014, Externe Effekte des Verkehrs 2010) übernommen.

[347] Es werden also nur Effekte miteinbezogen, die nach 1950/1960 entstanden sind.

[348] Es werden sechs Tiergruppen unterschieden: Reh, Feldhase, Dachs, Igel, Amphibien, Bachlebewesen (Econcept, Nateco 2004, Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft, S. 54).

Die Zerschneidung der Lebensräume wird nur ausserorts berücksichtigt, weil innerorts für viele Tiere gar kein Lebensraum zur Verfügung steht und auch die übrigen nicht-verkehrlichen Infrastrukturen zu Zerschneidungen führen. Bodenversiegelungen entstehen hingegen nicht nur ausserorts, sondern auch innerorts. Wie in der Schweiz werden innerorts jedoch nur grössere Strassen berücksichtigt (vgl. Abbildung 26-1 unten).

Schliesslich werden die gesamten Kosten durch Bodenversiegelung und Zerschneidung über gewichtete Fahrzeugkilometer auf die Fahrzeugkategorien verteilt, wobei im Strassenverkehr die Fahrzeuglänge als Gewicht verwendet wird und im Schienenverkehr die Zugkm.

Seit etwa 10 Jahren werden in Luxemburg bei der Umweltgenehmigung von Projekten **Kompensationsmassnahmen** vorgeschrieben, die als Teil des Projektes realisiert werden müssen. Dabei muss z.B. das überbaute Habitat (wie etwa gerodeter Wald) andernorts ersetzt werden (Bepflanzung eines Ackers mit Bäumen).[349] Die Kompensationsmassnahmen in Luxemburg beziehen sich dabei vor allem auf die Bodenversiegelung (oder Habitatzerstörung), weniger auf die Zerschneidung. In der KNA kann deshalb die Bewertung bei Kompensationsmassnahmen entsprechend reduziert werden. Die Bewertung ergibt sich in der KNA aus der Multiplikation der Streckenlänge mit dem Kostensatz. Im MOBIMPACT-Tool ist der Kostensatz fix vorgegeben, so dass bei Kompensationsmassnahmen die Streckenlänge anteilsmässig reduziert werden kann (werden alle Effekte der Bodenversiegelung und Zerschneidung durch die Kompensation behoben, kann der Effekte ganz entfallen).

Bei der Berechnung der Kosten von Bodenversiegelung und Zerschneidung im Rahmen der Transportrechnung führen Kompensationsmassnahmen zu einer Internalisierung der externen Kosten. Für die Quantifizierung dieser Internalisierung wären jedoch zusätzliche Datengrundlagen nötig, die im Rahmen der vorliegenden Studie nicht erhoben werden konnten. Deshalb muss auf eine Reduktion der berechneten Kosten durch getätigte Kompensationsmassnahmen verzichtet werden, was zu einer geringen Überschätzung der Kosten führt.[350]

26.3 Verwendete Datengrundlagen

26.3.1 Kostensätze

Für die Bewertung in Luxemburg werden die Kostensätze aus dem Schweizer Mittelland übernommen.[351] Die in der folgenden Abbildung dargestellten Kostensätze werden mit der

[349] Gemäss Auskunft des MDDI wird laut dem neuen Umweltgesetz die Umweltzerstörung von Fachleuten in Ökopunkten berechnet. Der Bauherr muss die ermittelten Ökopunkte beim Amt gegen eine entsprechende Entschädigung erwerben. Mit den so erzielten Einnahmen sorgt das zuständige Amt für einen sinnvollen Ersatz der verkauften Ökopunkte an geeigneter Stelle. So kann zum Beispiel die Zerstörung eines Waldrandes mit dem Erstellen eines Feuchtbiotops kompensiert werden.

[350] Diese Überschätzung ist gering, weil Kompensationsmassnahmen erst seit ca. 5 bis 10 Jahren erfolgen (d.h. der Grossteil des Verkehrsnetzes wurde nie kompensiert) und weil auf Bodenversiegelung und Zerschneidung nur ca. 1.1% der gesamten Kosten der Transportrechnung entfallen.

[351] Da Luxemburg zwischen 129 und 560 m.ü.M liegt, dürften die Daten für das Mittelland am besten geeignet sein.

Kaufkraftparität auf Luxemburg übertragen und mit dem luxemburgischen Baupreisindex von 2015 auf 2016 fortgeschrieben. Für Autobahnen und Nationalstrassen sind die Kostensätze für die Bodenversiegelung innerorts und ausserorts gleich. Für Chemin repris beträgt der Kostensatz innerorts nur die Hälfte von ausserorts und für Gemeindestrassen werden keine Kosten veranschlagt. Für Nationalstrassen, Chemin repris und Gemeindestrassen werden die Kostensätze aus der Schweiz für 1.-, 2.- und 3.-Klass-Strassen übernommen.[352]

Abbildung 26-1 Kostensätze für Bodenversiegelung und Zerschneidung in Luxemburg im Schienenverkehr im Jahr 2016

Kosten in € pro Meter und Jahr	Bodenversiegelung ausserorts	Bodenversiegelung innerorts	Zerschneidung ausserorts
Autobahn	13.6	13.6	105.0
Nationalstrasse	4.0	4.0	18.8
Chemin repris	3.8	1.9	1.9
Gemeindestrasse	4.6	-	1.9
Schiene	8.6	8.6	18.1

26.3.2 Infrastrukturlängen

Um die gesamten Kosten der bestehenden Infrastruktur in Luxemburg zu berechnen, können die oben hergeleiteten Kostensätze mit den Längen der Verkehrswege in Luxemburg multipliziert werden. Die Längen der Strassen in Luxemburg wurden uns vom MDDI zur Verfügung gestellt (Autobahnen ohne Tunnels[353], Gemeindestrassen aus GIS-Auswertung) und sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Im Schienenverkehr ist die Länge der ein- oder mehrspurigen Abschnitte zu verwenden, die vom STATEC stammt. Für die Aufteilung auf innerorts und ausserorts wurde eine GIS-Auswertung des MDDI zu den Flächen der Verkehrswege verwendet.

[352] In der Schweiz gelten folgende Definitionen:

- 1.-Klass-Strassen: Hauptstrassen mit mindestens 6 Meter Breite, so dass zwei Lastwagen sich ungehindert kreuzen können, und für den gemischten Verkehr (Velos, Traktoren) gestattet. Diese Strassen haben oft einen Velostreifen und Trottoir.
- 2.-Klass-Strassen: Nebenstrassen mit mindestens 4 Meter Breite, so dass zwei Autos sich ungehindert kreuzen können. Ortsverbindungen, wichtige Strassen innerorts und Quartierstrassen.
- 3.-Klass-Strassen: Strassen 3. Klasse sind mindestens 2.80 Meter breit und damit auch für Lastwagen und Autobusse einspurig befahrbar. Sie haben nicht zwingend einen Hartbelag. Erschliessung von Dörfern, Einzelgebäuden.

[353] Da Tunnels weder zu Bodenversiegelung, noch zu Zerschneidungen führen.

Abbildung 26-2 Längen der Verkehrswege in Luxemburg im Jahr 2016

Länge in km	ausserorts	innerorts	Total
Autobahn	159.39	1.61	161.00
Nationalstrasse	602.12	234.88	837.00
Chemin repris	1'330.26	560.74	1'891.00
Gemeindestrasse	3'658.76	2'230.82	5'889.58
Total Strasse	5'750.53	3'028.05	8'778.58
Schiene	224.39	50.61	275.00

26.3.3 Alllokation der Kosten auf die Fahrzeugkategorien

Für die Verteilung der Kosten durch Bodenversiegelung und Zerschneidung auf die Fahrzeugkategorien wird die Methodik aus der Schweiz mit Luxemburger Zahlen übernommen:

- Im Schienenverkehr werden die gesamten Kosten über die Zugkm auf den Personen- und Güterverkehr verteilt.
- Im Strassenverkehr werden die Kosten der Zerschneidung mit den Fzkm verteilt, wobei die Fzkm mit der Länge der Fahrzeuge gewichtet werden.[354]
- Die Bodenversiegelung ausserorts wird zu 9.5% direkt dem Schwerverkehr zugeteilt (und innerhalb des Schwerverkehrs mit den Fzkm verteilt), weil die Strassen aufgrund des Schwerverkehrs breiter gebaut werden müssen. Die restlichen Kosten werden über die mit den Längen gewichten Fzkm verteilt.
- Bei der Bodenversiegelung innerorts wird 1% der Kosten auf Nationalstrassen und Chemin repris verkehrsfremden Nutzungen zugewiesen. Weitere 9% der Kosten (auf Autobahnen 0%) werden der aktiven Mobilität zugeschlagen und innerhalb der aktiven Mobilität mit den Fzkm verteilt. Der Rest wird wie die Bodenversiegelungskosten ausserorts verteilt.

26.4 Ergebnisse

Bei den im Folgenden dargestellten Zahlen handelt es sich um grobe Schätzungen, die nicht auf die speziellen Gegebenheiten von Luxemburg Rücksicht nehmen.

26.4.1 Kostensätze für die KNA

In der folgenden Abbildung werden die Kostensätze für die KNA nochmals zusammengefasst. Dabei werden die Effekte von Bodenversiegelung und Zerschneidung ausserorts addiert. Die Kostensätze innerorts beruhen hingegen lediglich auf der Bodenversiegelung. Diese Kostensätze können verwendet werden, wenn neue Infrastrukturen gebaut werden (oder alte rückgebaut werden).

[354] Die Längen werden aus der Schweiz übernommen: PKW 4.5m, Reisebus 9.0m, Motorrad 2.0m, Mofa 1.5m, öffentlicher Bus 10.8m, leichte Nutzfahrzeuge 4.8m und schwere Nutzfahrzeuge 11.65m.

Abbildung 26-3: Kostensatz für Bodenversiegelung und Zerschneidung im Strassenverkehr im Jahr 2016

	€ / m / Jahr	
	ausserorts	innerorts
Autobahn	118.60	13.57
Nationalstrasse	22.80	3.98
Chemin Repris	5.75	1.91
Gemeindestrasse	6.48	-
Schiene	26.67	8.55

Veränderung des Kostensatzes über die Zeit: Die Kostensätze sind real konstant.

26.4.2 Zwischenergebnis für die Transportrechnung Luxemburg

Im Folgenden werden als Input in die Transportrechnung die Gesamtkosten für das Land Luxemburg berechnet.

a) Strassenverkehr

Im Strassenverkehr fallen insgesamt Kosten von 29 Mio. € durch Bodenversiegelung und 38 Mio.€ durch Zerschneidung an – oder insgesamt 66 Mio. €. 74% dieser gesamten Kosten entfallen auf die PKW, 13% auf schwere Nutzfahrzeuge und 9% auf leichte Nutzfahrzeuge.

Abbildung 26-4: Kosten der Bodenversiegelung und Zerschneidung in Luxemburg im Strassenverkehr im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Bodenversiegelung	4.4	15.4	0.0	0.1	20.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2
Zerschneidung	6.5	22.5	0.0	0.2	29.2	0.1	0.1	0.0	-	-	-
Total	10.9	38.0	0.0	0.3	49.2	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2

in Mio. €	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr					Gesamttotal
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF	
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel	
Bodenversiegelung	1.1	-	1.1	-	0.0	2.3	0.0	2.4	4.7	28.5
Zerschneidung	0.8	-	0.8	-	0.1	3.4	0.0	3.5	3.8	37.5
Total	1.9	-	1.9	-	0.1	5.8	0.0	5.8	8.5	66.0

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Diese Kosten werden zu 100% von der Allgemeinheit getragen.

b) Schienenverkehr

Im Schienenverkehr sind die Kosten von Bodenversiegelung und Zerschneidung mit 2.4 und 4.1 bzw. insgesamt 6.4 Mio. € deutlich tiefer als im Strassenverkehr. Der Grossteil der Kosten (93%) werden dem Personenverkehr zugeschrieben, dem Güterverkehr hingegen nur 7%.

Abbildung 26-5 Kosten der Bodenversiegelung und Zerschneidung in Luxemburg im Schienenverkehr im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	Total
Bodenversiegelung	2.18	0.18	2.35
Zerschneidung	3.76	0.30	4.06
Total	5.94	0.48	6.42

Aufteilung der Kosten auf die Kostenträger: Diese Kosten werden zu 100% von der Allgemeinheit getragen.

27 Finanzierung des Verkehrs

Im Folgenden wird die Finanzierung des Verkehrs erläutert, welche für die Verteilung der direkten Kosten auf die finale Kostenträger in der Transportrechnung benötigt wird.[355]

27.1 Strassenverkehr

27.1.1 Finanzierungs-Ebenen

In Luxemburg bestehen zwei öffentliche Budget-Ebenen:

1. Staatliche Ebene (Staatsbudget – nach Ministerien)
2. Gemeindeebene

Betreffend der Finanzierung des Strassenverkehrs gilt es zwei Kategorien von Strassen zu unterscheiden:

- **Staatsstrassen**, die durch den Staat finanziert werden. Diese Strassen sind wiederum in zwei Kategorien unterteilt:
  - Die Autobahnen (z.B. A-1) und Nationalstrassen (N-1), bei denen der Staat sowohl Eigentümer des Landes als auch der Strasse selbst ist. Diese Strassen sind überregional.
  - Die Regionalstrassen (CR-110) («chemin repris par l'Etat»), die der Staat irgendwann von den Gemeinden übernommen hat. Bei diesen Strassen sind die Gemeinden i.d.R. noch Eigentümer des Landes, wobei aber dem Staat die Strasse gehört und er auch zuständig für deren Unterhalt ist.
- **Gemeindestrassen**, die von den Gemeinden finanziert und unterhalten werden (lokale Strassen, evtl. inkl. lokale Radwege). Für diese Strassen sind exklusiv die lokalen Gemeinden verantwortlich. Es handelt sich um Siedlungsstrassen und Zubringerstrassen zu den CR-Strassen. Durch jedes Dorf führt wenigstens eine CR-Strasse. Die Gemeinden planen, bauen und unterhalten die Gemeindestrassen unter einem PAG (Plan d'Aménagement Général), der von mehreren Ministerien (Umwelt, Wohnungsbau, Nachhaltigkeit) begutachtet und schliesslich vom Innenministerium gebilligt werden muss.

27.1.2 Finanzierung des Strassenverkehrs

Für die Finanzierung der Staatsstrassen gilt grundsätzlich, dass die Einnahmen (Steuern, andere Abgaben) nicht spezifischen Ausgaben oder Projekten zugeordnet werden. Es besteht

[355] Wie in Abschnitt 3.3.2 erwähnt, werden viele Kosten des Verkehrs final nicht von jenen Kostenträgern getragen, welche sie im Moment der Kostenentstehung übernehmen. Ein klassisches Beispiel sind die Fahrzeugbetriebskosten im ÖV. Diese werden im ersten Schritt zwar vom Transportunternehmen getragen (direkter Kostenträger), aber über Billettkosten auf die Verkehrsteilnehmenden und über Subventionen auf die öffentliche Hand übertragen. Sowohl die Verkehrsnutzenden wie auch der Staat sind in diesem Beispiel die finalen Kostenträger der Fahrzeugbetriebskosten.

also mit wenigen Ausnahmen keine Zweckbindung bei Steuern oder Abgaben.[356] Grundsätzlich fliessen somit alle Einnahmen – losgelöst vom Abgabe- oder Steuersubjekt – in einen gemeinsamen Topf («Trésorerie de l'Etat»), und alle Ausgaben werden über das Budget durch das Finanz- und Budgetministerium geregelt. Trotzdem kann von der Herkunft der Einnahmen abgeleitet werden, welchen Anteil die Teilnehmenden des Strassenverkehrs über spezifische Strassenverkehrssteuern und -abgaben an die Verkehrskosten leisten.

In Abbildung 27-1 sind die einzelnen Finanzierungsquellen des Staates im Strassenverkehr aufgelistet. Insgesamt ergeben sich Einnahmen von rund 220 Mio. € nach dem Territorialprinzip, welches für die Transportrechnung relevant ist. Ohne die Internalisierung der Klimakosten über den Kyoto-Fonds sind es noch 175 Mio. €. Die Einnahmen stammen aus folgenden Finanzierungsquellen:

Abbildung 27-1: Finanzierung des Strassenverkehrs 2016

Finanzierungsquelle (in Mio. €)	Territorialprinzip	Territorial ohne Kyoto
Treibstoff-Steuer: UEBL	148.07	148.07
Treibstoff-Steuer: Lux-autonom	53.93	53.93
Treibstoff Steuer: Contrib Sociale Fonds de l'emploi	38.24	38.24
Treibstoff Steuer: Fonds Changmt Climatique «Kyoto»	17.02	0.00
KFZ-Steuer	66.60	39.96
Eurovignette	11.88	11.88
Konzessionen von Autobahn-Tankstellen	n.a.	n.a.
Pendlerpauschale (Steuerverlust)	-115.00	-115.00
Leasing-Abschreibung (Steuerverlust)	-27.65	-27.65
Einnahmen aufgrund von Strafzetteln	25.93	25.93
Total Einnahmen	**219.03**	**175.37**

- Die **Treibstoffsteuer**, welche in vier Unterbereiche unterteilt werden kann:
  - UEBL («Union Economique Belgo-Luxembourgeoise» - gemeinsam mit Belgien erhobene Treibstoffsteuer): Der Steuersatz auf Benzin beträgt 0.245 € / l, jener auf Diesel 0.198 € / l.
  - Von Luxemburg autonom erhobene Treibstoffsteuer: Der Steuersatz auf Benzin beträgt 0.059 € / l, jener auf Diesel 0.080 € / l.
  - Contribution Sociale Fonds de l'emploi: Der Steuersatz auf Benzin beträgt 0.138 € / l, jener auf Diesel 0.031 € / l.
  - Fonds Changement Climatique «Kyoto»: Der Steuersatz auf Benzin beträgt 0.020 € / l, jener auf Diesel 0.025 € / l.

  Insgesamt betragen die Einnahmen aus der Treibstoffsteuer nach dem Territorialprinzip insgesamt 257 Mio. €. Die gesamten Einnahmen aus den Treibstoffsteuern in Luxemburg

[356] Ausnahmen: «Kyoto-Fonds» und «Contribution Sociale Fonds de l'emploi» (vgl. weiter unten).

belaufen sich für das Jahr 2016 auf insgesamt 827 Mio. €, also 570 Mio. € mehr als nach dem Territorialprinzip. Grund dafür ist, dass die Treibstoffsteuern in Luxemburg tief sind (tiefer als in allen drei Nachbarländern) und deshalb viele Ausländer in Luxemburg tanken. So sind die Treibstoffsteuereinnahmen für ca. 8% der Staatseinnahmen Luxemburgs verantwortlich. Der Grossteil des von Ausländern gekauften Treibstoffs wird jedoch im Ausland verbraucht und ist somit für das Territorialprinzip in Luxemburg nicht relevant. Hier werden also nur 257 Mio. € oder ein Anteil von 31.1% an den gesamten Treibstoffsteuereinnahmen berücksichtigt. Die Treibstoffsteuereinnahmen pro Fahrzeugkategorie werden auf Basis der zurückgelegten Fzkm resp. des dafür benötigten Benzin- bzw. Dieselverbrauchs (in g / Fzkm) und dem darauf veranschlagten Steuersatz berechnet, wobei zwischen den Steuern auf Benzin (0.462 € / l) und Diesel (0.335 € / l) unterschieden wird.[357]

Exkurs: Vergleich zur Ewringmann-Studie

Für die Treibstoffsteuer-Einnahmen in Luxemburg gibt es bisher eine wichtige Studie: Ewringmann (2016, Ermittlung und Bewertung der positiven und negativen Wirkungen des Treibstoffverkaufs). Unsere Zahlen stimmen mit dieser Studie überein, denn wir können die Ergebnisse dieser Studie praktisch perfekt nachvollziehen: Für 2012 berechnet Ewringmann (2016, Tabelle 17) Einnahmen aus der UEBL-Treibstoffsteuer von 557.7 Mio. €. Wir berechnen für 2012 Einnahmen von 557.1 Mio. € (Differenz 0.1%, was auf unsere Vernachlässigung einiger Kraftstoffe (Landwirtschaft- und Industrie-Treibstoffe) zurückzuführen sein dürfte, die eine sehr geringe Menge ausmachen).

- Die **KFZ-Steuer**, wovon 40% in den Kyoto-Fonds fliessen (26.6 Mio. €) und die restlichen 60% (40 Mio. €) frei verfügbar sind. Die Aufschlüsselung der Einnahmen von knapp 67 Mio. € auf die verschiedenen Fahrzeugkategorien erfolgt auf Basis der auf die einzelnen Fahrzeugkategorien hochgerechneten KFZ-Steuereinnahmen (Durchschnittliche KFZ-Steuer pro Fahrzeug[358] * Anzahl Fahrzeuge). Zudem haben wir von der «Administration des douanes et accises» (Mail vom 14.2.2018) Angaben zu den KFZ-Steuereinnahmen für den Güterverkehr und Reisebusse erhalten und in die Berechnungen integriert.
- Die «**Eurovignette**» mit Einnahmen von 12 Mio. € wird nur auf LKW erhoben.
- **Konzessionen von Autobahn-Tankstellen**: Diese Konzessionen brachten dem Staat im Jahr 2012 ungefähr 32 Mio. € Einnahmen.[359] Seither wurden 2 der 3 Autobahn-Konzessionen neu verhandelt, und jetzt gelten verschiedene Regeln für jede der 3 Autobahn-Raststätten (Roeser, Capellen-Garnich, Wasserbillig). Man kann davon ausgehen, dass die Staats-Einnahmen gestiegen sind nach diesen Neuverhandlungen (wahrscheinlich in eine Grössenordnung von 35 – 40 Mio. €). Zum einen sind die Abgabe-Prozente (auf Treibstoff) gestiegen, zum anderen gibt es jetzt auch noch eine zusätzliche Abgabe (zusätzlich zu den

[357] Zudem werden die Umrechnungsfaktoren 742 g/l für Benzin und 832 g/l für Diesel verwendet (SN 641 827, 2009).

[358] Die Steuersätze pro Fahrzeug basieren wiederum auf den CO2-Emissionen.

[359] Ewringmann (2016), Ermittlung und Bewertung der positiven und negativen Wirkungen des Treibstoffverkaufs.

bestehenden Accises- und Mehrwert-Steuern) auf den Verkäufen in den jeweiligen Shops. Diese Verkaufssteuern haben aber nicht mehr direkt mit dem Verkehr zu tun.

Die Konzessions-Einnahmen werden in Absprache mit dem Auftraggeber nicht berücksichtigt, da die grosse Mehrheit der Luxemburger Fahrer und auch der in Luxemburg arbeitenden Pendler nicht an diesen Tankstellen tankt. Im Gegenteil, diese Autobahn-Tankstellen werden vorwiegend vom Durchgangsverkehr genützt, weil dieser dann nicht von der Autobahn herunterfahren muss.[360]

Die Konzessions-Einkommen sind also nicht relevant für die vorliegende Studie.

- **Pendlerpauschale (Steuerverlust):** Der Staat gewährt Pendlern, je nach der Distanz zwischen ihrem Wohn- und Arbeitsort (gemessen in km), eine steuerliche Vergütung.[361] Dadurch entstehen dem Staat Steuerverluste von ca. 115 Mio. € (Abschätzung durch Steuerverwaltung, die uns vom MDDI übermittelt wurde). Diese Steuerverluste werden mit den pkm im Pendlerverkehr auf die verschiedenen Fahrzeugkategorien (inkl. Schienen-Personenverkehr) aufgeteilt. Dabei entfällt auf den Strassenverkehr ein Steuerverlust von gut 110 Mio. € und auf den Schienen-Personenverkehr ein Steuerverlust von knapp 5 Mio. €.
- Die **Steuerverluste aus dem Leasing** werden wie folgt grob abgeschätzt (die folgenden Datengrundlagen wurden uns vom MDDI zur Verfügung gestellt): Insgesamt sind in Luxemburg im Jahr 2016 ca. 36'000 geleaste PKW unterwegs.[362] Diese PKW dürften durchschnittlich in etwa 35'000 € Wert sein.[363] Durch jedes dieser Fahrzeuge kann bei einem (eher konservativ angenommenen) Bruttolohn von 4'000 € pro Monat jeden Monat eine Steuerersparnis von 64 € erzielt werden (542 statt 606 €).[364] Damit ergeben sich Steuerausfälle von 27.648 Mio. € (36'000 PKW * 64 € / Monat * 12 Monate). Dieser Betrag wird entsprechend der Fzkm auf die vier Antriebsarten der PKW aufgeteilt.
- Die Polizei hat auch **Einnahmen aufgrund von Strafzetteln** (z.B. für Geschwindigkeitsüberschreitungen oder unerlaubtes Parkieren). Im Jahr 2016 waren diese Bussen besonders hoch, da im März 2016 automatische Radarfallen aufgestellt wurden, die viele Geschwindigkeitsüberschreitungen registrierten. So sind die Busseneinnahmen der Polizei von 5.0 Mio. € im Jahr 2015 sprunghaft auf 18.7 Mio. € im Jahr 2016 angestiegen – und 2017 wieder gesunken auf 17.2 Mio. €, obwohl die Radarfallen 2017 ganzjährig betrieben wurden.[365] Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich die Verkehrsteilnehmenden nun besser an die Höchstgeschwindigkeiten halten. 2016 war damit ein Ausnahmejahr. Da wir an

---

[360] Diese Nicht-Berücksichtigung hat keinen grossen Einfluss auf das Endresultat: Wie oben gezeigt, werden nur gut 30% des in Luxemburg getankten Treibstoffs auch in Luxemburg verfahren (Territorialprinzip). An den Autobahntankstellen dürfte dieser Anteil noch deutlich geringer sein. Selbst wenn man von den 30% ausgehen würde, würden also nur ca. 12 Mio. € zusätzliche von den Verkehrsnutzenden an den Staat gezahlt. Damit würden sich die von den Verkehrsnutzenden final getragenen Kosten lediglich um 0.2% erhöhen (vgl. Abbildung 29-7). Der wahre Wert dürfte deutlich kleiner sein.

[361] Verminderung des zu besteuernden Einkommens bis zu einem Maximalbetrag von 2'574 € / Jahr.

[362] Siehe http://www.automarket.lu/news/le-leasing-au-luxembourg-quelles-perspectives-n52.html

[363] Leasing-PKW sind etwas teurer als durchschnittliche Autos.

[364] KPMG (2016), Réforme fiscale 2017.

[365] Gemäss Angaben der Polizei Luxemburgs (Mail vom 22.3.2018).

anderen Stellen oft Durchschnitte über mehrere Jahre verwenden, verwenden wir hier die Zahl von 2017, die eher dem längerfristigen Durchschnitt mit Radarfallen entsprechen dürfte. Dazu sind noch die Einnahmen der Gemeindepolizei (agents municipaux) aufgrund von Strafzetteln von 8.8 Mio. € zu zählen, die mehrheitlich durch Parkbussen entstehen. Diese Einnahmen werden über die Fzkm auf die Fahrzeugkategorien verteilt. Dabei wird der Fussverkehr vernachlässigt, da kaum Strafzettel an Fussgänger ausgestellt werden dürften und die Fzkm der Fahrräder und Pedelecs werden mit 0.2 gewichtet.

Neben den Einnahmen auf staatlicher Ebene fallen zusätzliche Einnahmen auf Gemeindeebene an:

- **Parkraumbewirtschaftung**: Im Rahmen der Parkraumbewirtschaftung fallen jährliche Einnahmen von 13 Mio. € an (Position 623 in den Gemeindebudgets).[366]
- **Diverse Einnahmen**: Unter dieser Kategorie werden folgende Einnahmen zusammengefasst (Positionen 622 und 624 in den Gemeindebuchhaltungen – total 9.3 Mio. €):
  - Einnahmen für Werbeflächen
  - Einnahmen aus Versicherungsleistungen, welche Unfallschäden begleichen (z.B. umgefahrenen Verkehrsschilder)
  - Baukostenbeteiligungen von Dritten (z.B. Hauseigentümer für Erschliessungsstrassen oder für die Wiederherstellung von privaten Flächen)
  - Einnahmen des Veloverleihs «Velo'h» in der Stadt Luxemburg

27.2 Öffentlicher Strassenverkehr

Der öffentliche Strassenverkehr in Luxemburg wird im Jahr 2016 durch den Busverkehr abgedeckt.[367] Die vom öffentlichen Strassenverkehr zu bezahlenden Treibstoff- und KFZ-Steuern wurden bereits in der vorangehenden Abbildung abgedeckt. Nun soll noch die übrige Finanzierung erläutert werden.

27.2.1 Marktstruktur der Busunternehmen in Luxemburg

In Luxemburg gibt es drei Busunternehmen:

- **RGTR** (Régime Général des Transports Routiers) ist die nationale inter-städtische Bus-Organisation. Betreiber dieser Busse sind oft Privatfirmen, die im Auftrag des RGTR, also des MDDI (nach Angebot und Lastenheft) diese Linien betreiben. Auch unter RGTR zu subsumieren sind die Buslinien, welche die **CFL** (Chemin de Fer Luxembourgeois) betreibt. Die CFL ist die luxemburgische Eisenbahn, welche frühere Bahnlinien nun mit Bussen betreibt.

[366] Den Einnahmen für die Parkraumbewirtschaftung stehen Ausgaben von 11.8 Mio. € gegenüber. Daraus resultiert ein Gewinn von knapp 1.2 Mio. € für die Gemeinden. Die Ausgaben der Parkraumbewirtschaftung werden bei den Kosten der Gemeindestrassen berücksichtigt (vgl. Abschnitt 0.

[367] Im Jahr 2016 verkehrten in Luxemburg keine weiteren öffentlichen Strassenverkehrsmittel. Im Jahr 2017 wurde die erste Tramlinie in Betrieb genommen.

- **TICE** (Transport Intercommunal du Canton de Esch s/ Alzette) ist ein interkommunales Syndikat im Süd-Westen des Landes (Kanton Esch), welches vom MDDI zu den Tarifen des RGTR finanziert wird, als Syndiakt aber einen Zuschlag auf die Fahrer-Vergütungen bezahlt. Betreiber ist oft der TICE selbst oder Privatfirmen im Auftrag der TICE.
- **AVL** (Autobus de la Ville de Luxembourg) ist die kommunale Bus-Organisation der Stadt Luxemburg, an die sich einige Peripherie-Kommunen angeschlossen haben (Strassen, Bertrange, Senningen, Walferdange, Steinsel, Leudelange, etc.). Betreiber sind sowohl die Stadt selbst mit eigenen Bussen und Fahrern wie auch Privatfirmen im Auftrag der Stadt Luxemburg.

27.2.2 Finanzierung des öffentlichen Strassenverkehrs in Luxemburg

Auf der einen Seite fallen im öffentlichen Strassenverkehr die Betriebskosten der Busunternehmen an. Diese Kosten sind in der untenstehenden Abbildung für die einzelnen Busunternehmen aufgelistet und betragen insgesamt 369 Mio. €. (vgl. Abbildung 13-1, wobei nun die Treibstoff- und KFZ-Steuern und die Abgaben an den Kyoto-Fonds nicht abgezogen werden, da diese ebenfalls finanziert werden müssen).

Abbildung 27-2: Betriebskosten der Busunternehmen im öffentlichen Verkehr[368]

Betriebskosten in Mio. € 2016	Dieselbus
AVL	56.93
RGTR (Betreiber AVL)	6.15
TICE	12.74
RGTR (Betreiber TICE)	29.36
RGTR (Betreiber CFL)	26.87
RGTR (private Betreiber)	150.02
Adapto	13.42
Capabs	33.95
Nachtverkehre (Citynightbus, Late-Night-Busse etc.)	0.56
Kosten Gemeinden	38.96
Total	**368.96**

Auf der anderen Seite bestehen beim öffentlichen Strassenverkehr Finanzierungsquellen, durch welche die oben genannten Betriebskosten gedeckt werden. Wie die untenstehende Abbildung zeigt (vgl. auch Kapitel 17.3), werden durch die Ticketverkäufe Einnahmen von rund 30 Mio. € erwirtschaftet, wodurch lediglich 8.2% der oben ausgewiesenen Betriebskosten gedeckt werden können.

[368] Adapto und Capabs bieten Spezialtransporte für behinderte Personen mit eingeschränkter Mobilität an (Kleinbusse, Adapto mit Selbstbeteiligung; Capabs ohne Selbstbeteiligung).

Das verbleibende Defizit (d.h. Betriebskosten minus Ticketeinnahmen) von 338.6 Mio. € wird durch den Staat (inkl. Gemeinden) beglichen. Da die ÖV-Ticketpreise in Luxemburg sehr günstig sind[369], wird der ÖV somit weitgehend durch den Staat subventioniert.

Abbildung 27-3: Einnahmen aus Ticketverkäufen im öffentlichen Strassenverkehr

Erlöse in Mio € 2016	Dieselbus
Verkehrsverbund	17.61
Zusatzerträge Regiotickets RGTR (nationaler Anteil)	1.85
Adapto	0.64
Gemeindebusse	10.31
Total	**30.40**

27.3 Schienenverkehr

27.3.1 Regionaler Personenverkehr

Neben den Infrastrukturkosten fallen für den **regionalen Personenverkehr** Betriebskosten an von rund 197 Mio. € (Daten von MDDI – vgl. auch Abbildung 13-1)[370]. Wie beim öffentlichen Strassenverkehr werden die Betriebskosten auch beim öffentlichen Schienenverkehr teilweise durch Ticketverkäufe gedeckt. So werden durch die Ticketverkäufe Einnahmen von knapp 36 Mio. € generiert, wodurch 18.1% der Betriebskosten gedeckt werden können.

Die Finanzierung des verbleibenden Defizits (d.h. Betriebskosten minus Ticketeinnahmen) von 161.1 Mio. € wird beim regionalen Zugverkehr über den «Contrat de Service Public» zwischen dem Staat und der CFL geregelt (bis ins Jahr 2024). Wie bereits erwähnt, sind die ÖV-Ticketpreise in Luxemburg sehr günstig, entsprechend kommt es auch im schienengebundenen ÖV zu einer weitgehenden Subventionierung durch den Staat.

Zudem sind auch die Steuerverluste aufgrund der Pendlerpauschale zu berücksichtigen (wie beim Strassenverkehr; vgl. Abschnitt 27.1.2). Der Staat gewährt Pendlern, je nach Km-Abstand zum Arbeitsplatz, eine steuerliche Vergütung.[371] Dadurch entsteht dem Staat beim Schienen-Personenverkehr ein Steuerverlust von knapp 5 Mio. €.

[369] Schüler und Studenten fahren gratis, Pensionierte sehr günstig und Arbeitnehmer zahlen lediglich 150 € / Jahr.

[370] Conrtibution de l'Etat aux activités des CFL (TVA comprise) / Janvier à Décembre 2016

[371] Verminderung des zu besteuernden Einkommens bis zu einem Maximalbetrag von 2'574 € / Jahr.

27.3.2 Güterverkehr

Der **Güterverkehr** wird in Luxemburg von privaten Firmen betrieben und deshalb grundsätzlich privat finanziert.

Es besteht jedoch eine Subvention von 4.6Mio. € für den kombinierten Verkehr, welche das Umladen von Containern von Lastwagen auf Züge fördert (vgl. Kapitel 17.3.3). Zudem ist zu erwähnen, dass als Trassenpreise die Grenzkosten verrechnet werden. Aufgrund der Fixkosten kann dies auch als eine Subventionierung des Güterverkehrs angesehen werden, die aber hier aufgrund fehlender Daten nicht beziffert werden kann.

Von den Betriebskosten des Schienen-Güterverkehrs von 12.9 Mio. € werden also 4.6 Mio. € durch Subventionen getragen, der Rest von 8.3 Mio. € von den Verkehrsteilnehmenden.

Zudem ist im Schienen-Güterverkehr noch der Trassenpreis von 0.89 Mio. € zu berücksichtigen (vgl. Kapitel 18.4.2). Im Schienen-Personenverkehr ist der Trassenpreis bereits in den Betriebskosten (Indikator W9) enthalten, so dass er hier nicht nochmals berücksichtigt werden darf.

27.4 Ergebnis für Transportrechnung

Nachstehend werden die Finanzierungsquellen im Strassen- und Schienenverkehr ausgewiesen.

a) Strassenverkehr

Die folgende Abbildung fasst die Finanzierung des Strassenverkehrs von 203 Mio. € zusammen. Die KFZ-Steuer fliesst hier nur zu einem Anteil von 60% mit ein, die restlichen 40% der KFZ-Steuer werden bei den Klimakosten berücksichtigt. Im untersten Teil der Abbildung wird zudem die Finanzierung des Strassen-ÖV dargestellt: 339 Mio. € stammen aus der Subventionierung durch den Staat (übriger Staat) und auf 30 Mio. € belaufen sich die Billetteinnahmen.

Abbildung 27-4: Finanzierung des Strassenverkehrs im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr										
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität		
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss
Antriesbsart	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel
Finanzierungsquellen Strassenverkehr	56.0	69.1	-0.1	0.8	125.9	0.7	1.0	0.2	0.0	0.0	0.1
Staat											
Treibstoff Steuer (Benzin)	63.4	-	-	1.1	64.5	-	1.1	0.4	-	-	-
Treibstoff Steuer (Diesel)	-	113.6	-	0.2	113.8	0.6	-	-	-	-	-
60% der KFZ-Steuer	11.7	22.2	-	0.1	34.1	0.0	0.2	-	-	-	-
ÖV: Treibstoffsteuer und KFZ-Steuer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eurovignette	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pendlerpauschale (Steuerverlust)	-22.1	-77.2	-0.1	-0.6	-100.0	-	-0.6	-0.3	-	-	-
Leasing-Abschreibung (Steuerverlust)	-6.1	-21.3	-0.0	-0.2	-27.6	-	-	-	-	-	-
Einnahmen aus Bussen	4.8	16.8	0.0	0.1	21.8	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	-
Gemeinden											
Einnahmen Parkgebühren	2.6	9.0	0.0	0.1	11.6	-	-	-	-	-	-
Übrige Einnahmen	1.7	6.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1

in Mio. €	Öffentlicher Personenverkehr				Güterverkehr					Gesamttotal
	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF	
Antriesbsart	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel	
Finanzierungsquellen Strassenverkehr	-1.0	-	-1.0	-	0.6	24.1	0.0	24.7	50.9	202.5
Staat										
Treibstoff Steuer (Benzin)	-	-	-	-	0.4	-	-	0.4	-	66.4
Treibstoff Steuer (Diesel)	-	-	-	-	-	16.8	-	16.8	34.9	166.1
60% der KFZ-Steuer	-	-	-	-	0.1	2.7	-	2.8	2.7	39.8
ÖV: Treibstoffsteuer und KFZ-Steuer	7.9	-	7.9	-	-	-	-	-	-	7.9
Eurovignette	-	-	-	-	-	-	-	-	11.9	11.9
Pendlerpauschale (Steuerverlust)	-9.3	-	-9.3	-	-	-	-	-	-	-110.2
Leasing-Abschreibung (Steuerverlust)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-27.6
Einnahmen aus Bussen	0.3	-	0.3	-	0.0	2.4	0.0	2.4	1.1	25.9
Gemeinden										
Einnahmen Parkgebühren	-	-	-	-	0.0	1.3	0.0	1.4	-	13.0
Übrige Einnahmen	0.1	-	0.1	-	0.0	0.9	0.0	0.9	0.3	9.3
Finanzierung ÖV										
Subventionierung ÖV	338.6	-	338.6	-	-	-	-	-	-	338.6
ÖV-Erlöse	30.4	-	30.4	-	-	-	-	-	-	30.4

b) Schienenverkehr

Die untenstehende Abbildung zeigt, dass im Schienenverkehr durch die staatlichen Steuervergünstigungen beim regionalen Personenverkehr (Pendlerpauschale) der Staat die Verkehrsteilnehmenden mit knapp 5 Mio. € unterstützt. Durch Erlöse können die Bahnbetreiber 44 Mio. € ihrer Kosten decken. Die Güterverkehrsbetreiber verrechnen die Trassenpreise von knapp 1 Mio. € direkt den Verkehrsnutzenden weiter. Die restlichen ungedeckten Kosten der Bahnbetreiber von 166 Mio. € werden vom (übrigen) Staat übernommen (Subventionierung).

Abbildung 27-5: Finanzierung des Schienenverkehrs im Jahr 2016

in Mio. €	Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	Total
Pendlerpauschale (Steuerverlust)	**-4.85**	**-**	**-4.85**
Subventionierung ÖV	**161.11**	**4.59**	**165.70**
ÖV-Erlöse	**35.73**	**8.34**	**44.07**
Trassenpreise	**-**	**0.89**	**0.89**

Teil III: Ergebnisse

Im vorliegenden Teil III des Berichtes werden die zentralen Ergebnisse zusammengefasst. Dazu folgt in Kapitel 28 der Überblick zu sämtlichen Kostensätzen der Kosten-Nutzen-Analyse, die künftig zur Bewertung von Verkehrsprojekten in Luxemburg verwendet werden können. Danach folgen in Kapitel 29 die Ergebnisse der Transportrechnung.

28 Kostensätze für die Kosten-Nutzen-Analyse

a) Zielsetzung

Im vorliegende Bericht wurde einerseits die methodische Grundlage für künftige Kosten-Nutzen-Analysen (KNA) von Verkehrsprojekten in Luxemburg entwickelt. Gleichzeitig wurden für alle Kosten- und Nutzenelemente, die sich gemäss state-of-the-art in Geldeinheiten bewerten lassen, die spezifischen Kostensätze für Luxemburg erarbeitet. Die Ergebnisse dieses Berichts werden im softwarebasierten KNA-Tool MOBIMPACT umgesetzt. Mit dessen Hilfe lassen sich in Zukunft verschiedenste Verkehrsprojekte in Luxemburg nach einem standardisierten und automatisch ablaufenden Berechnungsverfahren bewerten, gegeneinander abwägen und in eine Prioritätenfolge setzen.

b) Methodische Grundlage

Für die Entwicklung der KNA-Methodik wurden vor allem auf die umfangreichen Arbeiten in der Schweiz zu Kosten-Nutzen-Analysen im Verkehrsbereich zurückgegriffen. Die Schweiz zählt zu den führenden Ländern, wenn es um die Bewertung von (externen) Kosten und Nutzen des Verkehrs, die Anwendung von standardisierten Bewertungsverfahren und den Ausweis einer verkehrsträgerübergreifenden Transportrechnung geht. Wo erforderlich und sinnvoll wurden weitere Studien und Verfahren aus anderen Ländern beigezogen.

c) Verwendete Datengrundlagen

Nebst der Bereitstellung einer fundierten Bewertungsmethodik wurde bei den gesamten Arbeiten grosses Gewicht darauf gelegt, die konkreten Bewertungsansätze (z.B. für die Betriebskosten der Fahrzeuge, für die Kosten von Verkehrsunfällen oder luftverschmutzungsbedingten Gesundheitsschäden usw.) auf der Basis von Luxemburger Daten zu erarbeiten. Hierzu wurde sehr umfassende Recherchen durchgeführt und zahlreiche Anfragen bei staatlichen und privaten Institutionen vorgenommen, um für möglichst alle Kosten- und Nutzenelemente spezifische, luxemburgische Datenquellen zu erschliessen. Dank dieser Anstrengungen basieren die meisten der hergeleiteten Kosten- bzw. Bewertungssätze auf Luxemburger Daten. Nur wo keine Datenquellen erschlossen werden konnten, wurden internationale Ergebnisse mit entsprechenden Anpassungsverfahren auf Luxemburg übertragen.

d) Kosten- bzw. Bewertungssätze im Überblick

In der nachfolgende Abbildung 28-1 werden die Hauptergebnisse in Tabellenform zusammengefasst. Der Aufbau der Abbildung orientiert sich am methodischen Vorgehen bei der Durchführung eine KNA, die im Wesentlichen aus einer Gegenüberstellung der Kosten und Nutzen bzw. den Auswirkungen eines Verkehrsprojektes besteht. Die hierzu ausgewiesenen Kostensätze für die 26 Indikatoren sind auf den Zeilen der Tabelle nach den Bereichen Wirtschaft (W), Gesellschaft (G) und Umwelt (U) gegliedert. Der Aufbau der Spalten ist wie folgt organisiert:

- In der dritten Spalte wird angegeben, in welcher Einheit der Ausweis des Kosten- bzw. Bewertungssatzes erfolgt.
- Der folgende Block «Anteil Kostenträger» (Spalten vier bis acht) zeigt, welche Kostenträger (Verkehrsteilnutzende, ÖV-Betreiber, Staat als Infrastrukturbetreiber, übriger Staat und Allgemeinheit) die Kosten bzw. Nutzen tragen.
- In den weiteren Spalten folgen anschliessend die spezifischen Kosten- bzw. Bewertungssätze für alle betrachteten Fahrzeugkategorien (inkl. Antriebsarten) im Strassen- und Schienenverkehr.

e) Interpretation und Anwendung der Kostensätze

Bei den ausgewiesenen Werten handelt es sich um Kostensätze, welche sich zur Bewertung von Kosten- oder Nutzenveränderungen eignen, die sich als Folge eines Verkehrsprojektes oder einer Verkehrsmassnahme ergeben können. Bei den Kostensätzen handelt es sich somit um sogenannt projektabhängige Kosten, diese müssen nicht in allen Fällen die gesamten Kosten des Verkehrs reflektieren.[372, 373]

Beim Einsatz der Kostensätze im Rahmen einer KNA muss selbstverständlich immer geprüft werden, welche konkreten Auswirkungen mit einem geplanten Verkehrsprojekt verbunden sind. Es kann daher durchaus der Fall sein, dass aus der umfassenden Liste in Abbildung 28-1 nicht alle Kostensätze zur Anwendung gelangen, weil sich z.B. durch eine neue Ortsumfahrung die fixen Betriebskosten der Fahrzeuge (Indikator W8) nicht verändern oder gewisse Fahrzeugkategorien (ÖV, aktive Mobilität) davon nicht betroffen sind.

Abbildung 28-1: Zusammenfassung aller Kostensätze für die KNA in Luxemburg (Preisbasis 2016)

Vgl. folgende zwei Seiten

[372] Beispielsweise fliessen die Kosten einer bestehenden Verkehrsinfrastruktur nicht in eine KNA ein, solange sich daran durch das geplante (neue) Verkehrsprojekt nichts ändert. Ebenfalls fliessen etwa bei den Fahrzeugbetriebskosten nur die variablen Kosten ein, nicht aber der fixe Anteil der Fahrzeugkosten (z.B. jährlich zu entrichtenden KFZ-Steuer), der sich durch das betrachtete Verkehrsprojekt nicht verändert.

[373] Für eine Übersicht zu den gesamten Kosten des Verkehrs in Luxemburg verweisen wir auf Kapitel 29.

Kürzel	Indikatorname	Einheit des Kostensatzes	Anteil Kostenträger: Verkehrsnutzende	ÖV-Betreiber	Staat als Infrastrukturbetreiber	Übriger Staat	Allgemeinheit	Strassenverkehr – Personenverkehr – Motorisierter privater Personenverkehr – PKW: Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	RBus: Diesel	MR: Benzin	Mofa: Benzin	Aktive Mobilität – Ped25: Musk/El	Fahrrad: Muskel	Fuss: Muskel	Öffentlicher Personenverkehr – Linienbus: Diesel	Elektro	Total	Tram: Elektro	Güterverkehr – Leichte Nutzfahrzeuge: Benzin	Diesel	Elektro	Total	SNF: Diesel	Total	Schieneverkehr: Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	Total
W1	Baukosten	– [1]			100%																										
W2	Ersatzinvestitionen	– [1]			100%																										
W3	Landkosten	– [1]			100%																										
W6	Betriebs- und Unterhaltskosten Infrastruktur																														
	- Autobahntunnel	€ / m / Jahr			100%																							253.08			
	- Autobahn	€ / m / Jahr			100%																							135.05			
	- Nationalstrasse	€ / m / Jahr			100%																							23.87			
	- Chemin Repris	€ / m / Jahr			100%																							23.23			
	- Brücken / Kunstbauten	€ / m / Jahr			100%																							113.53			
	- Bus(spuren)	€ / m / Jahr			100%																							19.91			
	- Fahrrad	€ / m / Jahr			100%																							5.01			
	- Fussgänger	€ / m / Jahr			100%																							0.98			
	- Gemeindestrasse	€ / m / Jahr			100%																							13.02			
	Unterhaltskosten: Durchschnittskosten	€ / Btkm			100%																								0.02356	0.02356	0.02356
	Unterhaltskosten: Grenzkosten	€ / Btkm			100%																								0.00835	0.00835	0.00835
W7	Variable Betriebskosten Fahrzeuge Stammverkehr	€ / 100 Fzkm	100%					8.40	6.98	12.38	9.06	7.50	170.6	12.78	9.07	5.95	5.38							22.06	12.99	36.75	13.43	44.88				
		€ / Fzh	100%					0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	32.28											17.20	17.62	17.25	17.60	20.70				
	Benzinpreis (Faktorkosten)	€ / kg	100%					0.672	-	-	0.672	0.672	-	0.672	0.672	-	-							0.672	-	-	0.672	-				
	Dieselpreis (Faktorkosten)	€ / kg	100%					-	0.547	-	0.547	0.547	0.547	-	-	-	-							-	0.547	-	0.547	0.547				
	Strompreis (Faktorkosten)	€ / MJ	100%					-	-	0.123	0.123	0.123	-	0.123	0.123	0.123	-							0.054	0.054	0.054	0.054	-				
W8	Fixe Betriebskosten Fahrzeuge	€ / Fz / Jahr	100%					2'491	3'389	2'760	3'007	3'071	9'516	1'369	124.5	138.9	26.1							2'285	2'284	2'371	2'285	10'923				
W9	Betriebskosten ÖV																														
W9a	- Rollmaterialkosten	€ / Fz / Jahr		100%															52'891	127'012	52'891	133'333									
W9b	- Reallohnabhängige Kosten	€/Fzkm oder Zugkm		100%															1.52	1.52	1.52								10.52	n.a.	n.a.
W9c	- Reallohn<u>un</u>abhängige Kosten	€/Fzkm oder Zugkm		100%															0.40	0.40	0.40	6.96							1.69	n.a.	n.a.
W9d	- Reallohnabhängige Kosten	€ / Fahrplanstunde		100%																		31.67									
W9e	- Stromkosten	€ / Btkm		100%																									0.00371	0.00059	0.00299
W10 / W13	Reisezeit Stamm- und Mehrverkehr																														
W10a/W13a	- Fahrzeit	€ / ph	100%					13.69	13.69	13.69	13.69	13.69	13.69	13.69	13.69	9.22	9.22	9.22	7.39	7.39	7.39	7.39							9.33		
W10a/W13a	- Fahrzeit	€ / Fzh	100%																									7.98			
W10a/W13a	- Fahrzeit	€ / th	100%																									0.79		0.84	
W10b/W13b	- Umsteigezeit	€ / ph	100%																2.81	2.81	2.81	2.81							4.32		
W10c/W13c	- Anzahl Umsteigevorgänge	€	100%																0.95	0.95	0.95	0.95							1.34		
W10d/W13d	- Zu- und Abgangszeiten	€ / ph	100%					11.92	11.92	11.92	11.92	11.92	11.92	11.92	11.92				10.13	10.13	10.13	10.13							11.62		
W10e/W13e	- Taktfrequenz	€ / ph	100%																1.84	1.84	1.84	1.84							2.47		
W11 / W13f	Komfort Stamm- und Mehrverkehr	€ / ph	100%																-1.48	-1.48	-1.48	1.48							1.48		
W13	Nettonutzen Mehrverkehr																														
W13g	- Variable Betriebskosten Fahrzeuge	€ / 100 Fzkm	100%					8.40	6.98	12.38	9.06	7.50	170.6	12.78	9.07	5.95	5.38	-						22.06	12.99	36.75	13.43	44.88				
		€ / Fzh	100%					0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	32.28	-	-	-	-	-						17.20	17.62	17.25	17.60	20.70				
	Benzinpreis (Gesamtkosten)	€ / kg	100%					1.515	-	-	1.515	1.515	-	1.515	1.515	-	-	-						1.515	-	-	1.515	-				
	Dieselpreis (Gesamtkosten)	€ / kg	100%					-	1.101	-	1.101	1.101	0.950	-	-	-	-	-						-	0.950	-	0.950	0.950				
	Strompreis (Gesamtkosten)	€ / MJ	100%					-	-	0.158	0.158	0.158	-	0.158	0.158	0.158	-	-						0.062	0.062	0.062	0.062	-				
W14 / W16	Steuereinnahmen im Mehr- und Stammverkehr																														
	Benzinpreis (Steuern)	€ / kg	[2]		100%			0.843	-	-	0.843	0.843	-	0.843	0.843	-	-	-						0.843	-	-	0.843	-				
	Dieselpreis (Steuern)	€ / kg	[2]		100%			-	0.554	-	0.554	0.554	0.403	-	-	-	-	-						-	0.403	-	0.403	0.403				
	Strompreis (Steuern)	€ / MJ	[2]		100%			-	-	0.035	0.035	0.035	-	0.035	0.035	0.035	-	-						0.009	0.009	0.009	0.009	-				
	MWST-Satz auf ÖV-Erlöse	%	[2]		100%														0%	0%	0%	0%							0%		

[1] Kein Kostensatz, die Daten werden projektspezfisch erhoben. [2] Im Stammverkehr steht hier -100%, im Mehrverkehr hingegen nicht.

n.a. = not available (nicht verfügbar).

Indikator ist für diese Fahrzeugkategorie nicht relevant

Kürzel	Indikatorname	Einheit des Kostensatzes	Anteil Kostenträger: Verkehrsnutzende	Anteil Kostenträger: ÖV-Betreiber	Anteil Kostenträger: Staat als Infrastrukturbetreiber	Anteil Kostenträger: Übriger Staat	Anteil Kostenträger: Allgemeinheit	Strassenverkehr – Personenverkehr – Motorisierter privater Personenverkehr – PKW: Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	RBus: Diesel	MR: Benzin	Mofa: Benzin	Aktive Mobilität – Ped25: Musk/El	Fahrrad: Muskel	Fuss: Muskel	Öffentlicher Personenverkehr – Linienbus: Diesel	Elektro	Total	Tram: Elektro	Strassenverkehr – Güterverkehr – Leichte Nutzfahrzeuge: Benzin	Diesel	Elektro	Total	SNF: Diesel	Total	Schienenverkehr: Personenverkehr (Regionalverkehr)	Güterverkehr	Total
W15	ÖV-Erlöse im Mehrverkehr	€ / Einsteiger		100%															0.35	0.35	0.35	0.35							1.59	n.a.	n.a.
W17	ÖV-Erlöse im Stammverkehr		-100%	100%															projektspezifisch einzugeben										projektspezifisch einzugeben		
W21	Trassenpreise	€ / Zugkm		-100%	100%																								1.85	1.39	1.82
W23	Polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung	€ / 100 Fzkm			100%			0.658	0.658	0.658	0.658	0.658	0.658	0.658	0.658	0.658	0.658	0.658	0.658	0.658	0.658	0.658	0.658	0.658	0.658	0.658	0.658	0.658			
G5	Externe Gesundheitsnutzen durch aktive Mobilität	€ / pkm				6.3%	93.7%									n.a.	-0.18	-0.11													
G6	Unfälle Alle Orte	€ / Fzkm bzw. Zugkm	Strassenverkehr					0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.09	1.78	0.43	1.00	1.00	0.32	0.09	0.09	0.09	0.09	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.09	0.38	1.92	0.50
	- Innerorts	€ / Fzkm	93.1%			1.8%	5.2%	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.12			
	- Ausserorts	€ / Fzkm	Schienenverkehr					0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.20	1.39	0.19	2.34	2.34	0.37	0.20	0.20	0.20	0.20	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.10			
	- Autobahn	€ / Fzkm	93.8%			3.4%	2.8%	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.07	0.45	-	-	-	-	0.07	0.07	0.07	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07	0.02			
	Pro pol. reg. Unfall	Mio. € / Unfall	Strassenverkehr					0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.39	1.03	0.66	1.85	1.85	1.23	0.39	0.39	0.39	0.39	0.60	0.60	0.60	0.60	0.76	0.75			
	Pro pol. reg. getötete Person	Mio. € / Getöteter	93.1%			1.8%	5.2%	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37			
	Pro pol. reg. schwerverletzte Person	Mio.€/Schwerverletzten	Schienenverkehr					1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.56	1.17	1.27	3.02	3.02	1.71	1.56	1.56	1.56	1.56	1.71	1.71	1.71	1.71	2.27	1.66			
	Pro pol. reg. leichtverletzte Person	Mio. € / Leichtverletzten	93.8%			3.4%	2.8%	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.06	0.10	0.12	0.25	0.25	0.12	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.12	0.11			
U1	Luftbelastung																														
	Lokale Gesundheitsschäden innerorts	Mio. € / t PM2.5				0.13%	99.87%	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280				0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280
	Lokale Gesundheitsschäden ausserorts	Mio. € / t PM2.5				0.13%	99.87%	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037				0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037
	Regionale Gesundheitsschäden	Mio. € / t PM2.5				0.13%	99.87%	0.211	0.211	0.211	0.211	0.211	0.211	0.211	0.211				0.211	0.211	0.211	0.211	0.211	0.211	0.211	0.211	0.211	0.211	0.211	0.211	0.211
	Lokale Gesundheitsschäden innerorts	Mio. € / t NO2				0.13%	99.87%	0.00914	0.00914	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091				0.0091	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091
	Lokale Gesundheitsschäden ausserorts	Mio. € / t NO2				0.13%	99.87%	0.00122	0.00122	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012				0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012
	Regionale Gesundheitsschäden	Mio. € / t NO2				0.13%	99.87%	0.00689	0.00689	0.0069	0.0069	0.0069	0.0069	0.0069	0.0069				0.0069	0.0069	0.0069	0.0069	0.0069	0.0069	0.0069	0.0069	0.0069	0.0069	0.0069	0.0069	0.0069
	Lokale Gebäudeschäden innerorts	Mio. € / t PM2.5					100%	0.08482	0.0848	0.0848	0.0848	0.0848	0.0848	0.0848	0.0848				0.0848	0.0848	0.0848	0.0848	0.0848	0.0848	0.0848	0.0848	0.0848	0.0848	0.0848	0.0848	0.0848
	Lokale Gebäudeschäden ausserorts	Mio. € / t PM2.5					100%	0.01111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111				0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111
	Regionale Gebäudeschäden	Mio. € / t PM2.5					100%	0.0212	0.0212	0.0212	0.0212	0.0212	0.0212	0.0212	0.0212				0.0212	0.0212	0.0212	0.0212	0.0212	0.0212	0.0212	0.0212	0.0212	0.0212	0.0212	0.0212	0.0212
	Ernteausfälle, Waldschäden, Biodiversität	Mio. € / t NOx					100%	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043				0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043
	Biodiversitätsverluste	Mio. € / t SO2					100%	0.00075	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008				0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
	Biodiversitätsverluste	Mio. € / t NH3					100%	0.00918	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092				0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
	Bodenschäden	Mio. € / t Zink					100%	0.64033	0.6403	0.6403	0.6403	0.6403	0.6403	0.6403	0.6403				0.6403	0.6403	0.6403	0.6403	0.6403	0.6403	0.6403	0.6403	0.6403	0.6403	0.6403	0.6403	0.6403
	Bodenschäden	Mio. € / t Kupfer					100%	0.61113	0.6111	0.6111	0.6111	0.6111	0.6111	0.6111	0.6111				0.6111	0.6111	0.6111	0.6111	0.6111	0.6111	0.6111	0.6111	0.6111	0.6111	0.6111	0.6111	0.6111
	Emissionen in Bauphase	t PM2.5 / Mio. €					100%																					0.0988			0.0988
U2	Lärmbelastete Personen Strasse	€ / 100 Fzkm				0.26%	99.74%	0.427	0.427	0.302	0.427	0.427	4.902	4.902	0.427				4.902	0.427	4.902	1.322	1.322	1.322	0.934	1.322	12.810	1.065			
	Lärmbelastete Personen Schiene	€ / Btkm				0.48%	99.52%																						0.000683	0.003643	0.00142
U4	Klimabelastung	€ / t CO2					100%	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5				100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5
U9	Vor- und nachgelagerte Prozesse Energie	€ / Fzkm oder Btkm					100%	0.0060	0.0030	0.00218	0.00441	0.00368	0.01477	0.00283	0.00172	0.00011			0.01338	0.0024	0.01338	n.a.	0.0050	0.00314	0.00252	0.00317	0.01427		0.000058	0.000219	
U10	Vor- und nachgelagerte Prozesse Fahrzeug	€ / Fahrzeug / Jahr					100%	65.5	124.4	133.4	137.1	104.0	483.7	14.8	8.5	3.1	1.5		1'007	1'007	1'007	507	56	140	46	136	410		3'001	n.a.	
U11	Vor- und nachgelagerte Prozesse Infrastuktur	€ / m / Jahr					100%															10.80						2.75			5.66
U12 / U13	Bodenversiegelung und Zerschneidung																														
	- Autobahn / Schiene	€ / m / Jahr ausserorts					100%																					118.60			26.67
	- Nationalstrasse	€ / m / Jahr ausserorts					100%																					22.80			
	- Chemin Repris	€ / m / Jahr ausserorts					100%																					5.75			
	- Gemeindestrasse	€ / m / Jahr ausserorts					100%																					6.48			
	- Autobahn / Schiene	€ / m / Jahr innerorts					100%																					13.57			8.55
	- Nationalstrasse	€ / m / Jahr innerorts					100%																					3.98			
	- Chemin Repris	€ / m / Jahr innerorts					100%																					1.91			
	- Gemeindestrasse	€ / m / Jahr innerorts					100%																					-			

n.a. = not available (nicht verfügbar).

Indikator ist für diese Fahrzeugkategorie nicht relevant

f) Vergleich der Kostensätze zwischen Fahrzeugkategorien

Die ausgewiesenen Ergebnisse in Abbildung 28-1 zeigen, dass zwischen den einzelnen Fahrzeugkategorien je nach betrachtetem Kostenbereich zum Teil erheblich Unterschiede bestehen. Bei einer Interpretation dieser Unterschiede gilt es Folgendes zu beachten:

- Ein funktionierendes Verkehrssystem bedingt das Zusammenspiel verschiedenster Verkehrsarten. Auch wenn z.B. die aktive Mobilität bei einigen Indikatoren sehr tiefe Kosten aufweist, wäre die Befriedigung der heutigen Verkehrsbedürfnisse allein mit der aktiven Mobilität nicht möglich. Sie dient insbesondere auf mittleren oder längeren Strecken als Zubringer zum motorisierten Individualverkehr oder zum ÖV auf Strasse und Schiene.
- Ähnliche Überlegungen gelten auch für generelle Vergleiche zwischen dem Strassen- und Schienenverkehr. Auch hier ist es wichtig, die konkreten Transportwerge und Transportdistanzen im Auge zu behalten, bevor allein aufgrund der Kostenverhältnisse ein Urteil getroffen wird.

29 Ergebnisse der Transportrechnung

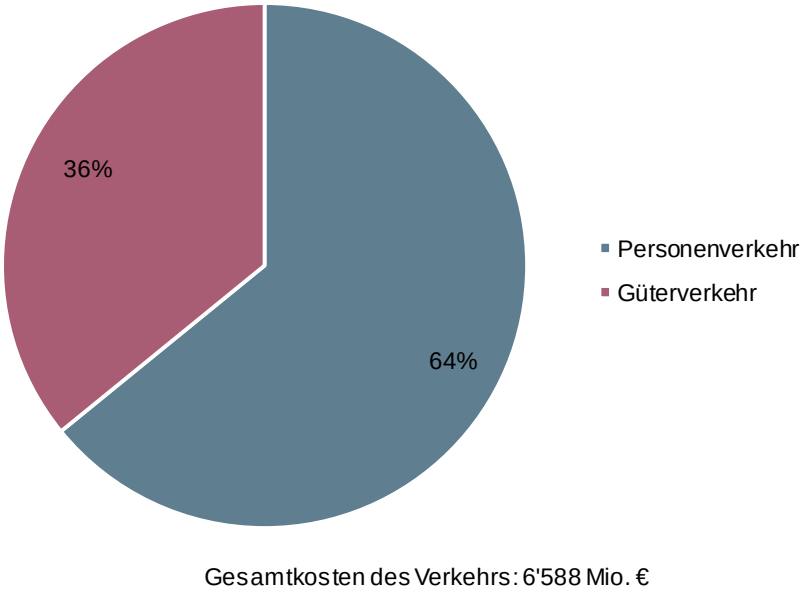
Im Folgenden werden die Ergebnisse der Transportrechnung dargestellt. Dabei gehen wir zuerst auf die Ergebnisse des gesamten Landverkehrs ein, d.h. Strassen- und Schienenverkehr sowie Personen- und Güterverkehr gemeinsam. Danach folgen in Kapitel 29.2 die Detailergebnisse für den Personenverkehr und in Kapitel 29.3 die Detailergebnisse für den Güterverkehr. In allen drei Kapiteln 29.1 bis 29.3 wird sowohl die Entstehung der Kosten (Infrastruktur-, Verkehrsmittel-, Unfall- und Umweltkosten) als auch die Aufteilung auf die Kostenträger (Verkehrsnutzende, ÖV-Betreiber, Staat als Infrastrukturbetreiber, übriger Staat und Allgemeinheit) erläutert. Bei den Detailergebnissen zum Personen- und Güterverkehr werden zudem die Kosten pro Kilometer sowie die externen Unfall- und Umweltkosten beschrieben.

29.1 Ergebnisse Gesamtverkehr

29.1.1 Höhe der Kosten

Die Ergebnisse der Transportrechnung zeigen, dass die Gesamtverkehrskosten in Luxemburg im Jahr 2016 insgesamt 6'588 Mio. € betragen. Davon entfallen 64% (4'225 Mio. €) auf den Personenverkehr und 36% (2'363 Mio. €) auf den Güterverkehr. In diesen Zahlen ist sowohl der Strassen- als auch der Schienenverkehr enthalten (Aufteilung folgt unten).

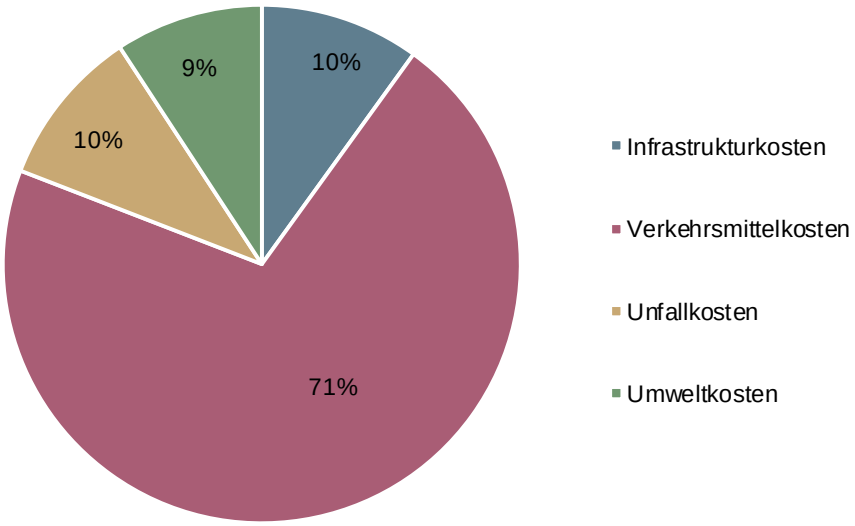
Abbildung 29-1: Gesamtverkehrskosten nach Verkehrsobjekt, in Mio. €, 2016



29.1.2 Entstehung der Kosten

Ein Grossteil der entstehenden Kosten (71% oder 4'670 Mio. €) sind auf die Verkehrsmittelkosten zurückzuführen. Die Infrastruktur-, Unfall- und Umweltkosten fallen mit je ca. 10% oder ca. 650 Mio. € ungefähr gleich stark ins Gewicht.

Abbildung 29-2: Gesamtverkehrskosten nach Kostenkategorie, 2016



Gesamtkosten des Verkehrs: 6'588 Mio. €

Der Strassenverkehr ist aufgrund der viel höheren Transportleitungen (Personen- bzw. Tonnenkilometer) der massgebende Treiber hinter den Gesamtverkehrskosten (vgl. Abbildung 29-3). Der Schienenverkehr verursacht mit 398 Mio. € vergleichsweise geringe Kosten (6% der Gesamtkosten). Innerhalb dieser beiden Verkehrsträger gibt es ebenfalls interessante Unterschiede. Es fällt insbesondere auf, dass die Infrastrukturkosten beim Schienenverkehr einen deutlich höheren Anteil ausmachen (41% versus 8% im Strassenverkehr). Dafür sind alle anderen Kostenbereiche im Schienenverkehr anteilsmässig weniger bedeutend (Verkehrsmittelkosten 53% versus 72% im Strassenverkehr, Unfallkosten 1% versus 10%, Umweltkosten 5% versus 10%).

Abbildung 29-3: Gesamtverkehrskosten nach Kostenkategorie und Verkehrsträgern, in Mio. €, 2016

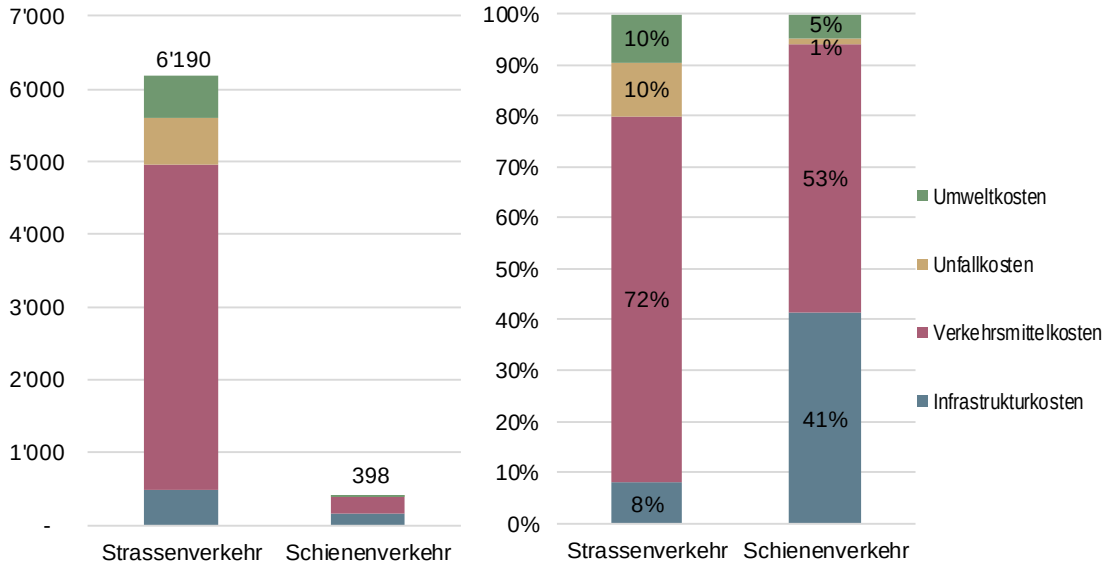


Abbildung 29-4 enthält Detailangaben zu den oben gezeigten Grafiken und schlüsselt die Kosten nach Verkehrsform auf. Dabei fällt auf, dass in der aktiven Mobilität die Unfallkosten mit 86% dominieren. Eine noch detailliertere Aufschlüsselung der oben dargestellten vier Kostenkategorien folgt in den Kapiteln 29.2 und 29.3 und findet sich auch in Anhang F.

Abbildung 29-4: Gesamtverkehrskosten nach Kostenkategorie, Verkehrsträger und Verkehrsform, 2016

	Strassenverkehr					Schieneverkehr			Gesamt-total
	Motorisierter privater Personen-verkehr	Aktive Mobilität	Öffentlicher Personen-verkehr	Güter-verkehr	Total Strassen-verkehr	Öffentlicher Personen-verkehr	Güter-verkehr	Total Schienen-verkehr	
Kostenkategorie (in Mio. €)									
Umweltkosten	380.4	6.1	23.0	178.6	588.1	12.9	6.7	19.6	607.70
Unfallkosten	435.0	186.9	4.1	23.1	649.1	2.7	1.2	3.9	653.02
Verkehrsmittelkosten	2'063.6	11.2	360.3	2'025.8	4'460.8	196.8	12.9	209.8	4'670.56
Infrastrukturkosten	388.3	13.1	9.6	80.8	491.9	130.6	34.1	164.7	656.62
Total	3'267.4	217.4	397.0	2'308.2	6'189.8	343.1	55.0	398.1	6'587.9
Kostenkategorie (in %)									
Umweltkosten	11.6%	2.8%	5.8%	7.7%	9.5%	3.8%	12.2%	4.9%	9.2%
Unfallkosten	13.3%	86.0%	1.0%	1.0%	10.5%	0.8%	2.3%	1.0%	9.9%
Verkehrsmittelkosten	63.2%	5.1%	90.8%	87.8%	72.1%	57.4%	23.5%	52.7%	70.9%
Infrastrukturkosten	11.9%	6.0%	2.4%	3.5%	7.9%	38.1%	62.0%	41.4%	10.0%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

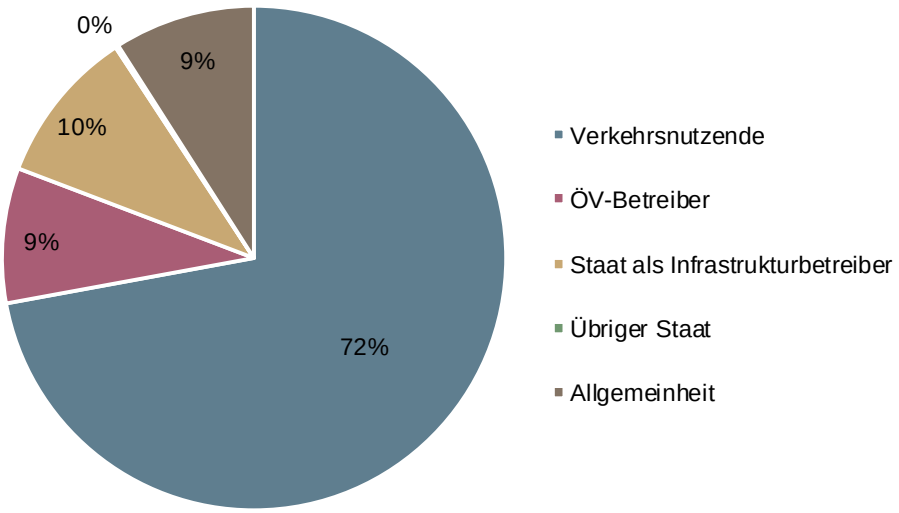
29.1.3 Aufteilung auf die Kostenträger

a) Gesamtverkehr

Nach Höhe und Entstehung der Gesamtverkehrskosten wird in diesem Abschnitt die Finanzierung dieser Kosten betrachtet. Dabei wird zuerst auf die Umverteilung von den direkten zu den finalen Kostenträgern eingegangen.[374] Anschliessend werden die Leistungen der Verkehrsnutzenden sowie der Kostendeckungsgrad des Gesamtverkehrs dargestellt.

Betrachtet man die Aufteilung der Kosten auf die direkten Kostenträger, zeigt sich, dass mit 72% oder 4'751 Mio. € ein Grossteil direkt von den Verkehrsnutzenden getragen wird. Auf den Kostenträger «übriger Staat»[375] entfallen direkt beinahe keine Kosten. Die Kostenträger «Staat als Infrastrukturbetreiber»[376], «Allgemeinheit»[377] und «ÖV-Betreiber» tragen mit ca. 600 Mio. € oder ca. 9% ähnlich hohe Kosten (vgl. Abbildung 29-5 und Abbildung 29-7).

Abbildung 29-5: Gesamtverkehrskosten nach direkten Kostenträgern, 2016



Gesamtkosten des Verkehrs: 6'588 Mio. €

[374] Zur Unterscheidung zwischen direkten und finalen Kostenträgern vgl. die Ausführungen in Kapitel 3.3.2.

[375] Der Kostenträger «übriger Staat» umfasst bei den direkten Kosten nur die Subventionierung der Spitäler. Für die finalen Kostenträger kommen jedoch diverse Transfers hinzu: Einnahmen aus Treibstoffsteuern, Eurovignette, Parkgebühren, Ausgaben durch die Subventionierung des ÖV sowie entgangene Einnahmen durch die Pendlerpauschale und die Leasing-Abschreibungen.

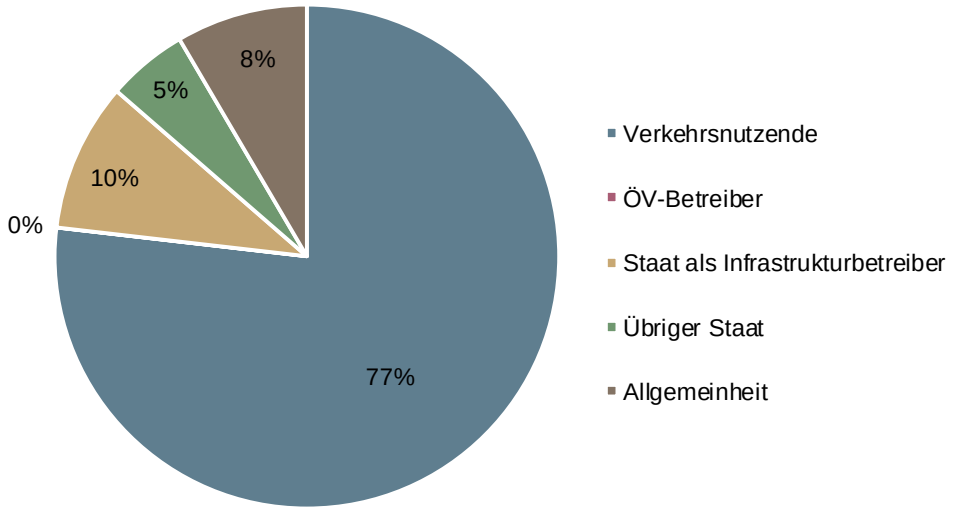
[376] Im Kostenträger «Staat als Infrastrukturbetreiber» werden alle Kosten zusammengefasst, die der Staat als Betreiber der Infrastruktur trägt (Infrastrukturkosten, Landkosten, Betriebs- und Unterhaltskosten Infrastruktur, polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung). Für die finalen Kostenträger werden die Einnahmen aus Ordnungsbussen abgezogen.

[377] Der Kostenträger «Allgemeinheit» trägt insbesondere die Umweltkosten (Luftbelastung, Lärm, Klima, vor- und nachgelagerte Prozesse, Bodenversiegelung und Zerschneidung) sowie einen kleinen Teil der Unfallkosten. Bei den finalen Kostenträgern fällt der Grossteil der externen Gesundheitsnutzen bei der Allgemeinheit an.

Das in Abbildung 29-5 gezeigte Bild ändert sich etwas, wenn anstelle der direkten die finalen Kostenträger betrachtet werden. Dazu werden die verschiedenen Transfers im Verkehr berücksichtigt wie Treibstoffsteuern, Subventionierungen des ÖV, Erlöse im ÖV, Steuervergünstigungen (Pendlerpauschale) etc. Eine maximal ausdifferenzierte Darstellung der verschiedene Transfer und Ausgleichszahlungen findet sich in Anhang F.

Aus Abbildung 29-5 und Abbildung 29-6 wird ersichtlich, dass die Subventionierung des ÖV dazu führt, dass die ÖV-Betreiber gar keine Kosten tragen müssen, da ihre Defizite vom (übrigen) Staat getragen werden, entsprechend fällt in den Abbildung die Rubrik «ÖV-Betreiber» mit Null aus. Der «übrige Staat» kann diese Subventionierung nur teilweise durch Einnahmen aus der Treibstoffsteuer decken, so dass er letztendlich 5% der Kosten trägt. Der «Staat als Infrastrukturbetreiber» trägt final weiterhin Kosten von 630 Mio. €, gegenüber der direkten Kostentragung wird er lediglich durch die Einnahmen aus Strafzetteln (26 Mio. €) etwas entlastet. Die Kostentragung der Verkehrsnutzenden wird durch Treibstoffsteuern, ÖV-Billette und Strafzettel gegenüber den direkten Kosten rund 5 Prozentpunkte erhöht (final 77% oder 5'061 Mio. €). Die Allgemeinheit wird schliesslich durch die externen Gesundheitsnutzen (tiefere Leistungen von Krankenkassen und Sozialversicherungen) etwas entlastet.

Abbildung 29-6: Gesamtverkehrskosten nach finalen Kostenträgern, 2016



Gesamtkosten des Verkehrs: 6'588 Mio. €

Abbildung 29-7 zeigt die oben erläuterten Kostenverschiebungen tabellarisch.

Abbildung 29-7: Gesamtverkehrskosten nach direkten und finalen Kostenträgern, 2016

Direkte Kostenträger (in Mio. €)		Direkte Kostenträger (in %)	
Verkehrsnutzende	4'751.4	Verkehrsnutzende	72.1%
ÖV-Betreiber	570.8	ÖV-Betreiber	8.7%
Staat als Infrastrukturbetreiber	656.6	Staat als Infrastrukturbetreiber	10.0%
Übriger Staat	11.9	Übriger Staat	0.2%
Allgemeinheit	597.2	Allgemeinheit	9.1%

Finale Kostenträger (in Mio. €)		Finale Kostenträger (in %)	
Verkehrsnutzende	5'060.8	Verkehrsnutzende	76.8%
ÖV-Betreiber	-	ÖV-Betreiber	0.0%
Staat als Infrastrukturbetreiber	629.8	Staat als Infrastrukturbetreiber	9.6%
Übriger Staat	341.6	Übriger Staat	5.2%
Allgemeinheit	555.6	Allgemeinheit	8.4%

Differenz (in Mio. €)		Differenz (in Prozentpunkten)	
Verkehrsnutzende	309.4	Verkehrsnutzende	4.7%
ÖV-Betreiber	-570.8	ÖV-Betreiber	-8.7%
Staat als Infrastrukturbetreiber	-26.8	Staat als Infrastrukturbetreiber	-0.4%
Übriger Staat	329.7	Übriger Staat	5.0%
Allgemeinheit	-41.6	Allgemeinheit	-0.6%

b) Ergebnisse nach Verkehrsträgern

Diese Verschiebungen sind ebenfalls ersichtlich, wenn man nach Verkehrsträgern differenziert. Auch hier fallen die Ausgleichszahlungen und Transfers vom «übrigen Staat» und von den «Verkehrsnutzenden» hin zu den «ÖV-Betreibern» auf. Insbesondere im Schienenverkehr zeigt sich dies deutlich (vgl. Abbildung 29-8 mit Abbildung 29-9). Vor allem die Subventionierung des ÖV führt dazu, dass der «übrige Staat» 43% der Kosten trägt – und der «Staat als Infrastrukturbetreiber» weitere 41% für die Infrastrukturkosten der Bahn übernimmt. Im Strassenverkehr verschieben sich die Kostenanteile der verschiedenen Kostenträger deutlich weniger.

Abbildung 29-8: Gesamtverkehrskosten nach direkten Kostenträgern und Verkehrsträgern, in Mio. €, 2016

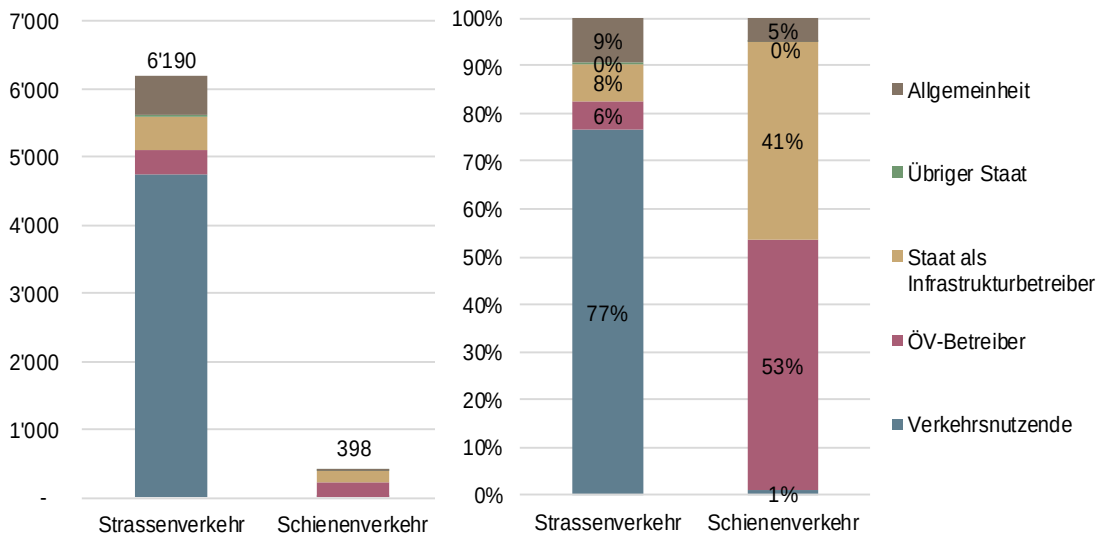
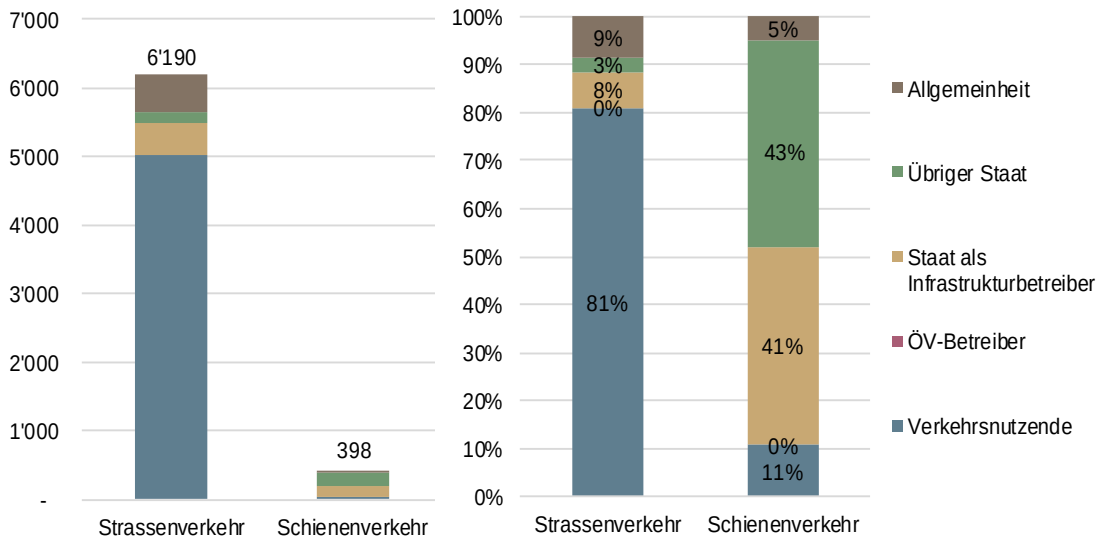


Abbildung 29-9: Gesamtverkehrskosten nach finalen Kostenträgern und Verkehrsträgern, in Mio. €, 2016



c) Ergebnisse nach Verkehrsform

Abbildung 29-10 bis Abbildung 29-13 differenzieren die Kosten weiter aus und stellen sie nach Verkehrsform dar.

Abbildung 29-10: Gesamtverkehrskosten nach direkten Kostenträgern und Verkehrsform, in Mio. €, 2016

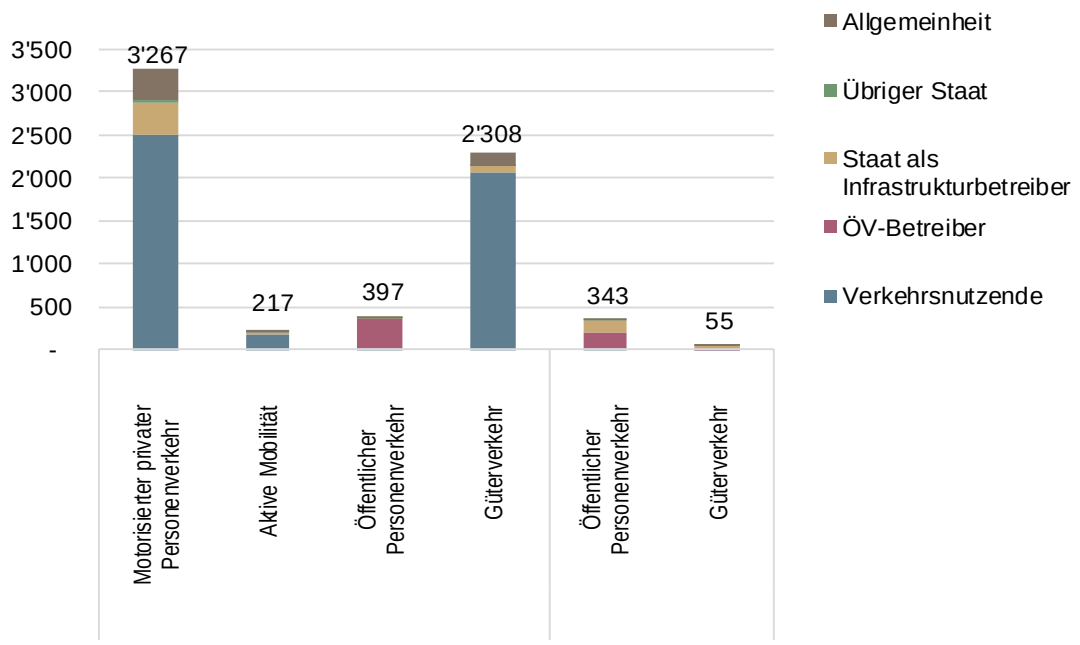


Abbildung 29-11: Gesamtverkehrskosten nach finalen Kostenträgern und Verkehrsform, in Mio. €, 2016

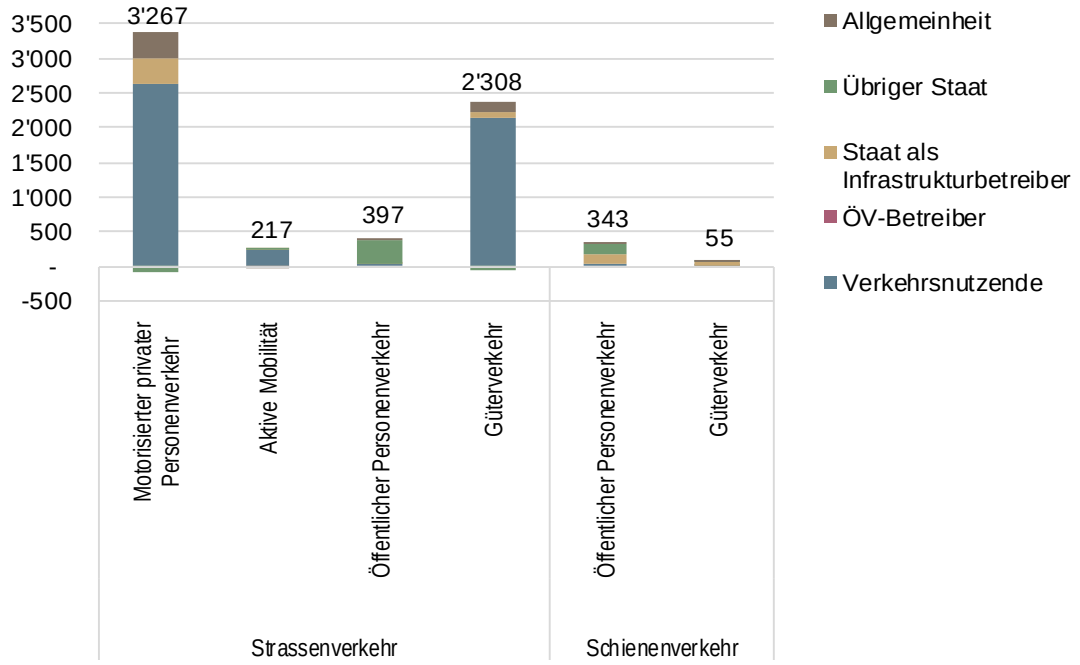


Abbildung 29-12: Gesamtverkehrskosten nach direkten Kostenträgern und Verkehrsform, in %, 2016

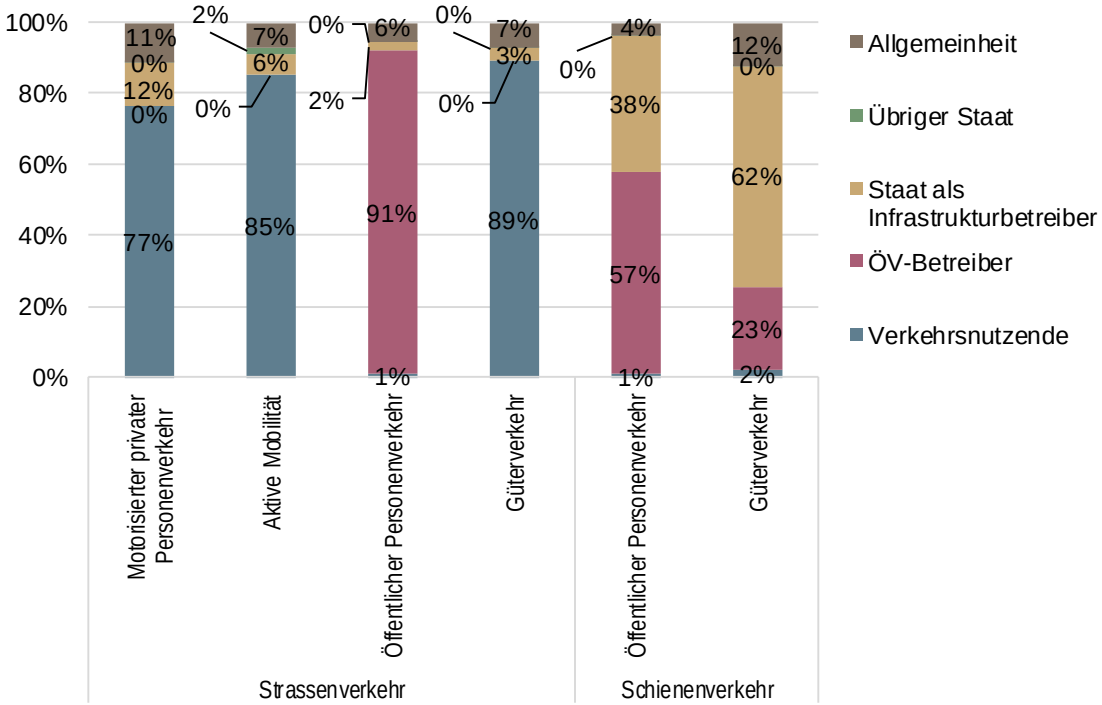
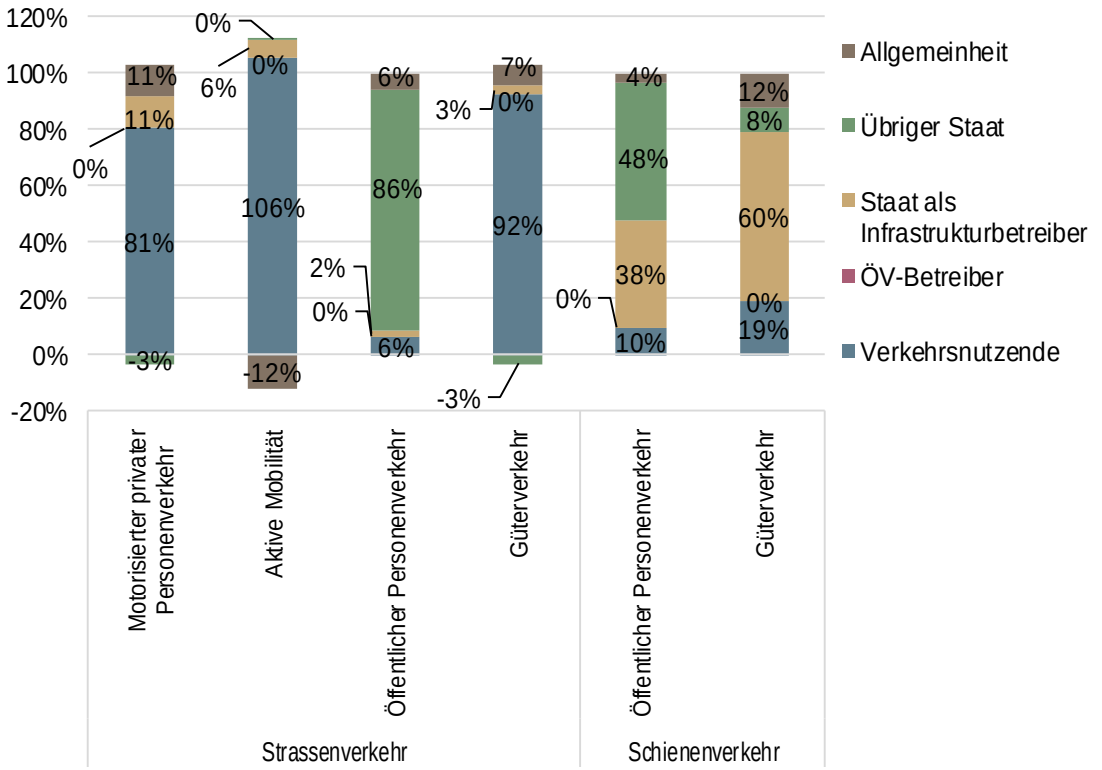


Abbildung 29-13: Gesamtverkehrskosten nach finalen Kostenträgern und Verkehrsform, in %, 2016



Diese Betrachtung zeigt, dass die grössten Ausgleichs- und Transferzahlungen im öffentlichen Personenverkehr stattfinden. Die «ÖV-Betreiber» entfallen in der Betrachtung der finalen Kostenträger komplett, da Ihre Kosten vom «übrigen Staat» und den Verkehrsnutzenden übernommen werden. Im öffentlichen Strassenverkehr trägt der Staat so 86% der Kosten. Im Schienen-Personenverkehr trägt der übrige Staat «nur» 48% der Kosten, aber als Infrastrukturbetreiber übernimmt der Staat weitere 38%, so dass er auch im Schienen-Personenverkehr insgesamt 86% der Kosten trägt. Im Schienen-Güterverkehr werden die Kosten des ÖV-Betreibers ebenfalls durch die Verkehrsnutzenden bzw. den übrigen Staat über die Subventionierung des kombinierten Verkehrs übernommen.

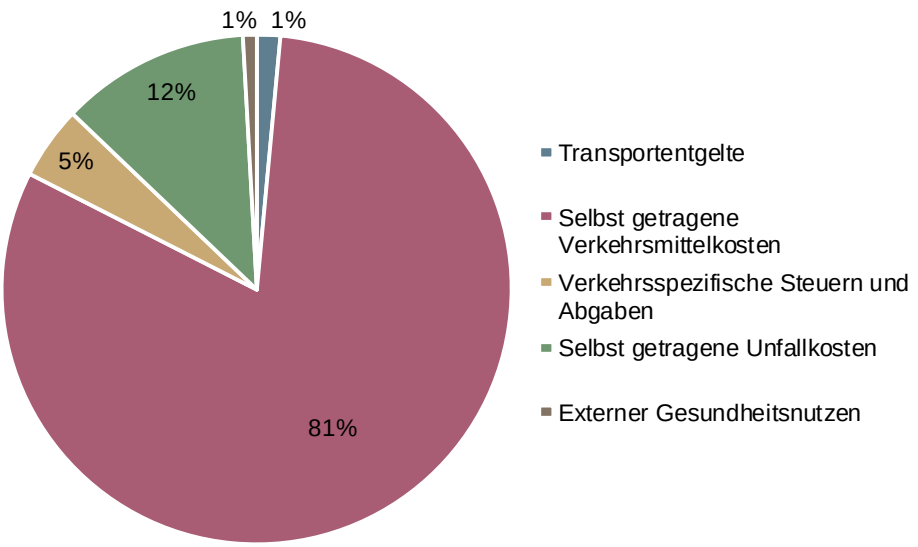
Auffallend ist zudem, dass im motorisierten privaten Personenverkehr sowie im Strassengüterverkehr der «übrige Staat» Geld einnimmt. Dies ist auf die Treibstoffsteuereinnahmen zurückzuführen, die deutlich höher sind als die Steuerverluste durch die Pendlerpauschale sowie das Leasing und die geringen Kosten, die direkt vom «übrigen Staat» getragen werden (Subventionierung der Spitäler). In der aktiven Mobilität ist es die Allgemeinheit, deren Last so stark reduziert wird, dass ein Gewinn für diesen Kostenträger entsteht. Dies ist einerseits auf die geringen Kosten zurückzuführen, welche die aktive Mobilität direkt der Allgemeinheit verursacht (geringe externe Kosten) und andererseits auf die externen Gesundheitsnutzen, von denen die Allgemeinheit profitiert (tiefere Leistungen von Krankenkassen und Sozialversicherungen). Diese Entlastung der Allgemeinheit wird vor allem von den Verkehrsnutzenden bezahlt.

Eine weitere Differenzierung dieser Resultate wird in der Betrachtung der Detailergebnisse für den Personen- bzw. Güterverkehr in Kapitel 29.2 und 29.3 vorgenommen.

d) Leistungen der Verkehrsnutzenden

Nach den Verschiebungen zwischen direkten und finalen Kostenträgern werden nachstehend die spezifisch von den Verkehrsnutzenden erbrachten Leistungen beziffert (bzw. die von den Verkehrsnutzenden final getragenen Kosten). Sie belaufen sich gemäss der Abbildung 29-14 auf insgesamt 5'061 Mio. €. Davon entfallen 81% auf die selbst getragene Verkehrsmittelkosten. Am zweitwichtigsten sind die selbst getragenen Unfallkosten mit 12%, gefolgt von den verkehrsspezifischen Steuern und Abgaben mit 5%. Die übrigen Leistungen fallen kaum ins Gewicht.

Abbildung 29-14: Total Leistungen der Verkehrsnutzenden, in Mio. €, 2016



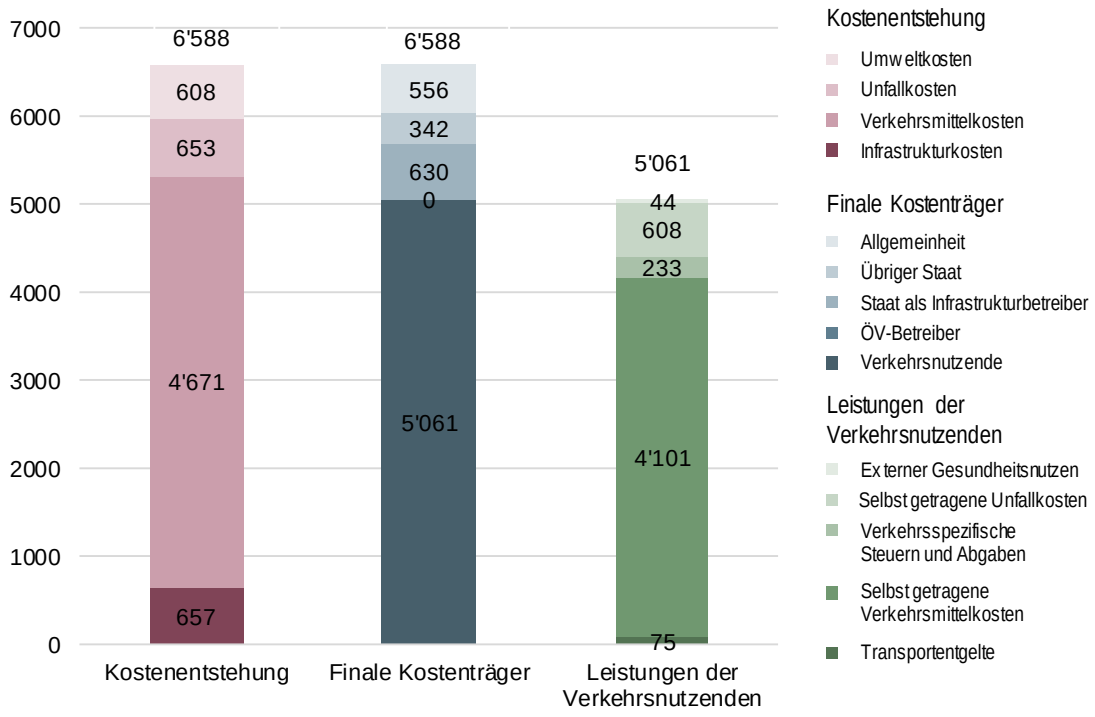
Total Leistungen der Verkehrsnutzenden: 5'061 Mio. €

e) Übersicht Gesamtverkehr

Abbildung 29-15 zeigt die Kostenentstehung, die finalen Kostenträger sowie die Leistungen der Verkehrsnutzenden nochmals in der Übersicht. Die Abbildung verdeutlicht, dass – bezogen auf dem Gesamtverkehr in Luxemburg – die Verkehrsnutzenden nicht alle von ihnen verursachten Kosten decken. Der Kostendeckungsgrad beläuft sich auf 77%.

Die Abbildung verdeutlicht zudem, dass der Haupttreiber der Kosten die Verkehrsmittelkosten sind. Es zeigt sich aber, dass diese im Privatverkehr ausschliesslich von den Verkehrsnutzenden selber getragen werden, im öffentlichen Strassenverkehr sowie im gesamten Schienenverkehr hingegen mehrheitlich vom «übrigen Staat» sowie durch Transportentgelte.

Abbildung 29-15: Kostenentstehung, Finale Kostenträger und Leistungen der Verkehrsnutzenden im Gesamtverkehr, in Mio. €, 2016



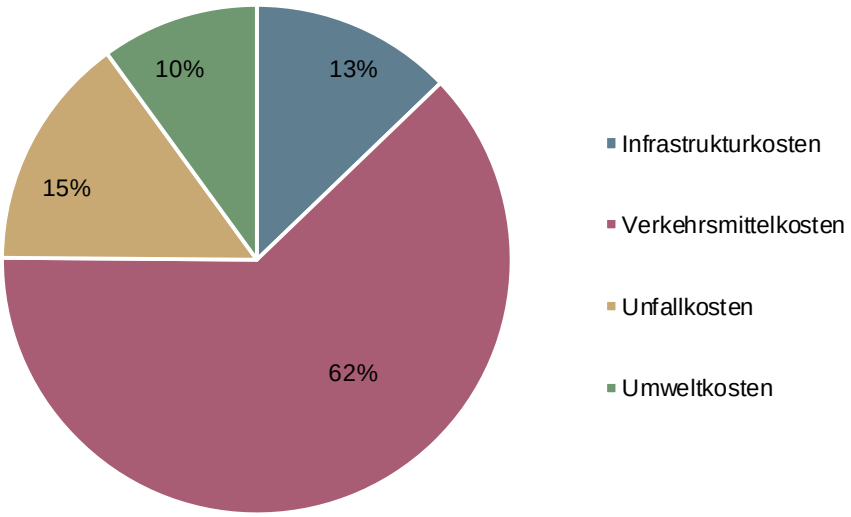
29.2 Detailergebnisse Personenverkehr

29.2.1 Entstehung der Kosten

Nach der Betrachtung des Gesamtverkehrs wird in diesem Kapitel nun der Personenverkehr im Detail betrachtet.

Die Verteilung auf die Kostenkategorien ähnelt im Personenverkehr derjenigen des Gesamtverkehrs. Es fällt aber auf, dass die Verkehrsmittelkosten mit 62% (gegenüber 71% im Gesamtverkehr) etwas tiefer liegen. Dafür sind die Unfallkosten (mit 15% gegenüber 10%), die Infrastrukturkosten (mit 13% gegenüber 10%) und die Umweltkosten (mit 10% gegenüber 9%) höher. Gesamthaft liegen die Kosten des Personenverkehrs bei 4'225 Mio. €.

Abbildung 29-16: Gesamtkosten des Personenverkehrs nach Kostenkategorie, 2016



Gesamtkosten des Personenverkehrs: 4'225 Mio. €

In Abbildung 29-17 werden die detaillierten Ergebnisse für die einzelnen Fahrzeugkategorien und Antriebsarten dargestellt. Folgende Punkte gilt es hervorzuheben:

- Die Umweltkosten sind für Fahrrad und Pedelec 25 anteilsmässig am tiefsten (je 2%), gefolgt vom Motorrad mit 3% und vom Fussverkehr und Schienen-Personenverkehr mit je 4%. Die Umweltkosten des Fussverkehrs beziehen sich fast ausschliesslich auf die vor- und nachgelagerten Effekte der Infrastruktur (vgl. Anhang F). Bei PKW hingegen machen die Umweltkosten einen Anteil von 12% aus (5% Elektrofahrzeuge bis 13% Dieselfahrzeuge).
- Die Unfallkosten sind vor allem in der aktiven Mobilität dominant (81% bis 89%), aber auch bei Motorrädern und Mofas entfallen auf sie Anteile von 67% und 43%. Bei den PKW beträgt der Anteil der Unfallkosten 11%, im öffentlichen Strassenverkehr und Schienenverkehr hingegen nur 1%.
- Die Verkehrsmittelkosten sind für die meisten Fahrzeugkategorien der dominante Kostenfaktor: Bei Reisebussen beträgt ihr Anteil 93%, im öffentlichen Strassenverkehr 91%, für PKW 64% (je nach Antriebsart 63% [Diesel] bis 82% [Elektro]), im Schienen-Personenverkehr 57%. Bei den übrigen Fahrzeugkategorien sind hingegen die Unfallkosten höher: Bei Mofas beträgt der Anteil der Verkehrsmittelkosten «nur» 39%, bei Motorrädern 27% und für Pedelecs und Fahrräder 13% bzw. 11%. Der Fussverkehr verursacht keine Verkehrsmittelkosten.
- Die Infrastrukturkosten sind vor allem im Schienen-Personenverkehr mit 38% von Bedeutung. Im Strassenverkehr betragen die Infrastrukturkosten hingegen maximal 13% (Diesel-PKW – PWK total 12%), teilweise aber auch nur 2% (Reisebus, öffentlicher Strassenverkehr).

Abbildung 29-17: Kostenkategorien, Leistungen der Verkehrsnutzenden und Kostendeckungsgrad pro Fahrzeugkategorie im Personenverkehr, 2016

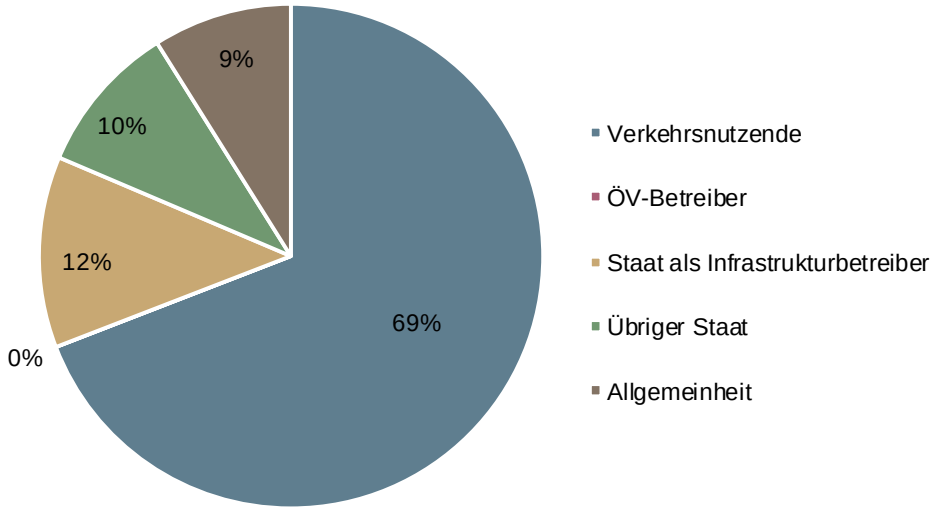
	Strassenverkehr Personenverkehr															Total Strassenverkehr	Schieneverkehr Personenverkehr (Regionalverkehr)	Gesamttotal Personenverkehr
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität			Öffentlicher Personenverkehr						
	PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss	Linienbus			Tram			
	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel	Diesel	Elektro	Total	Elektro			
Kostenkategorie (in Mio. €)																		
Umweltkosten	83.6	286.9	0.2	2.2	372.8	1.8	4.4	1.4	0.2	1.4	4.6	23.0	-	23.0	-	409.5	12.9	422.4
Unfallkosten	75.0	261.5	0.2	2.1	338.8	0.3	88.4	7.6	8.7	70.9	107.3	4.1	-	4.1	-	626.0	2.7	628.7
Verkehrsmittelkosten	548.2	1'419.1	2.9	14.8	1'985.0	36.3	35.3	6.9	1.4	9.8	-	360.3	-	360.3	-	2'435.0	196.8	2'631.9
Infrastrukturkosten	84.5	294.9	0.2	2.3	382.0	0.6	3.7	1.9	0.5	3.4	9.3	9.6	-	9.6	-	411.1	130.6	541.7
Total	791.3	2'262.5	3.5	21.4	3'078.6	39.0	131.9	17.9	10.7	85.5	121.2	397.0	-	397.0	-	3'881.7	343.1	4'224.7
Kostenkategorie (in %)																		
Umweltkosten	10.6%	12.7%	5.3%	10.2%	12.1%	4.5%	3.4%	7.7%	1.7%	1.6%	3.8%	5.8%	0.0%	5.8%	0.0%	10.5%	3.8%	10.0%
Unfallkosten	9.5%	11.6%	6.1%	9.7%	11.0%	0.8%	67.0%	42.5%	81.3%	82.9%	88.6%	1.0%	0.0%	1.0%	0.0%	16.1%	0.8%	14.9%
Verkehrsmittelkosten	69.3%	62.7%	81.7%	69.1%	64.5%	93.1%	26.8%	38.8%	12.7%	11.5%	0.0%	90.8%	0.0%	90.8%	0.0%	62.7%	57.4%	62.3%
Infrastrukturkosten	10.7%	13.0%	6.9%	10.9%	12.4%	1.6%	2.8%	10.9%	4.2%	4.0%	7.6%	2.4%	0.0%	2.4%	0.0%	10.6%	38.1%	12.8%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Leistungen der Verkehrsnutzenden (in Mio. €)																		
Transportentgelte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.4	-	30.4	-	30.4	35.7	66.1
Selbst getragene Verkehrsmittelkosten	548.2	1'419.1	2.9	14.8	1'985.0	36.3	35.3	6.9	1.4	9.8	-	-	-	-	-	2'074.7	-	2'074.7
Verkehrsspezifische Steuern und Abgaben	64.8	94.9	-0.1	1.0	160.6	0.8	1.1	0.2	0.0	0.0	0.1	-8.9	-	-8.9	-	154.0	-4.8	149.2
Selbst getragene Unfallkosten	69.8	243.5	0.2	1.9	315.4	0.3	82.3	7.1	8.1	66.0	99.9	3.8	-	3.8	-	582.8	2.5	585.3
Externer Gesundheitsnutzen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.0	34.4	-	-	-	-	44.4	-	44.4
Total	682.8	1'757.5	3.0	17.7	2'461.0	37.4	118.7	14.3	9.4	85.8	134.4	25.3	-	25.3	-	2'886.3	33.4	2'919.7
Leistungen der Verkehrsnutzenden (in %)																		
Transportentgelte	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	120.4%	0.0%	120.4%	0.0%	1.1%	107.0%	2.3%
Selbst getragene Verkehrsmittelkosten	80.3%	80.7%	95.2%	83.4%	80.7%	97.0%	29.8%	48.7%	14.4%	11.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	71.9%	0.0%	71.1%
Verkehrsspezifische Steuern und Abgaben	9.5%	5.4%	-1.8%	5.7%	6.5%	2.2%	1.0%	1.7%	0.1%	0.1%	0.0%	-35.4%	0.0%	-35.4%	0.0%	5.3%	-14.5%	5.1%
Selbst getragene Unfallkosten	10.2%	13.9%	6.6%	10.9%	12.8%	0.7%	69.3%	49.6%	85.6%	76.9%	74.4%	15.1%	0.0%	15.1%	0.0%	20.2%	7.5%	20.0%
Externer Gesundheitsnutzen	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.6%	25.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	1.5%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Kostendeckungsgrad	86.3%	77.7%	85.9%	82.9%	79.9%	96.0%	90.0%	79.8%	88.5%	100.4%	110.9%	6.4%	0.0%	6.4%	0.0%	74.4%	9.7%	69.1%

29.2.2 Aufteilung auf die Kostenträger

a) Aufteilung auf Kostenträger

Die Verteilung nach finalen Kostenträgern ähnelt ebenfalls derjenigen des Gesamtverkehrs (vgl. Abbildung 29-6). Die Verkehrsnutzenden sind auch hier die wichtigsten Kostenträger (69%), gefolgt vom «Staat als Infrastrukturbetreiber» (12%), vom «übrigen Staat» (10%) sowie der «Allgemeinheit» (9%). Der Unterschied zwischen den finalen und den direkten Kostenträgern ist sehr ähnlich wie für den Gesamtverkehr – auch die Begründung der Unterschiede ist analog. Wir verzichten deshalb auf eine Abbildung für die direkten Kostenträger. Die Ergebnisse sind aber aus Abbildung 29-19 ersichtlich.

Abbildung 29-18: Kosten des Personenverkehrs nach finalen Kostenträgern, 2016



Gesamtkosten des Personenverkehrs: 4'225 Mio. €

Die Abbildung 29-19 zeigt die Verteilung der Kosten auf die direkten und finalen Kostenträger für alle Fahrzeugkategorien und Antriebsarten im Personenverkehr. Bezüglich der finalen Kostenträger können folgende Ergebnisse daraus abgelesen werden:

- Bei den PKW tragen die Verkehrsnutzenden mit 80% den Grossteil der Kosten selbst (je nach Antriebsart 78% [Diesel] bis 86% [Elektro]). Der «Staat als Infrastrukturbetreiber» trägt aber auch 12% der Kosten. Entlastet wird hingegen der «übrige Staat», vor allem aufgrund der Treibstoffsteuereinnahmen (für Details siehe Anhang F). Gesamthaft trägt der Staat 9% der Kosten. Die Allgemeinheit muss die verbleibenden 12% übernehmen.
- Bei den Reisebussen tragen die Verkehrsnutzenden gar 96% der Kosten. Die Allgemeinheit muss die verbleibenden 4% beisteuern, während sich die Einnahmen des übrigen Staates mit den Ausgaben des Staates als Infrastrukturbetreiber praktisch decken.

Abbildung 29-19: Kosten des Personenverkehrs nach direkten und finalen Kostenträgern und Fahrzeugkategorien, 2016

	Strassenverkehr															Total	Schieneverkehr Personenverkehr (Regionalverkehr)	Gesamttotal Personen-verkehr
	Personenverkehr																	
	Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität			Öffentlicher Personenverkehr				Strassen-verkehr		
			PKW			RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss		Linienbus		Tram			
	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel	Diesel	Elektro	Total	Elektro			
Direkte Kostenträger (in Mio. €)																		
Verkehrsnutzende	626.8	1'688.3	3.1	16.9	2'335.1	36.7	117.7	14.1	9.4	75.8	99.9	3.8	-	3.8	-	2'692.6	2.5	2'695.1
ÖV-Betreiber	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	361.0	-	361.0	-	361.0	196.8	557.9
Staat als Infrastrukturbetreiber	84.5	294.9	0.2	2.3	382.0	0.6	3.7	1.9	0.5	3.4	9.3	9.6	-	9.6	-	411.1	130.6	541.7
Übriger Staat	1.3	4.7	0.0	0.0	6.1	0.0	1.6	0.1	0.2	1.2	1.9	0.1	-	0.1	-	11.2	0.1	11.3
Allgemeinheit	78.6	274.5	0.2	2.1	355.4	1.6	8.8	1.7	0.6	5.0	10.1	22.4	-	22.4	-	405.8	13.0	418.7
Direkte Kostenträger (in %)																		
Verkehrsnutzende	79.2%	74.6%	87.4%	79.0%	75.8%	94.2%	89.3%	78.7%	88.5%	88.7%	82.4%	1.0%	-	1.0%	-	69.4%	0.7%	63.8%
ÖV-Betreiber	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	90.9%	-	90.9%	-	9.3%	57.4%	13.2%
Staat als Infrastrukturbetreiber	10.7%	13.0%	6.9%	10.9%	12.4%	1.6%	2.8%	10.9%	4.2%	4.0%	7.6%	2.4%	-	2.4%	-	10.6%	38.1%	12.8%
Übriger Staat	0.2%	0.2%	0.1%	0.2%	0.2%	0.0%	1.2%	0.8%	1.4%	1.5%	1.6%	0.0%	-	0.0%	-	0.3%	0.0%	0.3%
Allgemeinheit	9.9%	12.1%	5.6%	9.8%	11.5%	4.2%	6.7%	9.6%	5.9%	5.9%	8.4%	5.6%	-	5.6%	-	10.5%	3.8%	9.9%
Finale Kostenträger (in Mio. €)																		
Verkehrsnutzende	682.8	1'757.5	3.0	17.7	2'461.0	37.4	118.7	14.3	9.4	85.8	134.4	25.3	-	25.3	-	2'886.3	33.4	2'919.7
ÖV-Betreiber	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Staat als Infrastrukturbetreiber	79.7	278.1	0.2	2.2	360.2	0.6	3.6	1.8	0.4	3.4	9.3	9.4	-	9.4	-	388.7	130.6	519.3
Übriger Staat	-49.8	-47.6	0.1	-0.7	-98.0	-0.7	0.7	0.0	0.2	0.6	-0.3	339.9	-	339.9	-	242.5	166.1	408.5
Allgemeinheit	78.6	274.5	0.2	2.1	355.4	1.6	8.8	1.7	0.6	-4.3	-22.1	22.4	-	22.4	-	364.2	13.0	377.2
Finale Kostenträger (in %)																		
Verkehrsnutzende	86.3%	77.7%	85.9%	82.9%	79.9%	96.0%	90.0%	79.8%	88.5%	100.4%	110.9%	6.4%	0.0%	6.4%	0.0%	74.4%	9.7%	69.1%
ÖV-Betreiber	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Staat als Infrastrukturbetreiber	10.1%	12.3%	6.5%	10.3%	11.7%	1.6%	2.7%	10.3%	4.2%	4.0%	7.6%	2.4%	0.0%	2.4%	0.0%	10.0%	38.1%	12.3%
Übriger Staat	-6.3%	-2.1%	2.1%	-3.1%	-3.2%	-1.7%	0.6%	0.3%	1.4%	0.7%	-0.3%	85.6%	0.0%	85.6%	0.0%	6.2%	48.4%	9.7%
Allgemeinheit	9.9%	12.1%	5.6%	9.8%	11.5%	4.2%	6.7%	9.6%	5.9%	-5.1%	-18.2%	5.6%	0.0%	5.6%	0.0%	9.4%	3.8%	8.9%

- Bei den Motorrädern übernehmen die Verkehrsnutzenden 90% der Kosten, die Allgemeinheit 7% und der Staat insgesamt 3%, wobei der übrige Staat hier Nettoausgaben hat (nicht Nettoeinnahmen). Bei den Pedelecs ist die Verteilung sehr ähnlich.
- Bei den Mofas tragen die Verkehrsnutzenden noch 80% der Kosten, die übrigen Kosten teilen sich Staat als Infrastrukturbetreiber und Allgemeinheit auf (je ca. 10%).
- Durch den Fuss- und Fahrradverkehr wird die Allgemeinheit aufgrund der externen Gesundheitsnutzen entlastet. Damit wird es möglich, dass die Verkehrsnutzenden 111% bzw. 100% der Kosten tragen, obwohl auch der Staat noch Kosten von ca. 6% trägt.
- Ganz anders sieht die Verteilung im öffentlichen Strassenverkehr aus: Hier trägt der übrige Staat – vor allem durch die Subventionierung – 86% der Kosten. Inklusive der Infrastrukturkosten, die der Staat als Infrastrukturbetreiber trägt, kommt der Staat damit für 88% der Kosten auf. Die Fahrgäste hingegen müssen nur 6% der Kosten (vor allem über Ticketpreise) bezahlen. Weitere 6% fallen bei der Allgemeinheit an.
- Auch im Schienen-Personenverkehr trägt der Staat mit 86% den Grossteil der Kosten – aufgeteilt auf 38% als Infrastrukturbetreiber und 48% sonst bzw. durch Subventionierung. Über Tickets steuern die Fahrgäste 10% bei. 4% verbleiben bei der Allgemeinheit.

b) Leistungen der Verkehrsnutzenden

Bei Betrachtung der Leistungen der Verkehrsnutzenden fällt auf, dass die selbst getragenen Unfallkosten mit einem Anteil von 20% eine wichtige Rolle spielen. Am wichtigsten sind mit Abstand aber auch hier die selbst getragenen Verkehrsmittelkosten (71%). Diese Kosten werden zu einem Grossteil von der Fahrzeugkategorie «PKW» verursacht (1'985 Mio. € von 2'074 Mio. € gesamthaft für alle Fahrzeugkategorien).

Der unteren Teil der Abbildung 29-17 zeigt alle Resultate zu den verschiedenen Kostenkategorien, den Leistungen der Verkehrsnutzenden und den daraus resultierenden Kostendeckungsgrad für alle vorhandenen Fahrzeugkategorien im Personenverkehr.[378]

In der Detailbetrachtung fällt auf, dass der Fahrrad- und Fussverkehr die einzigen Fahrzeugkategorien sind, die einen Kostendeckungsgrad von 100% oder höher aufweisen. Der Grund dafür ist einerseits, dass die aktive Mobilität nur geringe externe Kosten verursacht und andererseits, dass sie auch externen Nutzen generiert, die höher sind als die externen Kosten.[379]

Die tiefsten Kostendeckungsgrade weisen der öffentliche Strassenpersonenverkehr (6%) sowie der Schienenpersonenverkehr (10%) auf. Denn die Ticketpreise reichen bei weitem nicht aus, um die Kosten zu decken.

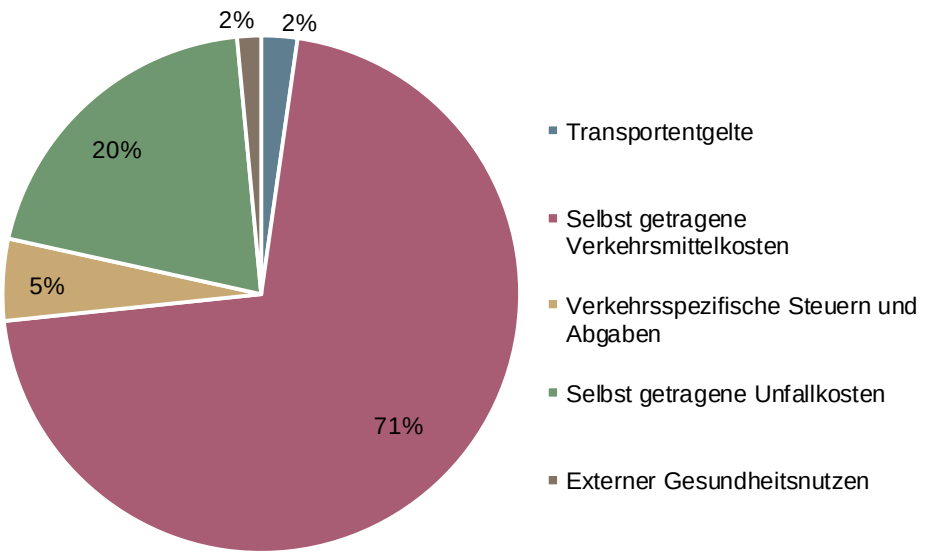
Für PKW liegt der Kostendeckungsgrad bei 80% (Diesel 78% bis Benzin 86%). Anders ausgedrückt, werden 20% der Kosten nicht von den Verursachern getragen.

---

[378] Der Kostendeckungsgrad kann auch der Zeile «Finale Kostenträger (in%) Verkehrsnutzende in Abbildung 29-19 entnommen werden.

[379] Bei Pedelecs 25 beläuft sich der ausgewiesene Kostendeckungsgrad nur auf 89% – dieser wäre allerdings höher, wenn die Gesundheitsnutzen der Pedelecs auch bestimmt werden könnten.

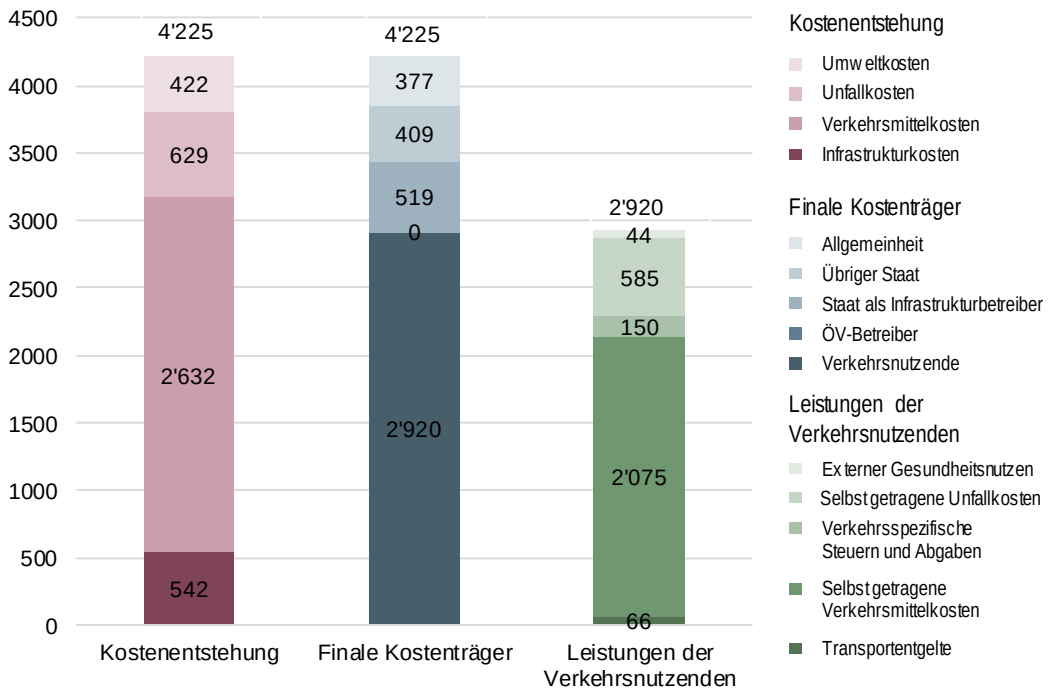
Abbildung 29-20: Leistungen der Verkehrsnutzenden im Personenverkehr, 2016



Total Leistungen der Verkehrsnutzenden im Personenverkehr: 2'920 Mio. €

In der Übersicht über die Kostenentstehung, die finalen Kostenträger sowie die Leistungen der Verkehrsnutzenden zeigt sich in Abbildung 29-21, dass im Personenverkehr der Kostendeckungsgrad 69% beträgt, und somit tiefer ist als in der Gesamtverkehrsbetrachtung.

Abbildung 29-21: Kostenentstehung, finale Kostenträger und Leistungen der Verkehrsnutzenden im Personenverkehr, in Mio. €, 2016



29.2.3 Kilometerkosten

Die Gesamtkosten pro Fahrzeugkategorie im Personenverkehr können auch in € pro Fahrzeugkilometer bzw. € pro Personenkilometer ausgedrückt werden. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist der folgende Exkurs zu beachten.

Exkurs: Kilometerkosten als Vergleichswerte

Bei den Angaben in Kilometerkosten handelt es sich um statistische Mittelwerte. Je nach eingesetztem Verkehrsmittel, dessen Besetzungsgrad bzw. Auslastung, der benutzten Infrastruktur, der Streckentopographie, des Verkehrsflusses usw. können die tatsächlichen Kilometerkosten deutlich vom Durchschnittswert abweichen.

Die Kilometerkosten könnten angesichts des gemeinsamen Nenners «Distanz» zu Kostenvergleichen zwischen den verschiedenen Verkehrsformen verführen, selbst wenn völlig unterschiedliche Rahmenbedingungen bestehen. Bei der Interpretation ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Substituierbarkeit zwischen den Verkehrsformen oft eingeschränkt ist. Beispielsweise kann eine innerstädtische Busfahrt nicht durch eine Zugfahrt ersetzt werden oder nicht alle Strassentransporte können auf die Schiene verlagert werden. Ausserdem besteht zwischen vielen Verkehrsformen eine Komplementarität. So ist beispielweise kaum eine Verkehrsform vorstellbar, ohne diese mit Fusswegen zu kombinieren. Eine Gegenüberstellung der Verkehrsformen und Fahrzeugkategorien auf der Basis von Kilometerkosten ist daher nur beschränkt möglich. Insbesondere sind wertende Vergleiche hinsichtlich Kosteneffizienz unzulässig. Die Kilometerkosten sollten nur dort nebeneinandergestellt werden, wo Verkehrsformen ähnliche Charakteristika aufweisen.

Für alle Fahrzeugkategorien des Personenverkehrs sind die Kilometerkosten im Überblick in in Abbildung 29-22 zusammengefasst.[380] Die genauen Angaben zur Zusammensetzung der verschiedenen Kosten finden sich in Abbildung 29-23. Die Ergebnisse pro Fzkm können wie folgt kommentiert werden:

- Die PKW verursachen pro Fahrzeugkilometer Kosten von 0.45 € (Diesel 0.42, Elektro 0.80 € / Fzkm). Der grosse Teil der Kosten ist auf die Verkehrsmittelkosten bzw. die Betriebskosten Fahrzeuge zurückzuführen.
- Die Reisebusse verursachen aufgrund ihrer Grösse deutlich höhere Kosten von 6.5 € / Fzkm – auch hier grossmehrheitlich Verkehrsmittelkosten.
- Die Kosten der Linienbusse sind mit 4.8 € / Fzkm etwas tiefer, werden aber auch mehrheitlich durch die Verkehrsmittelkosten ausgelöst.
- Die Kosten der «schwachen» Fahrzeugkategorien Motorräder bis Fussgänger werden hingegen von den Unfallkosten dominiert, da in diesen Fahrzeugkategorien die Reisenden schlecht geschützt sind.

[380] Die Kategorien Linienbus (Elektro) und Tram (Elektro) sind dabei im Folgenden nicht ausgewiesen, da diese beiden Fahrzeugkategorien 2016 noch nicht fuhren.

Aus Übersichtsgründen ist in Abbildung 29-22 der regionale Personenschienenverkehr nicht abgebildet. Die Kosten pro Fahrzeug- bzw. Zugkilometer betragen für diesen 43.0 € – dies ist viel mehr als im Strassenverkehr, aber aufgrund der viel grösseren Züge war dies zu erwarten.

Abbildung 29-22: Kosten in € pro Fahrzeugkilometer im Personenverkehr nach Fahrzeug- und Kostenkategorie, 2016

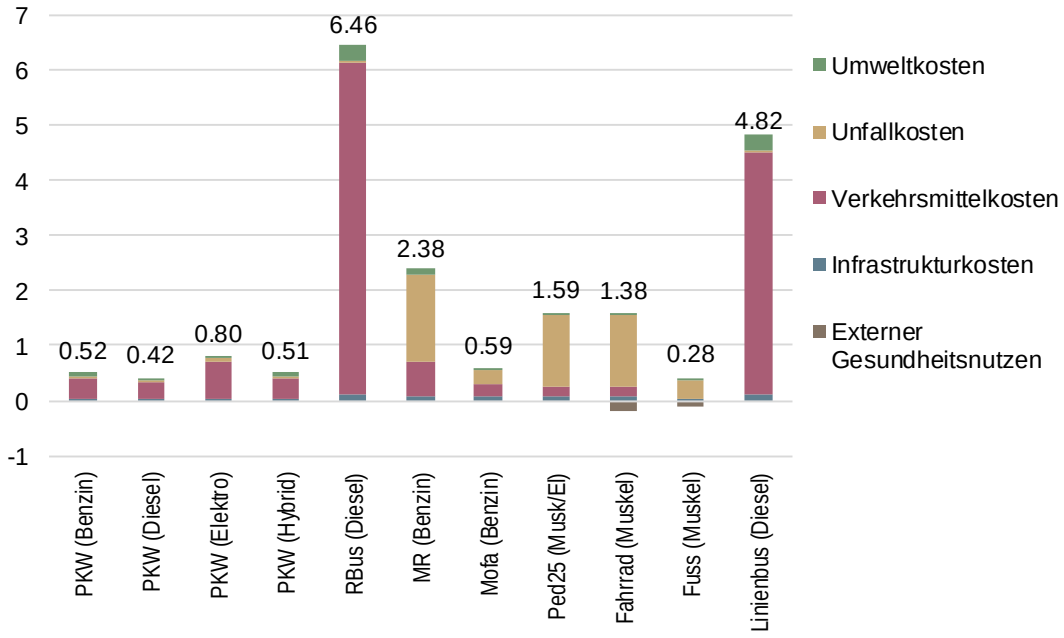


Abbildung 29-23: Kosten in € pro Fahrzeugkilometer im Personenverkehr nach Fahrzeug- und Kostenkategorie, 2016

Kürzel	Indikatorname	Personenverkehr Strasse												Schienen-Personen-verkehr (Regional-verkehr)
		Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität			Öffentlicher	
		PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss	Linienbus	
	in € / Fzkm	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel	Diesel	
W1/W2	Infrastrukturkosten	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.07	0.04	0.04	0.04	0.04	0.01	0.08	6.14
W3	Landkosten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
W6	Betriebs- und Unterhaltskosten Infrastruktur	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	10.21
W7/W8	Betriebskosten Fahrzeuge	0.36	0.27	0.66	0.35	0.29	6.01	0.64	0.23	0.20	0.18	-		
W9	Betriebskosten ÖV												4.38	24.66
W23	Polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
G5	Externe Gesundheitsnutzen durch aktive Mobilität									n.a.	-0.18	-0.11		
G6	Unfälle Strasse	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	1.60	0.25	1.30	1.30	0.35	0.05	
	Unfälle Schiene													0.34
U1	Luftbelastung	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.08	0.01	0.02				0.08	0.25
U2	Lärmbelastete Personen Strasse	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00				0.05	
	Lärmbelastete Personen Schiene													0.16
U4	Klimabelastung mot. priv. PV	0.02	0.02	-	0.02	0.02	0.08	0.01	0.01					
	Klimabelastung Strassen ÖV												0.08	
	Klimabelastung Güterverkehr Strasse													
	Klimabelastung Schienenverkehr													-
U9	Vor- und nachgelagerte Prozesse Energie	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	-	-	0.01	0.01
U10	Vor- und nachgelagerte Prozesse Fahrzeug	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.02	0.03
U11	Vor- und nachgelagerte Prozesse Infrastruktur	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.42
U12	Bodenversiegelung	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.27
U13	Zerschneidungseffekte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	-	-	-	0.01	0.47
Total		**0.52**	**0.42**	**0.80**	**0.51**	**0.45**	**6.46**	**2.38**	**0.59**	**1.59**	**1.38**	**0.28**	**4.82**	**42.97**

Die folgenden beiden Abbildungen zeigen die Kosten pro Personenkilometer. Dabei wird der Besetzungsgrad der einzelnen Fahrzeugkategorien berücksichtigt (vgl. Kapitel 7.1.1b):

- Pro pkm entstehen bei PKW Kosten von 0.29 € (0.27 bis 0.52 € / pkm).
- Im Reisebus sind die Kosten mit 0.35 € / pkm leicht höher, was vor allem auf die höheren Verkehrsmittelkosten der Reisebusse zurückzuführen ist – bzw. auf die tiefen Fahrleistungen der Reisebusse in Luxemburg, die zu hohen Verkehrsmittelkosten pro km führen.
- Die höchsten Kosten entstehen mit 2.17 € / pkm bei den Motorrädern, was vor allem auf die hohen Unfallkosten (1.45 € / pkm), aber auch auf die hohen Verkehrsmittelkosten (0.58 € / pkm) zurückzuführen ist.
- Pedelecs 25 und Fahrräder führen ebenfalls zu hohen Kosten von 1.6 bis 1.4 € / pkm – wiederum aufgrund der hohen Unfallkosten. Für Mofas und Fussverkehr sind die Unfallkosten deutlich kleiner, aber immer noch relativ bedeutend (0.23 bzw. 0.35 € / pkm). Beim Fussverkehr werden die Kosten aber durch die externen Gesundheitsnutzen wieder etwas reduziert.
- Öffentliche Linienbusse verursachen Kosten von 0.55 € / pkm – vor allem aufgrund der Verkehrsmittelkosten.
- Im Schienenverkehr entstehen Kosten von 0.82 € / pkm. Dies ist vor allem auf die Betriebskosten von 0.47 € / pkm und die Infrastrukturkosten von 0.32 € / pkm zurückzuführen.

Abbildung 29-24: Kosten in € pro Personenkilometer im Personenverkehr nach Fahrzeug- und Kostenkategorie, 2016

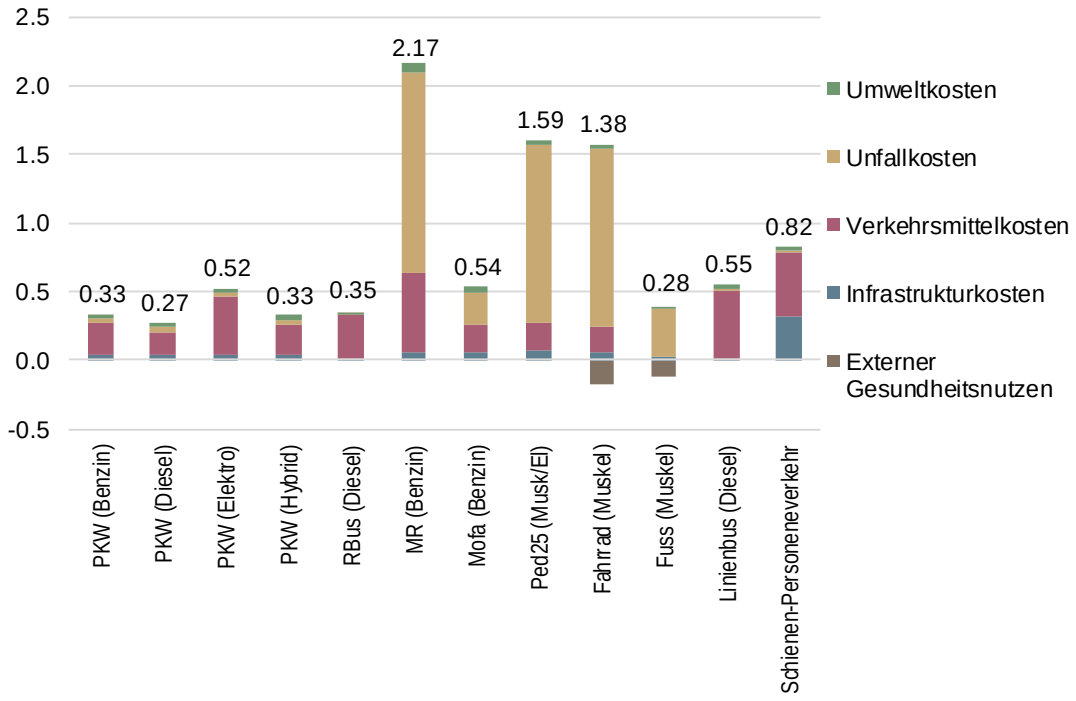


Abbildung 29-25: Kosten in € pro Personenkilometer im Personenverkehr nach Fahrzeug- und Kostenkategorie, 2016

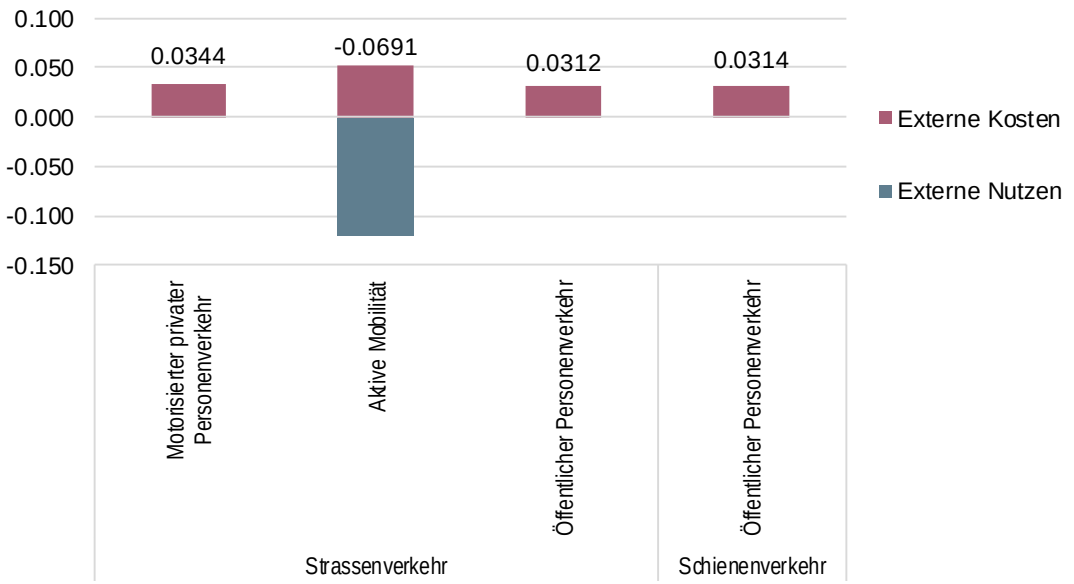
Kürzel	Indikatorname	Personenverkehr Strasse												Schienen-Personen-verkehr (Regional-verkehr)
		Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität			Öffentlicher	
		PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss	Linienbus	
	in € / pkm	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel	Diesel	
W1/W2	Infrastrukturkosten	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.03	0.03	0.04	0.04	0.01	0.01	0.12
W3	Landkosten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
W6	Betriebs- und Unterhaltskosten Infrastruktur	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.20
W7/W8	Betriebskosten Fahrzeuge	0.23	0.17	0.42	0.23	0.19	0.33	0.58	0.21	0.20	0.18	-		
W9	Betriebskosten ÖV												0.50	0.47
W23	Polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	
G5	Externe Gesundheitsnutzen durch aktive Mobilität									n.a.	-0.18	-0.11		
G6	Unfälle Strasse	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	1.45	0.23	1.30	1.30	0.35	0.01	
	Unfälle Schiene													0.01
U1	Luftbelastung	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02				0.01	0.00
U2	Lärmbelastete Personen Strasse	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00				0.01	
	Lärmbelastete Personen Schiene													0.00
U4	Klimabelastung mot. priv. PV	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01					
	Klimabelastung Strassen ÖV												0.01	
	Klimabelastung Güterverkehr Strasse													
	Klimabelastung Schienenverkehr													-
U9	Vor- und nachgelagerte Prozesse Energie	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00
U10	Vor- und nachgelagerte Prozesse Fahrzeug	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	-	0.00	0.00
U11	Vor- und nachgelagerte Prozesse Infrastruktur	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
U12	Bodenversiegelung	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
U13	Zerschneidungseffekte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	0.00	0.01
Total		**0.33**	**0.27**	**0.52**	**0.33**	**0.29**	**0.35**	**2.17**	**0.54**	**1.59**	**1.38**	**0.28**	**0.55**	**0.82**

29.2.4 Externe Unfall- und Umweltkosten

Im Folgenden werden die externen Kosten in den Bereichen Unfälle und Umwelt ausgewiesen. Diese Kosten fallen bei der Allgemeinheit oder beim Staat an. Dabei werden auch die externen Gesundheitsnutzen durch aktive Mobilität miteinbezogen.

Es zeigt sich, dass in der aktiven Mobilität netto ein externer Nutzen pro geleistetem Personenkilometer resultiert (Kosten von 0.05 € / pkm und Nutzen von 0.12 € / pkm ergeben einen Nettonutzen von 0.07 € / pkm). Bei den übrigen Fahrzeugkategorien belaufen sich die externen Unfall- und Umweltkosten auf 0.03 € pro Personenkilometer (motorisierter privater Personenverkehr 0.034, öffentlicher Verkehr auf Strasse und Schiene je 0.031 € / pkm). Ein externer Nutzen fällt bei diesen Kategorien nicht an.

Abbildung 29-26: Externe Kosten und Nutzen nach Verkehrsform in € pro Personenkilometer, 2016



Die detaillierte Betrachtung der externen Kosten und Nutzen in der folgenden Abbildung zeigt Folgendes:

- Für PKW bestehen die externen Kosten von 0.034 € / pkm vor allem aus Kosten der Luftbelastung und des Klimas, wobei diese beiden für 27% bzw. 25% der Kosten verantwortlich sind. Die restlichen 48% der externen Kosten sind auf verschiedene Kostenbereiche verteilt.
- Reisebusse verursachen mit 0.015 € / pkm nur knapp halb so hohe externe Kosten pro pkm als PKW. Anteilsmässig ist die Verteilung jedoch ähnlich wie bei PKW, wobei der Lärm bei Reisebussen bedeutender ist (18% versus 8%) und die Unfälle von geringerer Bedeutung sind (1% versus 6%).

Abbildung 29-27: Externe Kosten und Nutzen im Personenverkehr in € pro Personenkilometer

Externe Kosten in € / pkm		Strassenverkehr Personenverkehr												Schieneverkehr Personenverkehr (Regionalverkehr)
		Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität			Öffentlicher Personenverkehr	
		PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss	Linienbus	
		Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel	Diesel	
G5	Externe Gesundheitsnutzen durch aktive Mobilität									n.a.	-0.182	-0.113		
G6	Unfälle Strasse	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.100	0.016	0.090	0.090	0.024	0.000	
	Unfälle Schiene													0.000
U1	Luftbelastung	0.006	0.010	0.005	0.006	0.009	0.004	0.009	0.020				0.009	0.005
U2	Lärmbelastete Personen Strasse	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.045	0.004				0.006	
	Lärmbelastete Personen Schiene													0.003
U4	Klimabelastung mot. priv. PV	0.010	0.008	-	0.007	0.008	0.003	0.006	0.004					
	Klimabelastung Strassen ÖV												0.008	
	Klimabelastung Schienenverkehr													-
U9	Vor- und nachgelagerte Prozesse Energie	0.004	0.002	0.001	0.003	0.002	0.001	0.003	0.002	0.000	-	-	0.002	0.000
U10	Vor- und nachgelagerte Prozesse Fahrzeug	0.004	0.004	0.013	0.006	0.004	0.002	0.005	0.008	0.012	0.010	-	0.002	0.000
U11	Vor- und nachgelagerte Prozesse Infrastruktur	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.015	0.015	0.015	0.002	0.008
U12	Bodenversiegelung	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.005
U13	Zerschneidungseffekte	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.000	0.002	0.001	-	-	-	0.001	0.009
Total externe Kosten		**0.034**	**0.034**	**0.029**	**0.033**	**0.034**	**0.015**	**0.171**	**0.056**	**0.116**	**0.114**	**0.039**	**0.031**	**0.031**
Total externe Nutzen		-	-	-	-	-	-	-	-	nicht verfügbar	**-0.182**	**-0.113**	-	-
Total externe Effekte		**0.034**	**0.034**	**0.029**	**0.033**	**0.034**	**0.015**	**0.171**	**0.056**	nicht verfügbar	**-0.068**	**-0.073**	**0.031**	**0.031**

- Beim Motorrad sind die Kosten mit 0.171 € / pkm deutlich höher. Dies ist auf die hohen Unfallkosten (59% der externen Kosten) und die hohen Lärmkosten (26%) zurückzuführen.
- Auch Mofas erzeugen mit 0.056 € / pkm relativ hohe externe Kosten, wofür vor allem hohe Kosten durch Luftbelastung (37%) und Unfälle (28%) verantwortlich sind.
- In der aktiven Mobilität ergibt sich aufgrund der externen Gesundheitseffekte netto sogar ein Nutzen von 0.07 € / pkm (Datengrundlagen zu den Gesundheitsnutzen der Pedelecs 25 fehlen). Die externen Kosten sind vor allem auf Unfälle zurückzuführen (62% bis 78%[381]), teilweise aber auch auf vor- und nachgelagerte Prozesse der Infrastruktur und der Fahrzeuge.
- Die externen Kosten des öffentlichen Personenverkehrs von 0.031 € / pkm sind zu grossen Teilen auf die Luft- (30%), Klima- (25%) und Lärmbelastung (18%) zurückzuführen. Die Lärmkosten sind für ÖV-Busse am höchsten, auch weil sie vor allem innerorts verkehren.
- Im Schienen-Personenverkehr ist die Luft- und Lärmbelastung zwar eher gering (die Klimabelastung gar Null), dafür spielen vor- und nachgelagerte Infrastrukturprozesse, die Bodenversiegelung und Zerschneidungseffekte eine grössere Rolle als im Strassenverkehr.

Vergleich PKW mit öffentlichen Linienbus

Es mag überraschen, dass die externen Kosten des PKW nur 8% über den Kosten des öffentlichen Verkehrs liegen. Vergleicht man den öffentlichen Linienbus mit dem PKW, so ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. folgende Abbildung):

- PKW verursachen zwar mehr als fünf Mal so hohe Unfallkosten, doch resultieren daraus in absoluten Beträgen nur geringe Mehrkosten von 0.18 €-Cent / pkm, weil 93% der Unfallkosten intern sind. Trotzdem ist die betragsmässig die grösste positive Differenz.
- Knapp dahinter folgen mit Mehrkosten von 0.17 €-Cent / pkm die externen Kosten bei den vor- und nachgelagerten Prozessen des Fahrzeugs (77% höher als beim Bus) und mit Mehrkosten von 0.16 €-Cent / pkm die Zerschneidungseffekte (135% höher als beim Bus).
- Die externen Effekte sind für PKW auch für die folgenden Bereiche höher als für Linienbusse: Vor- und nachgelagerte Effekte Energie um 0.08 €-Cent / pkm höhere Kosten, Klima um 0.06 €-Cent / pkm und Bodenversiegelung um 0.04 €-Cent / pkm.
- In (nur) drei Kostenbereichen weisen Linienbusse höhere Kosten als PKW auf. An erster Stelle zu erwähnen ist der Lärmbereich mit externen Mehrkosten bei Linienbussen von 0.28 €-Cent / pkm – ca. doppelt so hohe Kosten wie PKW). Gut doppelt so hoch sind für die Busse im Vergleich zu den PKW auch die externen Kosten bei vor- und nachgelagerten Prozesse durch die Infrastruktur (Mehrkosten von 0.10 €-Cent / pkm). Schliesslich ist auch die Luftbelastung der PKW um 5% geringer als diejenige der Busse (0.04 €-Cent / pkm weniger).
- Gesamthaft ergibt dies für PKW 0.25 €-Cent / pkm höhere externe Kosten als für Linienbusse. Die relativ kleine Differenz zwischen PKW und Linienbus ist nicht zuletzt auch auf

[381] Dies basiert nicht zuletzt auf der hohen Dunkelziffer für Fahrräder und Pedelecs 25 (vgl. Abbildung 21-10).

die bei öffentlichen Bussen vergleichsweise tiefe Auslastung von durchschnittlich 8.8 Personen pro Bus zurückzuführen.[382]

Abbildung 29-28: Vergleich der externen Kosten von PKW mit Linienbus und Zug

Differenzen in €-Cent / pkm		Differenz zwischen PKW und Linienbus	Kosten PKW im Vergleich zu Linienbus (in %)	Differenz zwischen PKW und Zug	Kosten PKW im Vergleich zu Zug (in %)
G6	Unfälle	0.18	557%	0.18	548%
U1	Luftbelastung	-0.04	95%	0.42	187%
U2	Lärmbelastete Personen	-0.28	49%	-0.03	89%
U4	Klimabelastung	0.06	108%	0.83	unendlich
U9	Vor- und nachgelagerte Prozesse Energie	0.08	155%	0.21	904%
U10	Vor- und nachgelagerte Prozesse Fahrzeug	0.17	177%	0.33	769%
U11	Vor- und nachgelagerte Prozesse Infrastruktur	-0.10	43%	-0.73	10%
U12	Bodenversiegelung	0.04	124%	-0.34	36%
U13	Zerschneidungseffekte	0.16	235%	-0.63	30%
Total		**0.25**	**108%**	**0.24**	**108%**

Legende: Positive Zahl = Mehrkosten bei PKW, negative Zahl = Minderkosten bei PKW.

Vergleich PKW mit öffentlichen Schienenverkehr

Vergleicht man die externen Kosten des öffentlichen Schienen-Personenverkehrs mit jenen der PKW sind die Unterschiede bei den einzelnen Kostenbereichen oft deutlich grösser. Insgesamt ist die Gesamtdifferenz jedoch fast gleich wie zwischen Bus und PKW: Der PKW verursacht um 0.24 €-Cent / pkm oder 8% höhere externe Kosten als der öffentliche Schienenverkehr (vgl. Abbildung 29-28):

- Der grösste Unterschied von 0.83 €-Cent / pkm stammt von den Klimakosten, da Züge keine Klimakosten verursachen bzw. diese bei den vor- und nachgelagerten Prozessen der Energie enthalten sind. Doch auch bei vor- und nachgelagerten Prozessen der Energie verursachen PKW um 0.21 €-Cent / pkm höher Kosten als Züge (9 Mal mehr).
- Die Kosten durch die Luftbelastung der PKW sind um 0.42 €-Cent / pkm höher als für Züge (beinahe doppelt so hoch).
- Zudem sind die vor- und nachgelagerten Prozesse der Fahrzeuge für PKW ebenfalls deutlich höher als für Züge (0.33 €-Cent / pkm oder Faktor 8).
- Die Unfallkosten liegen beim PKW im Vergleich zum Zug um 0.18 €-Cent / pkm höher (rund fünf Mal höher). Die externen Mehrkosten sind aber nur relativ gering, weil ca. 93.5% der Unfallkosten intern anfallen.
- Insbesondere bei den Infrastrukturkosten sind es aber die Züge, die höhere Kosten verursachen als die PWK: Die vor- und nachgelagerten Prozesse der Infrastruktur sind um 0.73 €-Cent / pkm höher (oder 10 Mal höher), die Zerschneidungseffekte um 0.63 €-Cent / pkm (oder gut 3 Mal) höher und die Bodenversiegelung um 0.34 €-Cent / pkm (oder knapp 3

[382] In der Schweiz beträgt die Auslastung 2015 z.B. 10.8 Personen pro Bus – inkl. der Trams sogar 13.2 Personen pro Fahrzeug.

Mal) höher. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die Bahninfrastrukturen weniger oft genutzt werden als die Strassen. Schliesslich sind auch die Lärmkosten für Züge leicht höher als für PKW.

- Die relativ kleine Gesamtdifferenz zwischen PKW und Schiene ist aber auch auf die relativ geringe Auslastung der Züge von durchschnittlich 52 Personen pro Zug zurückzuführen.[383]

Exkurs: Interpretation der Ergebnisse zur aktiven Mobilität

Die in den obenstehenden Abbildungen des Kapitels 29.2 ausgewiesenen Ergebnisse lassen sich in Bezug auf die aktive Mobilität wie folgt zusammenfassen und interpretieren:

- Werden die sozialen Kosten pro pkm betrachtet, so zeigen Abbildung 29-24 und Abbildung 29-25, dass Fahrräder (mit 1.38 € / pkm und Ped 25 mit 1.59 € / pkm) mit den höchsten Kosten pro pkm verbunden sind (abgesehen vom Motorrad mit 2.17 € / pkm) – und dass diese Kosten deutlich höher sind als beim PKW (0.29 € / pkm). Die Kosten des Fussverkehrs liegen mit 0.28 € / pkm nur knapp unter denjenigen des PKW. Hier schneidet die aktive Mobilität also eher schlecht ab. Bei der aktiven Mobilität ist dies vor allem auf die hohen (internen) Unfallkosten zurückzuführen, welche die Kosten pro pkm klar dominieren (Anteil von 81% bei Pedelecs 25, 94% beim Fahrrad und 124% beim Fussverkehr[384]).
- Die gesamten Gesundheitsnutzen (inkl. der internen) sind aber deutlich grösser als die Unfallkosten: Bei Fahrrädern betragen sie 3.35 € / pkm (2.6-mal mehr als die Unfallkosten), bei Fussgängern 1.71 € / pkm (4.9-mal mehr als die Unfallkosten). Bei den Pedelecs konnten die Gesundheitsnutzen aufgrund fehlender Daten nicht quantifiziert werden.
- In Abbildung 29-26 und Abbildung 29-27 werden die externen Unfall- und Umweltkosten betrachtet. Hier erreicht die aktive Mobilität das beste Ergebnis, weil die aktive Mobilität einerseits nur wenige externe Kosten verursacht und andererseits externen Gesundheitsnutzen generiert, die grösser sind als die externen Kosten. So resultiert ein Nettonutzen von 0.069 € / pkm (0.068 € / pkm für Fahrräder und 0.073 € / pkm für Fussgänger – Ped 25 ohne Gesundheitsnutzen Kosten von 0.116 € / pkm).
- Bezüglich des Kostendeckungsgrades schneidet die aktive Mobilität gemäss Abbildung 29-17 mit einem Wert von 106% am besten ab (Fussgänger 111%, Fahrrad 100.4%, Ped25 89%, wobei bei den Pedelecs der Kostendeckungsgrad höher wäre, wenn die Gesundheitsnutzen quantifiziert werden könnten). Dies ist darauf zurückzuführen, dass die externen Gesundheitsnutzen grösser sind als die externen Kosten. Bei allen anderen Fahrzeugkategorien liegt der Kostendeckungsgrad unter 100% (beim PKW bei 80%). Damit schneidet die aktive Mobilität bezüglich des Kostendeckungsgrads am besten ab.

[383] In der Schweiz ist die Auslastung mit 104 Personen pro Zug doppelt so hoch (allerdings inkl. Fernverkehr).

[384] Der Wert über 100% ist möglich, weil die Gesundheitsnutzen grösser sind als alle übrigen Kosten (ausser den Unfallkosten), so dass die Unfallkosten höher sind als die Gesamtkosten (vgl. Abbildung 29-25).

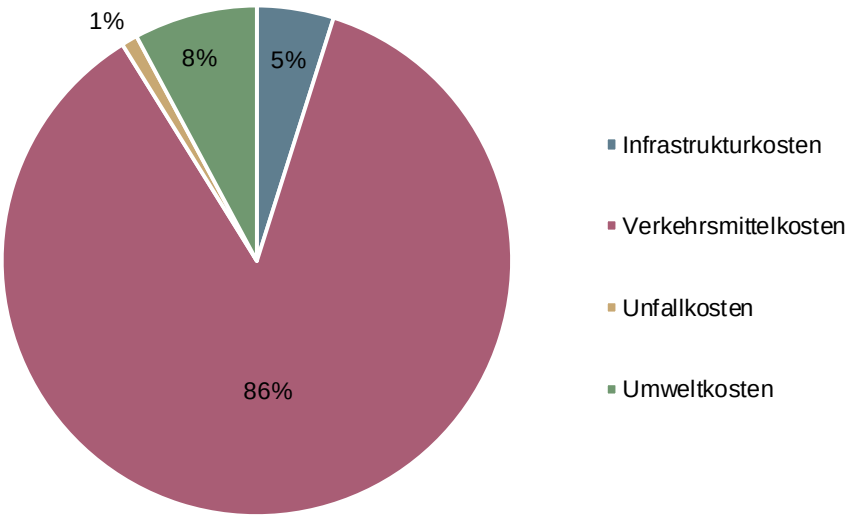
Die Gesamtkosten der aktiven Mobilität sind also relativ hoch (vor allem bei Fahrrädern – vgl. Abbildung 29-24 und Abbildung 29-25). Der Grossteil dieser Kosten wird jedoch von den Verkehrsteilnehmern als interne Unfallkosten selbst getragen. Betrachtet man nur die externen Effekte schneidet die aktive Mobilität am besten ab, da die externen Nutzen grösser sind als die externen Kosten. Das wesentliche Resultat ist der Kostendeckungsgrad in Abbildung 29-17. Es ist somit ökonomisch sinnvoll, die aktive Mobilität zu fördern – insbesondere den Fussverkehr, aber auch den Fahrradverkehr, da sein Kostendeckungsgrad deutlich höher ist als derjenige der alternativen Fahrzeugkategorien wie PKW (80%), Mofa (80%), Motorrad (90%), Linienbus (6%) oder Zug (10%).

29.3 Detailergebnisse Güterverkehr

29.3.1 Entstehung der Kosten

Die Gesamtkosten des Güterverkehrs betragen 2'363 Mio. € (vgl. folgende Abbildung). Die Verteilung dieser Kosten auf die verschiedenen Kostenkategorien unterscheidet sich hier stärker vom Gesamtverkehr als dies beim Personenverkehr der Fall ist. Auffallend ist der noch höhere Anteil von 86% der Verkehrsmittelkosten. Die Unfallkosten betragen hingegen nur 1%.

Abbildung 29-29: Gesamtkosten des Güterverkehrs nach Kostenkategorie, 2016



Gesamtkosten des Güterverkehrs: 2'363 Mio. €

Differenziert auf die einzelnen Fahrzeugkategorien und Antriebsarten ergeben sich folgende Resultate (vgl. Abbildung 29-30):

- Bei den leichten Nutzfahrzeugen sind die Verkehrsmittelkosten mit 91% klar dominant (Elektro gar 99%). Die Umweltkosten tragen 4% zum Total bei, die Infrastrukturkosten 3% und die Unfallkosten 1%.
- Bei den schweren Nutzfahrzeugen sind die Umweltkosten mit 12% bedeutender. Somit betragen die Verkehrsmittelkosten «nur» 83%.
- Im Schienenverkehr hingegen werden 62% der Kosten durch die Infrastruktur verursacht, und die Verkehrsmittelkosten machen noch 23% aus. Die Umweltkosten betragen 12% (wie bei den schweren Nutzfahrzeugen) und die Unfallkosten 2%.

Abbildung 29-30: Kostenkategorien pro Fahrzeugkategorie im Güterverkehr, 2016

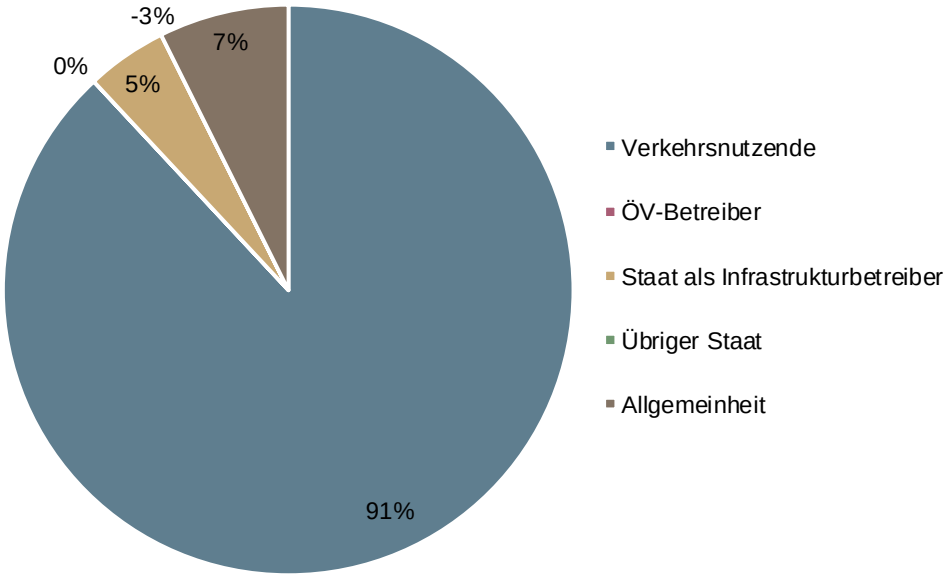
	Strassenverkehr						Schienen-verkehr	Gesamttotal Güterverkehr
	Güterverkehr					Total Strassen-verkehr	Güter-verkehr	
	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF			
	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel			
Kostenkategorie (in Mio. €)								
Umweltkosten	0.8	55.7	0.0	56.5	122.1	178.6	6.7	185.3
Unfallkosten	0.2	13.1	0.0	13.3	9.8	23.1	1.2	24.3
Verkehrsmittelkosten	44.5	1'126.3	3.5	1'174.2	851.5	2'025.8	12.9	2'038.7
Infrastrukturkosten	0.7	42.9	0.0	43.6	37.1	80.8	34.1	114.9
Total	46.2	1'237.9	3.5	1'287.6	1'020.5	2'308.2	55.0	2'363.2
Kostenkategorie (in %)								
Umweltkosten	1.8%	4.5%	0.4%	4.4%	12.0%	7.7%	12.2%	7.8%
Unfallkosten	0.5%	1.1%	0.1%	1.0%	1.0%	1.0%	2.3%	1.0%
Verkehrsmittelkosten	96.2%	91.0%	99.0%	91.2%	83.4%	87.8%	23.5%	86.3%
Infrastrukturkosten	1.6%	3.5%	0.5%	3.4%	3.6%	3.5%	62.0%	4.9%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

29.3.2 Aufteilung auf die Kostenträger

a) Aufteilung auf Kostenträger

In der Verteilung nach den finalen Kostenträgern gehen 91% der Kosten zulasten der Verkehrsnutzenden. Dabei ist es auch im Güterverkehr der Fall, dass die ÖV-Betreiber keine Last mehr tragen. Auffallend ist zudem, dass der Kostenträger «übriger Staat» -3% der Kosten trägt, d.h. Einnahmen aus dem Güterverkehr erzielt. Der Grund dafür sind die Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Eurovignette.

Abbildung 29-31: Kosten des Güterverkehrs nach finalen Kostenträgern, 2016



Gesamtkosten des Güterverkehrs: 2'363 Mio. €

Die folgende Abbildung zeigt die Verteilung der Kosten auf die direkten und finalen Kostenträger im Güterverkehr im Detail differenziert nach Fahrzeugkategorie und Antriebsart:

- Generell zeigen sich vergleichsweise geringe Unterschiede zwischen den direkten und den finalen Kostenträgern. Im Folgenden konzentrieren wir uns auf die finalen Kostenträger.
- Bei den leichten Nutzfahrzeugen tragen die Verkehrsnutzenden den Grossteil der Kosten (94%, Elektro gar 99%). Der Staat finanziert gesamthaft nur 1.5% der Kosten, den Rest von 4% trägt die Allgemeinheit.
- Bei den schweren Nutzfahrzeugen entfallen hingegen 11% auf die Allgemeinheit, der Staat hingegen profitiert von Treibstoffsteuern und Eurovignette und erzielt Nettoeinnahmen von 1.3%. Die Verkehrsmittelkosten betragen damit 90%.
- Im Schienenverkehr trägt der Staat als Infrastrukturbetreiber 60% der Kosten (Infrastruktur) plus zusätzlich 8% als übriger Staat (Subventionen kombinierter Verkehr). Die Verkehrsnutzenden tragen 19% der Kosten und die Allgemeinheit 12%.

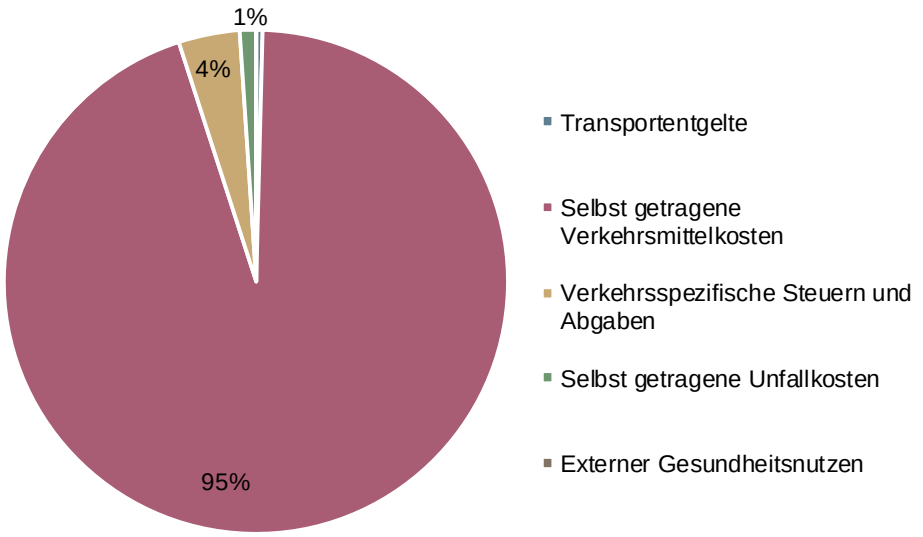
Abbildung 29-32: Kosten des Güterverkehrs nach direkten und finalen Kostenträgern und Fahrzeugkategorien, 2016

	Strassenverkehr						Schienen-verkehr	Gesamttotal Güterverkehr
	Güterverkehr					Total Strassen-verkehr	Güter-verkehr	
	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF			
	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel			
Direkte Kostenträger (in Mio. €)								
Verkehrsnutzende	44.7	1'141.0	3.5	1'189.2	865.9	2'055.1	1.2	2'056.2
ÖV-Betreiber	-	-	-	-	-	-	12.9	12.9
Staat als Infrastrukturbetreiber	0.7	42.9	0.0	43.6	37.1	80.8	34.1	114.9
Übriger Staat	0.0	0.3	0.0	0.3	0.3	0.6	0.1	0.6
Allgemeinheit	0.8	53.8	0.0	54.6	117.2	171.7	6.7	178.5
Direkte Kostenträger (in %)								
Verkehrsnutzende	96.7%	92.2%	99.1%	92.4%	84.8%	89.0%	2.1%	87.0%
ÖV-Betreiber	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	23.5%	0.5%
Staat als Infrastrukturbetreiber	1.6%	3.5%	0.5%	3.4%	3.6%	3.5%	62.0%	4.9%
Übriger Staat	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
Allgemeinheit	1.7%	4.3%	0.4%	4.2%	11.5%	7.4%	12.2%	7.6%
Finale Kostenträger (in Mio. €)								
Verkehrsnutzende	45.3	1'165.1	3.5	1'213.9	916.8	2'130.7	10.4	2'141.1
ÖV-Betreiber	-	-	-	-	-	-	-	-
Staat als Infrastrukturbetreiber	0.7	40.5	0.0	41.2	36.1	77.2	33.2	110.5
Übriger Staat	-0.6	-21.4	-0.0	-22.0	-49.5	-71.5	4.6	-66.9
Allgemeinheit	0.8	53.8	0.0	54.6	117.2	171.7	6.7	178.5
Finale Kostenträger (in %)								
Verkehrsnutzende	98.1%	94.1%	99.2%	94.3%	89.8%	92.3%	18.9%	90.6%
ÖV-Betreiber	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Staat als Infrastrukturbetreiber	1.5%	3.3%	0.4%	3.2%	3.5%	3.3%	60.4%	4.7%
Übriger Staat	-1.3%	-1.7%	0.0%	-1.7%	-4.9%	-3.1%	8.4%	-2.8%
Allgemeinheit	1.7%	4.3%	0.4%	4.2%	11.5%	7.4%	12.2%	7.6%

b) Leistungen der Verkehrsnutzenden

Auch bei den Leistungen der Verkehrsnutzenden herrscht ein relativ einseitiges Bild (vgl. die folgenden beiden Abbildungen). Die selbstgetragenen Verkehrsmittelkosten machen 95% der erbrachten Leistungen aus. Die «Transportentgelte» sind sehr nahe bei null. Die verkehrsspezifischen Steuern machen 4% des Totals aus, während auf die selbst getragenen Unfallkosten noch 1% entfällt.

Abbildung 29-33: Leistungen der Verkehrsnutzenden im Güterverkehr, 2016



Total Leistungen der Verkehrsnutzenden im Güterverkehr: 2'141 Mio. €

Die folgende Abbildung zeigt die Leistungen der Verkehrsnutzenden im Güterverkehr nach Fahrzeugkategorien. Dabei ist jeweils auch der Kostendeckungsgrad pro Fahrzeugkategorie ausgewiesen. Auffallend ist der tiefe Kostendeckungsgrad des Schienenverkehrs. Er beträgt lediglich 17%. Dies basiert auch hier auf den geringen Leistungen der Verkehrsnutzenden (Transportentgelte und selbst getragene Unfallkosten).

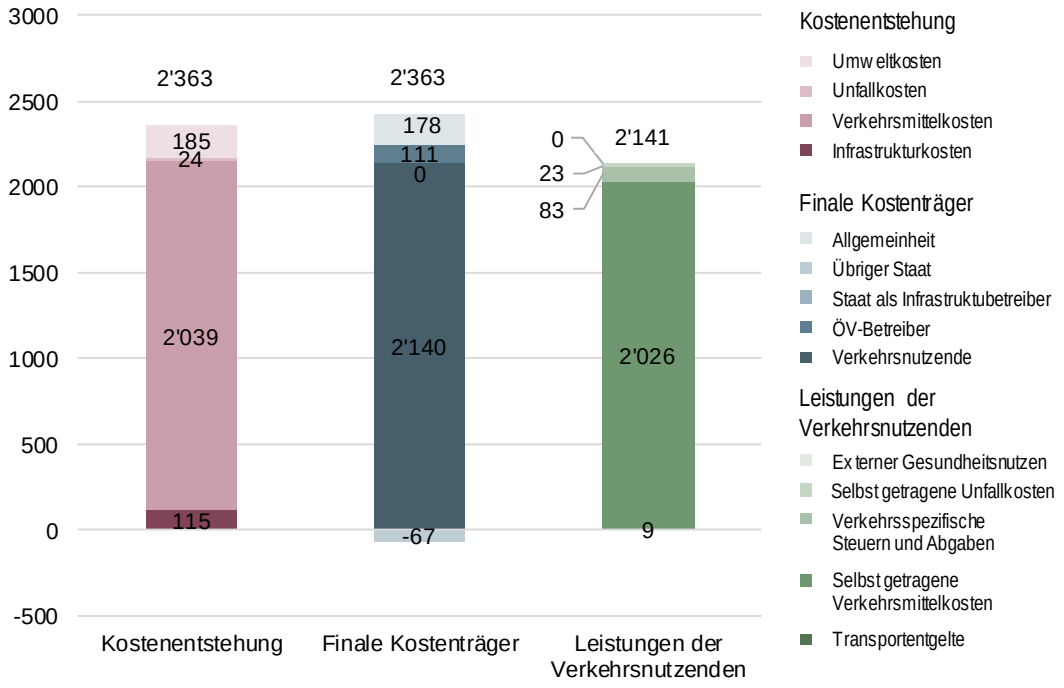
Abbildung 29-34: Leistung der Verkehrsnutzenden und Kostendeckungsgrad pro Fahrzeugkategorie im Güterverkehr, 2016

	Strassenverkehr						Schienen-verkehr	Gesamttotal Güterverkehr
	Güterverkehr					Total Strassen-verkehr	Güter-verkehr	
	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF			
	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel			
Leistungen der Verkehrsnutzenden (in Mio. €)								
Transportentgelte	-	-	-	-	-	-	9.2	9.2
Selbst getragene Verkehrsmittelkosten	44.5	1'126.3	3.5	1'174.2	851.5	2'025.8	-	2'025.8
Verkehrsspezifische Steuern und Abgaben	0.7	26.6	0.0	27.3	56.2	83.5	-	83.5
Selbst getragene Unfallkosten	0.2	12.2	0.0	12.4	9.1	21.5	1.2	22.6
Total	45.3	1'165.1	3.5	1'213.9	916.8	2'130.7	10.4	2'141.1
Leistungen der Verkehrsnutzenden (in %)								
Transportentgelte	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	88.8%	0%
Selbst getragene Verkehrsmittelkosten	98.1%	96.7%	99.8%	96.7%	92.9%	95.1%	0.0%	95%
Verkehrsspezifische Steuern und Abgaben	1.5%	2.3%	0.1%	2.2%	6.1%	3.9%	0.0%	4%
Selbst getragene Unfallkosten	0.5%	1.0%	0.1%	1.0%	1.0%	1.0%	11.2%	1%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100%
Kostendeckungsgrad	98.1%	94.1%	99.2%	94.3%	89.8%	92.3%	18.9%	91%

Zudem zeigt sich, dass die mit Benzin bzw. elektrisch angetriebenen leichten Nutzfahrzeuge ihre Kosten beinahe decken (98% bis 99%). Der Grund dafür sind die hohen Anteile der selbst getragenen Verkehrsmittelkosten. Bei den am weitesten verbreiteten Diesel-betriebenen leichten Nutzfahrzeugen liegt der Kostendeckungsgrad mit 94% etwas tiefer. Für schwere Nutzfahrzeuge sinkt der Kostendeckungsgrad auf 90%.

Die Gesamtübersicht in Abbildung 29-35 zeigt, dass der Kostendeckungsgrad im Güterverkehr gesamthaft bei 91% liegt. Er liegt somit deutlich höher als der Kostendeckungsgrad des Personenverkehrs (69%).

Abbildung 29-35: Kostenentstehung, finale Kostenträger und Leistungen der verkehrsnutzenden im Güterverkehr, in Mio. €, 2016



29.3.3 Kilometerkosten

Im Folgenden sollen die Kosten pro Fahrzeug- bzw. Tonnenkilometer ausgewiesen werden. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist wiederum der Exkurs in Kapitel 29.2.3 zu beachten.

Die Betrachtung der Kosten pro Fahrzeugkilometer im Güterverkehr zeigt (vgl. die folgenden beiden Abbildungen), dass der Schienengüterverkehr mit 85.72 € pro Fahrzeug- bzw. Zugkilometer klar am teuersten ist, die Züge sind aber auch viel länger als Strassenfahrzeuge. Einen grossen Anteil daran haben die hohen Infrastrukturkosten (53.2 € / Zugkm – W1 bis W6). Daneben sind aber auch die Verkehrsmittelkosten mit 20.1 € / Zugkm und die Umweltkosten mit 10.5 € / Zugkm zu beachten. Die Unfallkosten sind im Vergleich hierzu relativ unbedeutend (2.0 € / Zugkm).

Abbildung 29-36: Kosten in € pro Fahrzeugkilometer im Güterverkehr nach Fahrzeug- und Kostenkategorie, 2016

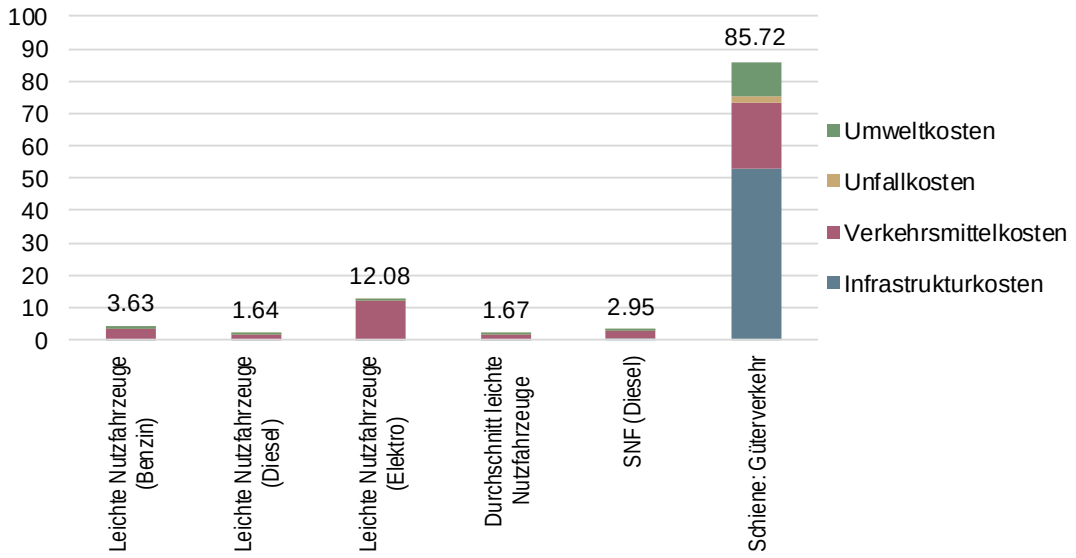


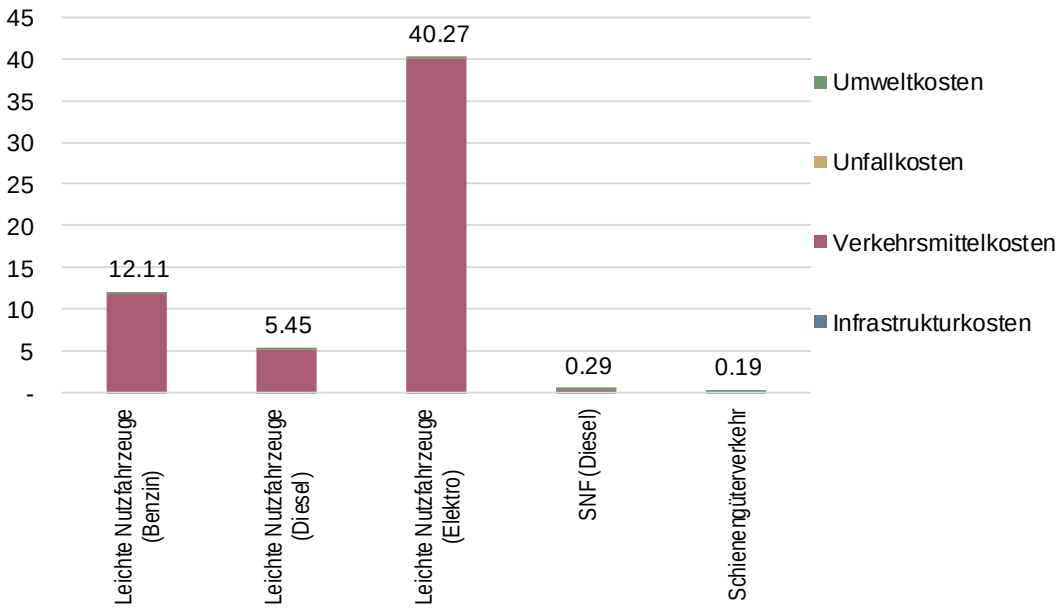
Abbildung 29-37: Kosten in € pro Fahrzeugkilometer im Güterverkehr nach Fahrzeug- und Kostenkategorie, 2016

Kürzel	Indikatorname	Güterverkehr					Schienen-Güter-verkehr
		Leichte Nutzfahrzeuge				SNF	
	in € / Fzkm	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel	
W1/W2	Infrastrukturkosten	0.03	0.03	0.03	0.03	0.07	25.40
W3	Landkosten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
W6	Betriebs- und Unterhaltskosten Infrastruktur	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	27.75
W7/W8	Betriebskosten Fahrzeuge	3.49	1.49	11.96	1.53	2.46	
W9	Betriebskosten ÖV						20.14
W23	Polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
G5	Externe Gesundheitsnutzen durch aktive Mobilität						
G6	Unfälle Strasse	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	
	Unfälle Schiene						1.94
U1	Luftbelastung	0.01	0.02	0.01	0.02	0.07	4.34
U2	Lärmbelastete Personen Strasse	0.01	0.01	0.01	0.01	0.13	
	Lärmbelastete Personen Schiene						3.57
U4	Klimabelastung mot. priv. PV						
	Klimabelastung Strassen ÖV						
	Klimabelastung Güterverkehr Strasse	0.02	0.02	-	0.02	0.08	
	Klimabelastung Schienenverkehr						1.01
U9	Vor- und nachgelagerte Prozesse Energie	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.22
U10	Vor- und nachgelagerte Prozesse Fahrzeug	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.16
U11	Vor- und nachgelagerte Prozesse Infrastruktur	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.42
U12	Bodenversiegelung	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.27
U13	Zerschneidungseffekte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.47
Total		**3.63**	**1.64**	**12.08**	**1.67**	**2.95**	**85.72**

Im Strassengüterverkehr sind die Kosten bei schweren Nutzfahrzeugen mit 3.0 € / Fzkm höher als bei leichten mit 1.7 € / Fzkm. Allerdings ist der Kostensatz für Benzin und insbesondere für elektrische leichte Nutzfahrzeuge höher als derjenige der SNF. Diese Unterschiede werden weitestgehend durch die dominanten Verkehrsmittelkosten erklärt. Dabei ist anzumerken, dass die die hohen Kosten für Benzin und Elektrofahrzeuge auf (sehr) kleine Fahrleistungen zurückzuführen sind.

Ein ganz anderes Bild zeigt sich (vgl. die folgenden beiden Abbildungen), wenn man anstelle der Kosten pro Fahrzeugkilometer die Kosten pro Tonnenkilometer betrachtet.[385] Hier schneidet der Schienengüterverkehr mit 0.19 € / tkm besser ab als die schweren Nutzufahrzeuge mit 0.29 € / tkm. Die leichten Nutzfahrzeuge werden in den Abbildungen zwar auch ausgewiesen, dürfen aber nicht direkt mit SNF oder dem Schienenverkehr verglichen werden, da sie sich für den Transport von schweren, massereichen Gütern nicht eignen (vgl. Exkurs in Kapitel 29.2.3).

Abbildung 29-38: Kosten in € pro Tonnenkilometer im Güterverkehr nach Fahrzeug- und Kostenkategorie, 2016



[385] D.h. pro Tonne der transportierten Waren, im Schienengüterverkehr also pro Nettonettotonnenkilometer.

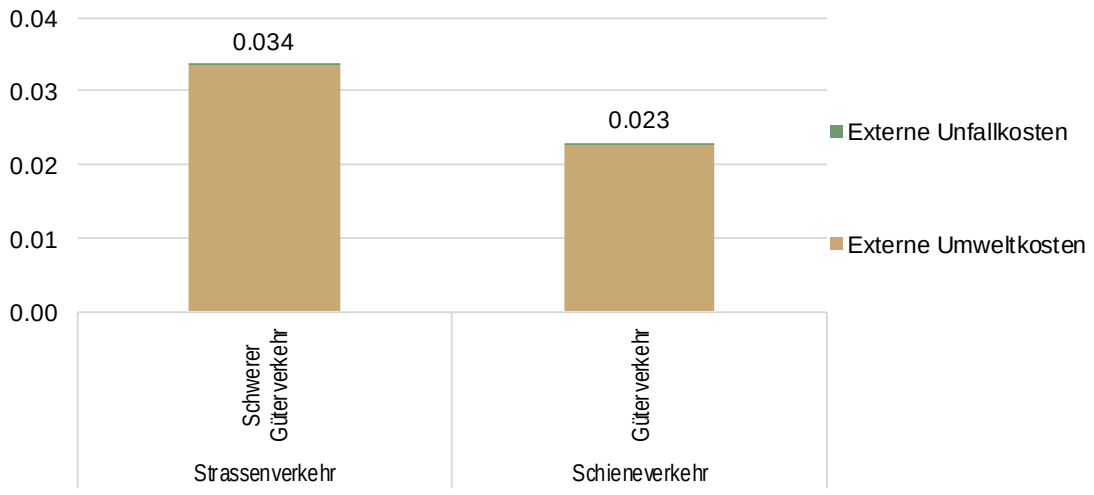
Abbildung 29-39: Kosten in € pro Tonnenkilometer im Güterverkehr nach Fahrzeug- und Kostenkategorie, 2016

Kürzel	Indikatorname	Güterverkehr					Schienen-Güter-verkehr
		Leichte Nutzfahrzeuge				SNF	
	in € / tkm	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel	
W1/W2	Infrastrukturkosten	0.10	0.10	0.10	0.10	0.01	0.06
W3	Landkosten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
W6	Betriebs- und Unterhaltskosten Infrastruktur	0.07	0.07	0.07	0.07	0.00	0.06
W7/W8	Betriebskosten Fahrzeuge	11.65	4.96	39.87	5.08	0.24	
W9	Betriebskosten ÖV						0.04
W23	Polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	
G5	Externe Gesundheitsnutzen durch aktive Mobilität						
G6	Unfälle Strasse	0.06	0.06	0.06	0.06	0.00	
	Unfälle Schiene						0.00
U1	Luftbelastung	0.04	0.08	0.03	0.08	0.01	0.01
U2	Lärmbelastete Personen Strasse	0.04	0.04	0.03	0.04	0.01	
	Lärmbelastete Personen Schiene						0.01
U4	Klimabelastung mot. priv. PV						
	Klimabelastung Strassen ÖV						
	Klimabelastung Güterverkehr Strasse	0.06	0.06	-	0.06	0.01	
	Klimabelastung Schienenverkehr						0.00
U9	Vor- und nachgelagerte Prozesse Energie	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
U10	Vor- und nachgelagerte Prozesse Fahrzeug	0.02	0.02	0.05	0.02	0.00	0.00
U11	Vor- und nachgelagerte Prozesse Infrastruktur	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
U12	Bodenversiegelung	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
U13	Zerschneidungseffekte	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00
Total		**12.11**	**5.45**	**40.27**	**5.57**	**0.29**	**0.19**

29.3.4 Externe Unfall- und Umweltkosten

Die externen Umwelt- und Unfallkosten fallen bei der Allgemeinheit oder beim Staat an. Wie sich zeigt (vgl. die folgenden beiden Abbildungen), sind die externen Umwelt- und Unfallkosten pro tkm bei den schweren Nutzfahrzeugen um ca. 50% höher als im Schienenverkehr (0.034 versus 0.023 € / tkm). Im leichten Güterverkehr sind diese Kosten zwar deutlich höher, aber nicht vergleichbar. Es zeigt sich, dass die externen Kosten im Güterverkehr fast gänzlich aus Umweltkosten bestehen.

Abbildung 29-40: Externe Kosten und Nutzen nach Verkehrsform in € pro Tonnenkilometer, 2016



Die Differenzierung der externen Kosten in Abbildung 29-41 zeigt, dass bei den leichten Nutzfahrzeugen die Luft-, Klima- und Lärmbelastungen stark ins Gewicht fallen. Aber auch die vor- und nachgelagerten Prozesse haben einen nicht vernachlässigbaren Anteil. Bei den schweren Nutzfahrzeugen sieht es ähnlich aus, wobei hier vor allem die Lärmkosten relativ bedeutend sind. Beim Schienen-Güterverkehr hingegen sind vor allem Luft- und Lärmbelastung relevant. Die Klimabelastung ist in dieser Kategorie eher gering.

Abbildung 29-41: Externe Kosten und Nutzen im Güterverkehr in € pro Tonnenkilometer

		Strassenverkehr Güterverkehr					**Schienen-verkehr** Güter-verkehr
		Leichte Nutzfahrzeuge				SNF	
		Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel	
G5	Externe Gesundheitsnutzen durch aktive Mobilität						
G6	Unfälle Strasse	0.004	0.004	0.004	0.004	0.000	
	Unfälle Schiene						0.000
U1	Luftbelastung	0.043	0.078	0.027	0.078	0.007	0.009
U2	Lärmbelastete Personen Strasse	0.044	0.044	0.031	0.044	0.013	
	Lärmbelastete Personen Schiene						0.008
U4	Klimabelastung Güterverkehr Strasse	0.047	0.049	0.000	0.048	0.007	
	Klimabelastung Schienenverkehr						0.002
U9	Vor- und nachgelagerte Prozesse Energie	0.017	0.010	0.008	0.011	0.001	0.000
U10	Vor- und nachgelagerte Prozesse Fahrzeug	0.018	0.018	0.054	0.018	0.002	0.000
U11	Vor- und nachgelagerte Prozesse Infrastruktur	0.009	0.009	0.009	0.009	0.002	0.001
U12	Bodenversiegelung	0.010	0.010	0.010	0.010	0.001	0.001
U13	Zerschneidungseffekte	0.015	0.015	0.015	0.015	0.001	0.001
Total externe Kosten		**0.208**	**0.238**	**0.158**	**0.237**	**0.034**	**0.023**

Teil IV: Anhänge

30 Anhang A: Gründe für den Einbezug von Steuereinnahmen und ÖV-Erlösen im Mehrverkehr in der KNA

Für die meisten Indikatoren ist der Einbezug in die KNA offensichtlich, weil es sich um volkswirtschaftliche Kosten oder Nutzen handelt. Etwas speziell ist die Situation bei Steuereinnahmen und ÖV-Erlösen im Mehrverkehr. Grundsätzlich stellen Steuern und ÖV-Erlöse Transfers zwischen Wirtschaftssubjekten dar und führen zu keinem Ressourcenverbrauch. Aufgrund dieser Eigenschaft sind sie in Kosten-Nutzen-Analyse prinzipiell auch nicht zu beachten. Warum dies in Bezug auf den Mehrverkehr anders ist, wird nachstehend erläutert.

30.1 Steuereinnahmen im Mehrverkehr[386]

30.1.1 Strassenverkehr bei sinkenden Zeitkosten

Im Folgenden begründen wir den Einbezug dieses Indikators anhand eines Strassenprojektes.

Ein Strassenprojekt kann nebst vielen anderen Auswirkungen auch die Einnahmen des Staates verändern, wenn sich aufgrund des Verkehrsprojektes die Verkehrsnachfrage verändert und dementsprechend auch die Erträge aus der Treibstoffsteuer tangiert werden. Es ist zu klären, ob diese Einnahmenveränderungen in einer volkswirtschaftlichen KNA zu berücksichtigen sind.

In der Teilbilanz des Staates tauchen die zusätzlichen Einnahmen aus den Treibstoffsteuern selbstverständlich auf. Sie werden dort den Kosten für Bau, Unterhalt und Betrieb der Strasse gegenübergestellt, die in den entsprechenden Indikatoren berücksichtigt werden (ein Beispiel ist oben links in Abbildung 30-1 dargestellt – die Zahlenwerte in Geldeinheiten (z.B. in Mio. € pro Jahr) sind fiktiv). Werden die verschiedenen Teilbilanzen für Staat, Benutzer und Allgemeinheit zu einem volkswirtschaftlichen Gesamtresultat aggregiert, gehen alle Teilbilanzen zunächst in das volkswirtschaftliche Gesamtresultat ein. Gewisse Indikatoren können aber aus verschiedenen Teilbilanzen mit umgekehrtem Vorzeichen eingehen, so dass sie sich gegenseitig herausstreichen. In diesem Fall spricht man von einem Transfer (der volkswirtschaftlich nicht relevant ist). Es stellt sich also die Frage, ob die zusätzlichen Einnahmen des Staates aus den Treibstoffsteuern Transfers darstellen oder nicht.

Um diese Frage zu beantworten, ist es hilfreich die Teilbilanz der Benutzer zu betrachten. Es ist zu überlegen, was auf dem Transportmarkt geschieht, wenn dank einer neuen Strasse die Transportkosten sinken. Es soll der einfachste Fall untersucht werden, in dem die Transportkosten lediglich aufgrund von Zeitgewinnen (von $P_0 – P_1$ in Abbildung 30-2) abnehmen (gleichzeitig sich verändernde Kosten für Treibstoffsteuer werden später betrachtet). Die Zeitgewinne des Stammverkehrs (d.h. des bisher bestehenden Verkehrs) werden beim Indikator

[386] Die folgenden Ausführungen basieren auf Ecoplan, Metron (2005), Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, S. 56-62.

Reisezeitgewinne berücksichtigt (mit der Fläche P_0BCP_1 in Abbildung 30-2 bzw. mit einem Wert von 45 in der Teilbilanz des Stammverkehrs[387] in Abbildung 30-2 und Abbildung 30-1). Im Beispiel, in dem sich nur die Zeitkosten verändern, bleiben die Kosten der Benutzer für Treibstoffsteuern (und die entsprechenden Einnahmen des Staates) unverändert und gehen nicht in die KNA ein, da in der KNA nur die Veränderungen gegenüber dem Referenzfall betrachtet werden. Für diesen einfachen Fall folgern wir also, dass im Stammverkehr die Treibstoffsteuern in einer volkswirtschaftlichen KNA nicht zu berücksichtigen sind.

Abbildung 30-1: Aggregation der Teilbilanzen bei sinkenden Zeitkosten (fiktive Zahlen in Geldeinheiten, z.B. in Mio. € pro Jahr)

	Teilbilanz Staat	
	Kosten	Nutzen
Investitionskosten	24	
Δ Unterhalt und Betrieb	4	
Δ Treibstoffsteuer		3
	28	3

	Teilbilanz Stammverkehr	
	Kosten	Nutzen
Δ Zeitkosten		45
Total	0	45

	Teilbilanz Mehrverkehr ohne Verrechnung	
	Kosten	Nutzen
Δ Bruttonutzen		12
Δ Betriebskosten Auto	4	
Δ Treibstoffsteuer	3	
Δ Zeitkosten	3	
Total	10	12

	Teilbilanz Mehrverkehr mit Verrechnung	
	Kosten	Nutzen
Δ Netttonutzen		2
Total	0	2

	Volkswirtschaftliche KNA ohne Verrechnung	
	Kosten	Nutzen
Investitionskosten	24	
Δ Unterhalt und Betrieb	4	
Δ Treibstoffsteuer	3	3
Δ Zeitkosten	3	45
Δ Bruttonutzen Mehrverkehr		12
Δ Betriebskosten Auto Mehrverkehr	4	
Total	38	60

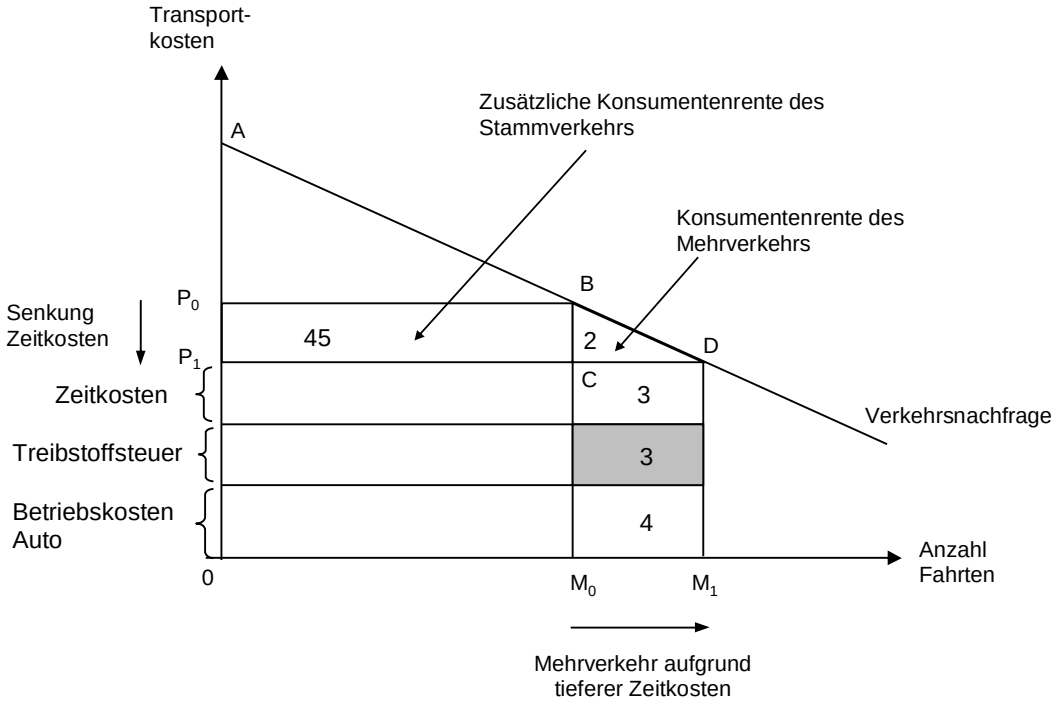
	Volkswirtschaftliche KNA mit Verrechnung	
	Kosten	Nutzen
Investitionskosten	24	
Δ Unterhalt und Betrieb	4	
Δ Treibstoffsteuer		3
Δ Zeitkosten		45
Δ Nettonutzen Mehrverkehr		2
Total	28	50

Im Mehrverkehr sieht die Sache allerdings anders aus: Personen, die bisher mit dem ÖV oder gar nicht gereist sind, benutzen nun den PKW. Ein möglicher Umsteiger vom ÖV auf den PKW berücksichtigt bei seinem Entscheid, ob er umsteigt, die folgenden Parameter: Benötigte Fahrzeit im ÖV und PKW, Billettkosten ÖV, Betriebskosten PKW (Treibstoffkosten ohne Steuer), Treibstoffsteuer PKW, Fahrkomfort ÖV und PKW. Beim Bau der Strasse verändert sich lediglich die benötigte Fahrzeit im PKW, die Betriebskosten PKW und / oder die Treibstoffsteuern.

[387] Normalerweise wird nur eine Teilbilanz für die Benutzer gemacht, hier wird jedoch für die leichtere Verständlichkeit diese Teilbilanz aufgeteilt auf den Stamm- und Mehrverkehr.

Wiederum betrachten wir zuerst den Fall, in dem nur die Zeitkosten sinken. Der erste Umsteiger vom ÖV erzielt einen Gewinn in der Höhe der Preisreduktion $P_0 – P_1$ in Abbildung 30-2, da er vor der Preisreduktion gerade indifferent war zwischen einer Fahrt mit dem ÖV bzw. dem PKW. Der letzte Umsteiger erzielt jedoch keinen Gewinn mehr, da er beim neuen Preis P_1 gerade indifferent ist zwischen einer Fahrt mit dem ÖV bzw. dem PKW. Der Nettonutzen aller Umsteiger entspricht dem Dreieck BCD in Abbildung 30-2. Damit ist der gesamte Nettonutzen für die Umsteiger abgebildet. In Abbildung 30-1 beträgt der Nettonutzen 2.

Abbildung 30-2: Veränderungen auf der Strasse aufgrund sinkender Zeitkosten (in den Flächen stehen fiktive Zahlen in Geldeinheiten, z.B. in Mio. CHF pro Jahr)



Anstatt nur den Nettonutzen zu betrachten, kann aber auch der Bruttonutzen – das Trapez M_0BDM_1 in Abbildung 30-2 – untersucht werden. Der Bruttonutzen beträgt 12 in Abbildung 30-1. Dann müssen auf der Kostenseite aber auch die vollen Kosten der zusätzlichen Fahrt miteinbezogen werden, d.h. die Zeitkosten (von 3 in Abbildung 30-1), die Betriebskosten (Treibstoff ohne Steuern etc. von 4) sowie die Kosten für Treibstoffsteuer (von 3).

Werden nun die verschiedenen Teilbilanzen (ohne Verrechnung) in eine volkswirtschaftliche KNA zusammengeführt,[388] so gehen alle Werte der Teilbilanzen zunächst ohne Veränderung ein (volkswirtschaftliche KNA ohne Verrechnung in Abbildung 30-1). Vom Staat kommen neben den Kosten für Bau (24 in Abbildung 30-1), Unterhalt und Betrieb der Strasse (4) die

[388] Wir verzichten hier auf die Berücksichtigung aller hier nicht relevanten Indikatoren.

zusätzlichen Treibstoffsteuereinnahmen (3).[389] Vom Mehrverkehr kommt der Bruttonutzen (12) sowie die höheren Kosten für Zeit (3), Betrieb (4), Treibstoffsteuern (3). Dann werden jedoch die Treibstoffsteuer saldiert. Vom Bruttonutzen (12) des Mehrverkehrs verbleibt nach Saldierung mit den Zeitkosten (3) und den Betriebskosten (4) der Nettonutzen (5), der durch das Dreieck BCD (2) sowie die Treibstoffsteuereinnahmen (3) abgebildet werden kann (vgl. Abbildung 30-2 bzw. Abbildung 30-1).

In der praktischen Anwendung der KNA wird dies am einfachsten durch die Berücksichtigung des Nettonutzens des Mehrverkehrs (2 in Abbildung 30-1) sowie den zusätzlichen Treibstoffsteuereinnahmen des Staates (3) berechnet. Die Herleitung zeigt jedoch, dass die Berücksichtigung der Treibstoffsteuereinnahmen nur eine Hilfskonstruktion ist, um den Nettonutzen des Mehrverkehrs bei *volkswirtschaftlichen* Preisen[390] abzubilden: Echte volkswirtschaftliche Kosten entstehen dem Mehrverkehr nur in der Höhe der Betriebskosten (ohne Treibstoffsteuer von 3) und der Zeitkosten (3). Wird der volle Nutzen (12) mit diesen saldiert, verbleibt ein Nettonutzen (5) in der Höhe der Zeitgewinne (Dreieck BCD bzw. 2) sowie der Treibstoffsteuern (3).

Folglich sind in einer volkswirtschaftlichen KNA die **Treibstoffsteuereinnahmen im Mehrverkehr als Nutzen** zu **berücksichtigen**. Diese Einnahmen sind in Abbildung 30-2 grau hinterlegt.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht sind im Beispiel von Abbildung 30-1 die Nutzen um 22 grösser als die Kosten (dies gilt für die Betrachtung mit und ohne Verrechnung). In vielen internationalen KNA werden jedoch die Treibstoffsteuereinnahmen nicht berücksichtigt. Würden im Beispiel von Abbildung 30-1 die Treibstoffsteuereinnahmen vernachlässigt, wären die Nutzen nur noch um 19 höher als die Kosten. Wären jedoch z.B. die Investitionskosten um 21 grösser, so würde sich das Projekt gerade noch lohnen (Nettonutzen 1), aber bei Vernachlässigung der Treibstoffsteuereinnahmen gerade nicht mehr (Nettonutzen –2). Es würde also fälschlicherweise der Schluss gezogen, dass sich das Projekt nicht lohnt.

30.1.2 Strassenverkehr bei sinkenden Zeitkosten und steigenden Treibstoffsteuern

Bisher haben wir den einfachsten Fall untersucht, in dem lediglich die Zeitkosten abnehmen. Im Folgenden wird untersucht, was geschieht, wenn die sinkenden Zeitkosten mit steigenden Kosten für die Treibstoffsteuer einhergehen (z.B. beim Bau einer längeren, aber schneller Umfahrungsstrasse). Dieser Fall wird in Abbildung 30-3 und Abbildung 30-4 dargestellt – wobei die bisherige Lösung in Abbildung 30-4 noch gestrichelt eingezeichnet ist. Im Stammverkehr bedeutet die Erhöhung der Treibstoffsteuer, dass die Konsumentenrente entsprechend sinkt und die Einnahmen des Staates steigen (je um 3 in Abbildung 30-3). Es handelt sich somit um einen Transfer. Der Nettonutzen der Volkswirtschaft wird durch die Reisezeitgewinne im

[389] Da in der KNA nur die Veränderung zum Referenzfall betrachtet wird, dürfen die Treibstoffsteuereinnahmen nur im Mehrverkehr berücksichtigt werden. Im Stammverkehr verändern sich die Einnahmen des Staates nicht (unter der Annahme, dass die neue Strasse nur die Zeitkosten verändert).

[390] Wir vernachlässigen hier externe Kosten (z.B. auf die Umwelt).

Stammverkehr abgebildet. Im **Stammverkehr** sind die **Treibstoffsteuern** also reine Transfers, die in der volkswirtschaftlichen KNA **nicht** zu **berücksichtigen** sind.[391]

Abbildung 30-3: Aggregation der Teilbilanzen bei sinkenden Zeitkosten und steigenden Treibstoffsteuern

	Teilbilanz Staat	
	Kosten	Nutzen
Investitionskosten	24	
Δ Unterhalt und Betrieb	4	
Δ Treibstoffsteuer		5 (= 3 + 2)
	28	5

	Teilbilanz Stammverkehr	
	Kosten	Nutzen
Δ Zeitkosten		45
Δ Treibstoffsteuer	3	
Total	3	45

	Teilbilanz Mehrverkehr ohne Verrechnung	
	Kosten	Nutzen
Δ Bruttonutzen		8
Δ Betriebskosten Auto	3	
Δ Treibstoffsteuer	2	
Δ Zeitkosten	2	
Total	7	8

	Teilbilanz Mehrverkehr mit Verrechnung	
	Kosten	Nutzen
Δ Netttonutzen		1
Total	0	1

	Volkswirtschaftliche KNA ohne Verrechnung	
	Kosten	Nutzen
Investitionskosten	24	
Δ Unterhalt und Betrieb	4	
Δ Treibstoffsteuer	5	5
Δ Zeitkosten	2	45
Δ Bruttonutzen Mehrverkehr		8
Δ Betriebskosten Auto Mehrverkehr	3	
Total	38	58

	Volkswirtschaftliche KNA mit Verrechnung	
	Kosten	Nutzen
Investitionskosten	24	
Δ Unterhalt und Betrieb	4	
Δ Treibstoffsteuer		2
Δ Zeitkosten		45
Δ Nettonutzen Mehrverkehr		1
Total	28	48

Dies gilt auch, wenn sich die Treibstoffsteuern dank einer neuen, kürzeren Strasse vermindern. Den geringeren Einnahmen des Staates stehen geringere Kosten der Benützer gegenüber.

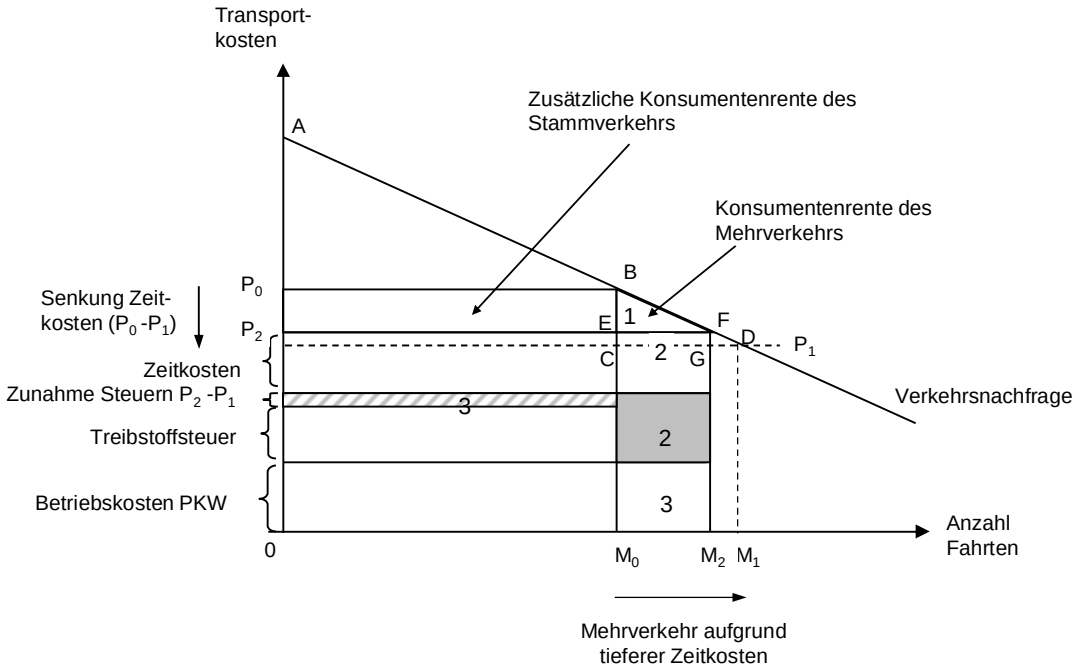
Bei den Berechnungen für den Mehrverkehr ist zu beachten, dass bei gleichzeitig steigender Treibstoffsteuer die Preisreduktion kleiner ist (nur $P_0 – P_2$ anstatt $P_0 – P_1$ in Abbildung 30-4). Entsprechend fällt auch der Mehrverkehr kleiner aus ($M_2 – M_0$ anstatt $M_1 – M_0$). Daraus folgt, dass auch der Nettonutzen des Mehrverkehrs (Dreieck BEF in Abbildung 30-4) von 2 auf 1 abnimmt, vgl. Abbildung 30-3). Wird die Teilbilanz des Mehrverkehrs ohne Verrechnung betrachtet, so sinkt der Bruttonutzen – im Vergleich zum Fall ohne Erhöhung der Treibstoffsteuern – von 12 auf 8, die Betriebskosten von 4 auf 3, die Zeitkosten von 3 auf 2 und die Treibstoffsteuern von 3 auf 2. Diese anderen Beträge ändern jedoch nichts am Prinzip, wie die

[391] Siehe z.B. Scottish Executive (2003), Scottish Transport Appraisal Guidance, S. 8-9.

volkswirtschaftliche KNA berechnet werden muss: In die KNA sind der Nettonutzen (Dreieck BEF) und die Einnahmen des Staates aus den Treibstoffsteuern zu berücksichtigen. Am leichtesten ist dies einzusehen, wenn man bedenkt, dass es für den Mehrverkehr unerheblich ist, ob die Treibstoffsteuern steigen wird oder ob die Zeitkosten sich weniger (nur um $P_0 – P_2$) reduzieren. Entscheidend ist nur die Differenz der generalisierten Transportkosten ($P_0 – P_2$) – wie diese zustande kommt, spielt keine Rolle.

Unter den geänderten Voraussetzungen sind die Nutzen nur noch um 20 grösser als die Kosten (vgl. Abbildung 30-3), weil sich im Vergleich zum Fall ohne Erhöhung der Treibstoffsteuern der Nettonutzen des Mehrverkehrs von 2 auf 1 reduziert hat und weil die zusätzlichen Einnahmen aus den Treibstoffsteuer sich von 3 auf 2 reduziert haben. Beide Reduktionen ergeben sich durch die im Vergleich zum vorangehenden Beispiel verminderte Nachfragezunahme als Folge der höheren Treibstoffsteuern.

Abbildung 30-4: Veränderungen auf der Strasse aufgrund sinkender Zeitkosten und steigenden Treibstoffsteuern (in den Flächen stehen fiktive Zahlen in Geldeinheiten)



Fazit: Beim Mehrverkehr sind vom gesamten Nutzen (Fläche unter der Nachfragekurve) nur die Zeitgewinne (Dreieck) sowie die Treibstoffsteuern als Nutzen zu berücksichtigen, denn die verbleibenden Zeit- und Betriebskosten fallen bei der Berechnung des Nettonutzens wieder heraus.

30.1.3 Veränderung der MWST-Einnahmen im ÖV bei einem Strassenprojekt[392]

Eine neue Strasse kann Auswirkungen auf den öffentlichen Verkehr (Bahn und Bus) haben. Meist führt eine neue Strasse zum Umsteigen vom ÖV auf die Strasse und damit zu Einnahmenverlusten beim ÖV.

Aus den Erläuterungen zur Treibstoffsteuer geht hervor, dass im Fall einer Verkehrsabnahme auf der Strasse, die entfallenden Einnahmen aus der Treibstoffsteuer des Minderverkehrs als Kosten in der KNA zu berücksichtigen sind. Ganz analog müssen die entfallenden MWST-Einnahmen im ÖV ebenfalls als Kosten berücksichtigt werden, wenn ÖV-Benützer auf die Strasse umsteigen.

Die MWST auf ÖV-Billette ist in Luxemburg momentan bei 0%. Das MOBIMAPCT-Tool soll diesen Indikator aber trotzdem vorsehen, damit eine allfällige spätere Erhöhung der MWST einfach ins Tool integriert werden kann (nur Änderung des MWST-Satzes).[393]

30.1.4 Schienenverkehr

Im Schienenverkehr kann in analoger Weise zum Strassenverkehr oben hergeleitet werden, dass folgende Indikatoren zu berücksichtigen sind:

- Zusätzliche MWST-Einnahmen (auf Billetten)
- Wegfallende Treibstoffsteuereinnahmen im Strassenverkehr
- Zusätzliche Erlöse im Mehrverkehr

Dies soll wiederum an einem einfachen Beispiel (in gekürzter Form) gezeigt werden: Dank einem Projekt nehmen die Reisezeiten im Schienenverkehr ab.

- Der Nettonutzen der Umsteiger vom Strassen- auf den Schienenverkehr ist im Dreieck BCD in Abbildung 30-5 enthalten.
- Wiederum wird eine Hilfskonstruktion verwendet zur einfachen Bewertung der anfallenden Nutzen zu volkswirtschaftlichen Preisen:
  - Ein zusätzlicher Fahrgast führt nicht zu Mehrkosten bei der Bahn (fixes Angebot).
  - Die MWST-Einnahmen im Mehrverkehr sind wie immer prinzipiell ein reiner Transfer zwischen Fahrgast und Staat.
  - Nur die Zeitkosten des Mehrverkehrs sind zusätzliche volkswirtschaftliche Kosten.
  - Die PKW-Fahrer berücksichtigen aber bei ihrem Entscheid vom PKW auf die Bahn umzusteigen nicht, dass der Staat Mindereinnahmen bei der Treibstoffsteuer erleidet und dafür zusätzliche MWST-Einnahmen im Schienenverkehr erzielt. Deshalb müssen die wegfallenden Treibstoffsteuereinnahmen im Strassenverkehr und die zusätzlichen Erlöse im Schienen-Mehrverkehr berücksichtigt werden. Dies wird auch nochmals in

[392] Die folgenden Ausführungen basieren auf Ecoplan, Metron (2005), Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, S. 63.

[393] In Luxemburg muss der Staat auf den Abgeltungen, die er den ÖV-Betreibern zahlt, aber 3% MWST bezahlen. Bei dieser MWST handelt es sich um einen reinen Transfer, da dadurch nicht die Entscheide der einzelnen Fahrgäste beeinflusst werden.

Abbildung 30-6 dargestellt. Im Beispiel ist die Teilbilanz Staat positiv betroffen, d.h. die zusätzlichen MWST-Einnahmen sind grösser als die wegfallenden Treibstoffsteuereinnahmen. In Luxemburg fällt diese Bilanz aber negativ aus, da die MWST auf ÖV-Billetten 0% beträgt und damit die wegfallenden Treibstoffsteuerinnahmen nicht durch zusätzliche MWST-Erträge kompensiert werden können.

Abbildung 30-5: Veränderungen im Schienenverkehr aufgrund sinkender Zeitkosten

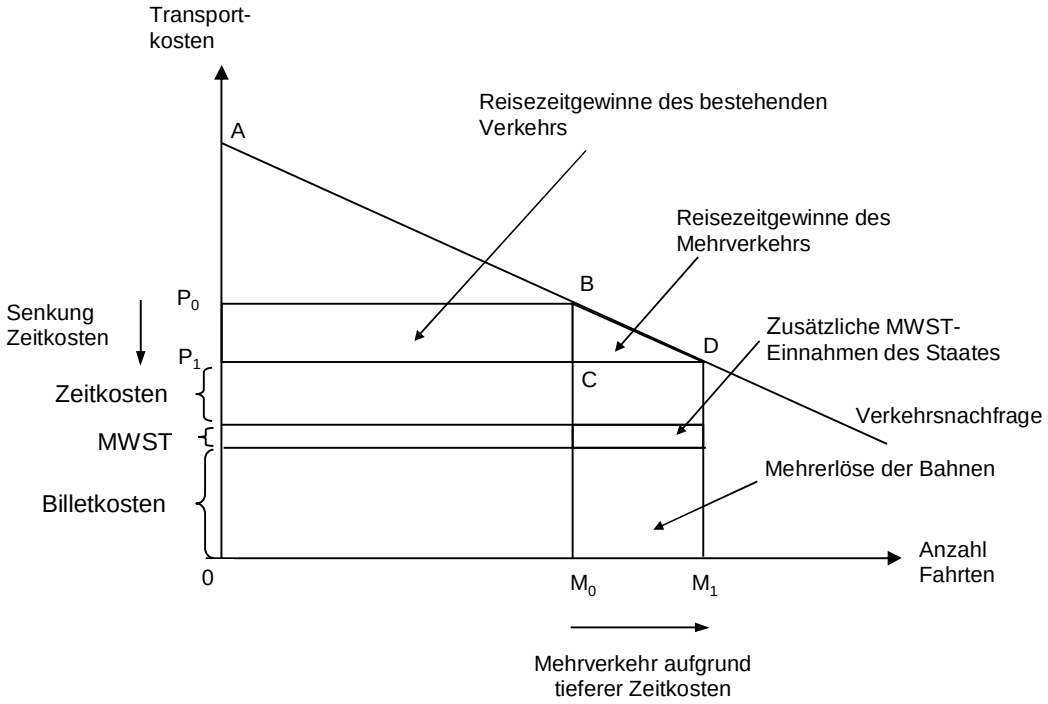


Abbildung 30-6: Aggregation der Teilbilanzen bei sinkenden Zeitkosten im Schienenverkehr

	Teilbilanz Bahn	
	Kosten	Nutzen
Investitionskosten	10	
Δ Betriebskosten	27	
Δ Erlöse (Billet)		20
	37	20

	Übrige Teilbilanzen	
	Kosten	Nutzen
Δ Zeitkosten Stammverkehr		73
Δ Effekte auf Umwelt und Unfälle		5
	0	78

	Teilbilanz Mehrverkehr	
	Kosten	Nutzen
Δ Zeitkosten Mehrverkehr		1
Total	0	1

	Volkswirtschaftliche KNA	
	Kosten	Nutzen
Investitionskosten	10	
Δ Betriebskosten	27	
Δ Erlöse		20
Δ Zeitkosten Mehrverkehr		1
Δ MWST		2
Δ Treibstoffsteuern	1	
Δ Zeitkosten Stammverkehr		73
Δ Effekte auf Umwelt und Unfälle		5
Total	38	101

	Teilbilanz Staat	
	Kosten	Nutzen
Δ MWST		2
Δ Treibstoffsteuern	1	
Total	1	2

30.2 ÖV-Erlöse im Mehrverkehr

Die Erläuterung, warum die ÖV-Erlöse im Mehrverkehr in der volkswirtschaftlichen Bewertung berücksichtigt werden müssen, wurde bereits in Kapitel 30.1.4 gegeben. Dies obwohl man auf den ersten Blick meinen könnte, dass es sich dabei um einen reinen Transfer vom Fahrgast zum Betreiber handelt. Diese Schlussfolgerung ist aber nicht korrekt, wie oben gezeigt wurde.

31 Anhang B: W20 Wider ecomomic impacts

31.1 Berechnungsgegenstand

Die «wider economic impacts» (WEI) können pragmatisch definiert werden als ökonomische Auswirkungen, die in der klassischen KNA nicht berücksichtigt werden.

31.2 Grundlegende Berechnungsmethodik (Ecoplan)

31.2.1 WEI im Überblick

Bevor darüber diskutiert werden kann, ob WEI in die KNA-Methodik für Verkehrsprojekte in Luxemburg aufgenommen werden sollen, werden die Überlegungen zu den WEI an dieser Stelle etwas vertieft.

Die «wider economic impacts» (WEI) werden in der klassischen KNA nicht berücksichtigt, weil diese von der (neoklassischen) Annahme ausgeht, dass perfekte Märkte bestehen. Wenn diese Annahme fallengelassen wird, sobald also unterschiedliche Formen von imperfekten Märkten zugelassen werden, können WEI auftreten. Eine zentrale Frage ist dabei immer, ob der volkswirtschaftliche Nutzen von Erschliessungseffekten neuer Verkehrsinfrastrukturprojekte (sei es infolge neuer resp. kürzerer Verbindungen, sei es durch einen Abbau von Staus) durch die in einer KNA erfassten Reisezeitgewinne vollständig abgebildet werden. Wenn dies nicht der Fall ist, beispielsweise weil in der Folge Produktionsprozesse effizienter ausgestaltet werden können, handelt es sich bei diesem zusätzlichen volkswirtschaftlichen Nutzen um «wider economic benefits» (WEB).[394]

Wie Rothengatter in seiner kürzlich erschienen zusammenfassenden Diskussion der WEI zeigt, ist es weitgehend unbestritten, dass WEI existieren. Offen ist jedoch, ob diese in standardisierter Form in eine KNA-Methodik integriert werden sollen.[395] So ist die Abschätzung von WEI meist mit grossen Unsicherheiten verbunden. Zudem dürften WEI in

[394] Beispielsweise werden in der neoklassischen Theorie bei Grossprojekten die weiterreichenden Auswirkungen grosser Zeiteinsparungen auf Logistik und andere Märkte nicht berücksichtigt, obwohl sie die Produktion und die Handelseffizienz wesentlich beeinflussen (Rothengatter 2017, Wider economic impacts of transport infrastructure investments: Relevant or negligible?).

[395] Rothengatter (2017), Wider economic impacts of transport infrastructure investments: Relevant or negligible?

hochindustrialisierten Ländern eine viel kleinere Rolle spielen als in Entwicklungsländern, da die durch eine Verkehrsinfrastrukturinvestition erzielbaren Erreichbarkeitsgewinne in einem schon gut erschlossenen Land relativ gering sind. Rothengatter liefert aber auch klare Argumente dafür, dass die Vernachlässigung von WEI bei grossen Verkehrsinfrastrukturinvestitionen (z.B. wesentliche Vergrösserung des Autobahnnetzes, Ausbau eines überlasteten urbanstädtischen Verkehrsnetzes) zu einer Vernachlässigung wesentlicher Wirkungen führen würde. Entsprechend sollten in solchen Projekten WEI in irgendeiner Form diskutiert werden.

31.2.2 Relevanz von WEI für Industrieländer mit entwickelten Transportnetzen[396]

Während man davon ausgehen kann, dass WEI in Entwicklungs- und Schwellenländern eine grosse Rolle spielen, dürften solche Auswirkungen in den Industrieländern in erhebliche geringerem Umfang auftreten. Hauptgrund dafür ist, dass die Verkehrsnetze bereits gut entwickelt sind und in der Regel nur noch einige Verbesserungen oder Ergänzungen mit bisher fehlenden Netzabschnitten erforderlich sind.

In den Industrieländern fliesst ein grosser Teil der Verkehrsnetzinvestitionen in Sanierungsmassnahmen. Solche Massnahmen erhöhen die Produktivität nicht, sondern verhindern vielmehr negative wirtschaftliche Auswirkungen infolge einer Verschlechterung der Verkehrsinfrastruktur. Wenn Sanierungsmassnahmen vernachlässigt wurden, ist deshalb die Anwendung von WEI auch in Industrieländern zu prüfen. Andernfalls reduziert sich das wirtschaftliche Hauptproblem auf die optimale Planung von Massnahmen unter Berücksichtigung der Lebenserwartung von Infrastrukturkomponenten, was keine WEI-Messung erfordert.

Gleiches gilt für kleine Verkehrsprojekte: Da nationale Verkehrsmasterpläne in der Regel Hunderte oder gar Tausende von kleinen und nur wenige grosse Projekte umfassen, erscheint es naheliegend, dass für die Bewertung kleinerer Projekte überwiegend konventionelle KNAs verwendet werden.

Dagegen erhöht die Vernachlässigung von WEI bei Grossprojekten und umfassenden Investitionsprogrammen das Risiko, dass das Verkehrssystem nicht optimal an die sich ändernden künftigen Bedürfnisse der Gesellschaft und der Industrie angepasst wird.

Die Netzdichte und Netzqualität in den Industrieländern haben zwar einen hohen Standard erreicht, für die Zukunft bleiben aber wichtige Fragen bezüglich des weiteren Ausbaus der Verkehrsinfrastruktur bestehen. Es wäre kurzsichtig davon auszugehen, dass die Netzentwicklung in den Industrieländern kurz vor der Sättigung steht und keine strategischen Modernisierungs- und Innovationspläne benötigt. Bei Grossprojekten, Verkehrsaktionsplänen oder der Bewertung neuer Verkehrstechnologien kann eine vertiefte WEI-Studie eine standardisierte KNA-Berechnung mit wichtigen Zusatzinformationen ergänzen. So können beispielsweise WEI bei der Bewertung von Szenarien zur zukünftigen Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur wichtige Hinweise zu den langfristigen Chancen und Risiken einzelner Gestaltungselemente liefern.

[396] Rothengatter (2017), Wider economic impacts of transport infrastructure investments: Relevant or negligible?

31.2.3 Bisherige Verwendung von WEI bzw. WEB[397]

Das britische Verkehrsministerium (DFT) hat ein Standardgerüst für die Bewertung von WEBs bei Verkehrsinfrastrukturprojekten entwickelt, welches auf den theoretischen Arbeiten von Venables (2015)[398] und den empirischen Schätzungen von Graham (2005)[399] basiert. Die gleiche Methodik wird mittlerweile auch von der New Zealand Transport Agency (NZTA) angewendet, jedoch mit Elastizitäten, die auf die Bedingungen in Neuseeland abgestimmt sind. Weiter wurde die Methodik auch für mehreren australische Verkehrsprojekte verwendet. Sie wurde aber bisher von Infrastructure Australia nicht generell in die Bewertungsmethodik aufgenommen. Seit August 2016 wird in Australien empfohlen, dass Praktiker die Evaluierungsergebnisse einmal ohne WEBs und einmal mit WEBs präsentieren sollten, wobei WEBs effektiv als Sensitivitätstest behandelt werden.

Drei Kategorien von WEBs werden in den UK DFT Guidelines (2014), im NZTA Economic Evaluation Manual und in den australischen Richtlinien beschrieben:

- WEB1 - Agglomerationseffekte
- WEB2 - Produktionsänderung in unvollkommenen wettbewerbsintensiven Märkten
- WEB3 - Steuerliche Auswirkungen des verbesserten Arbeitskräfteangebots

Grössenordnung von WEI

Gemäss den Ergebnissen von Studien in Grossbritannien machen WEI ca. 30-40% der in konventionellen KNA berechneten Reisezeitnutzen (Einsparung generalisierter Kosten) aus, was bis zu mehr als 20% der gesamten Nutzen ausmachen kann.[400] In den jüngsten Bewertungen für Sydney schätzen die Autoren den Anteil von WEI dagegen nur auf 8% der Gesamtnutzen.[401] Die Ergebnisse dieser «empirischen Tests» von WEI zeigen somit eine sehr grosse Varianz in der Grössenordnung der zu erwartenden WEI.

31.2.4 Agglomerationseffekte als eine der Hauptformen von WEI

Eine der Hauptformen von WEI sind Agglomerationseffekte. Die Hypothese hinter diesem Nutzenelement des Verkehrs ist, dass durch eine verbesserte Erreichbarkeit ein grösserer verbundener Wirtschaftsraum entsteht, der zu zusätzlichen Produktivitätssteigerungen führt. Die wichtigsten Gründe, wieso eine verbesserte Erreichbarkeit zu Produktivitätssteigerungen führen kann, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

---

397 Douglas und O'Keefe (2016), Wider Economic Benefits – When and if they should be used in evaluation of transport projects.

398 Venables (2015), Incorporating wider economic impacts within cost-benefit appraisal.

399 Graham (2005), Wider economic benefits of transport improvements: link between agglomeration and productivity.

400 Rothengatter W. (2017), Wider economic impacts of transport infrastructure investments: Relevant or negligible?

401 Hensher et al. (2012), Assessing the wider economy impacts of transport infrastructure investment with an illustrative application to the North-West Rail Link project in Sydney.

- Besserer Abgleich auf dem Arbeitsmarkt: Die Chance steigt, dass ein Arbeitgeber exakt diejenige Arbeitskraft findet, die am besten für die Stelle geeignet ist. Umgekehrt steigt die Chance, dass eine Arbeitskraft diejenige Stelle findet, in der sie ihr Talent am passendsten einsetzten kann. Letztlich ermöglicht dies eine Spezialisierung.
- Teilen von positiven Externalitäten: Einerseits steigt die Chance, dass sich Wissen verbreitet, anderseits können Kostenfaktoren wie Ausbildung oder Infrastrukturen günstiger gemeinsam organisiert und Synergien besser genutzt werden.
- Innovative Lösungen: Vielfalt und Kreativität erhöhen sich, was bessere Produktelösungen ermöglicht.

Die dadurch ausgelösten Effekte manifestieren sich insbesondere in höheren Löhnen der Arbeitnehmenden: Zwar profitieren auch die Unternehmen vom grösseren Arbeitsmarkt, es erwächst ihnen aber gleichzeitig zusätzliche Konkurrenz durch weitere Unternehmen, welche um die ideal passende Arbeitskraft buhlen. Somit sind die Unternehmen gezwungen, den zusätzlichen Nutzen, welcher ihnen durch die Agglomerationseffekte entsteht, über die Löhne zumindest teilweise weiterzugeben.

Ecoplan hat in Zusammenarbeit mit Professor Axhausen die Agglomerationseffekte erstmals empirisch für die Schweiz untersucht (Axhausen et al. 2015). Die erhaltenen Resultate zeigen, dass Agglomerationseffekte auch in der Schweiz beobachtbar und quantifizierbar sind. So zeigt sich, dass in der Schweiz eine 100%-Verbesserung der Erreichbarkeit mit dem ÖV (bezüglich der Bevölkerung) zu einer Erhöhung von 1 bis 2% bei den ausbezahlten Löhnen pro Person führt. Dieser Wert liegt im Vergleich zu internationalen Studien eher am unteren Rand der bekannten Bandbreite. Die Schätzresultate zeigen weiter, dass der Agglomerationseffekt in urban geprägten Gebieten etwa doppelt so hoch ausfällt wie im schweizerischen Durchschnitt.

Agglomerationseffekte in Luxemburg?

In Analogie gehen wir davon aus, dass für Luxemburg ein Wert in einer ähnlichen Grössenordnung erwartet werden könnte, da die beiden Länder eine durchaus vergleichbare Erschliessungsqualität aufweisen. Wie gezeigt können Agglomerationseffekte besonders in dicht besiedelten Gebieten eine gewisse Rolle spielen. Luxemburg weist im Süden eine typische Agglomerationsstruktur auf, mit einem Hauptzentrum und einigen weiteren Kernorten. Im nördlichen Teil sind die Siedlungsstrukturen Luxemburgs dagegen eher ländlicher Art.

Agglomerationseffekte könnten somit in erster Linie dann von Bedeutung sein, wenn die Erschliessungsqualität im Kerngürtel der Agglomeration Luxemburg durch ein Verkehrsinfrastrukturprojekt deutlich verbessert würde.

31.2.5 Kritik an der Verwendung von WEI

Eine allfällige Verwendung von WEI ist mit Unsicherheiten bezüglich der Richtung, der Grösse und der Bewertung der Effekte verbunden. In der aktuellen Literatur werden deshalb verschiedene Bedenken im Zusammenhang mit einer standardisierten Verwendung von WEI geäussert:

Spekulative Elemente[402]

Unabhängig vom Anwendungsbereich würde eine standardisierte Vorgabe zur Quantifizierung von WEI auf mit Unsicherheiten behafteten Annahmen beruhen. Dies ist aber noch nicht Grund genug, um WEI bei der Bewertung von Grossprojekten zu vernachlässigen. Schliesslich beinhalten auch konventionelle KNA bedeutende Unsicherheiten im Mengen- und Wertgerüst.[403] In konventionellen KNA sind solche Probleme jedoch hinter Konventionen und Empfehlungen von Leitfäden verborgen, was aber nicht heisst, dass es Unsicherheiten bei den Bewertungsvorgaben nicht auch gibt. Die Unsicherheit über Einflüsse oder Werte kann daher nicht als Argument für die Vernachlässigung potenzieller langfristiger WEI in einer umfassenden Bewertung herangezogen werden.

Schwierigkeiten bei der Beobachtung von Agglomerationseffekten[404]

Graham, einer der weltweit führenden Experten, ist der Ansicht, dass eine Einschränkung bei der Quantifizierung von Agglomerationseffekten darin besteht, dass die «Identifizierung von Agglomerationsökonomien mit Schwierigkeiten behaftet ist», weil die tatsächlichen Prozesse, die zu Externalitäten führen, nicht beobachtbar sind. Er verweist zudem darauf, dass die empirische Literatur bisher nicht in der Lage war, die Quelle der Produktivitätseffekte zu bestimmen.

Nähe und Produktivitätsgewinne[405]

Die Arbeit von Graham (2007)[406] deutet weiter darauf hin, dass es Branchen gibt, in denen die Agglomerationsnähe sogar ein Nachteil sein kann (z.B. bei Medizin- und Präzisionsgeräten), was der gängigen Theorie zur Abschätzung von WEI entgegenläuft. So ist in einzelnen Branchen ein negativer Zusammenhang zwischen Ballungseffekten und Wertschöpfung gemessen worden. Dies wird damit begründet, dass der Wettbewerb in dichten Gebieten intensiver ist, was zu einer Senkung der erzielbaren Preise und damit der gemessenen Produktion führt. Dieses «Abschottungsargument» ändert aber an der Grundüberlegung der Agglomerationseffekte nichts Grundsätzliches.

Fehlende Übertragbarkeit der Parameter

Eines der Hauptprobleme bei der Abschätzung von Agglomerationseffekten ist der Mangel an standardisierbaren Daten (insb. Elastizitäten), die für die untersuchten Branchen relevant sind.

---

402 Rothengatter (2017), Wider economic impacts of transport infrastructure investments: Relevant or negligible?

403 Beispiele sind die Bewertung der Zeitersparnis mit einem einheitlichen Zeitkostensatz, der Unfalltoten mit monetarisierten "verlorenen Lebensjahren" oder des Klimawandels mit Kosten pro Tonne CO_2.

404 Graham (2007), Agglomeration Economies and Transport Investment.

405 Douglas und O'Keefe (2016), Wider Economic Benefits – When and if they should be used in evaluation of transport projects.

406 Graham (2007), Agglomeration Economies and Transport Investment.

Diese Daten können nicht einfach aus anderen Ländern übernommen werden, wie z.B. Melo et al. (2013)[407] zeigen. Sie identifizierten einerseits Probleme bei der Verwendung von Elastizitäten in Ländern mit unterschiedlichen Entwicklungsstadien, andererseits stellen sie auch Unterschiede zwischen den USA und Europa fest.[408] Auch Rothengatter (2017) hält fest, dass die für die Berechnung der Agglomerationseffekte zentrale Annahme zur Elastizität der Produktivität mit Bezug auf die Dichte von Arbeitsplätzen und Bevölkerung in der empirischen Literatur stark schwanken würde.

Eine ähnliche Standardisierung wie bei der KNA ist bei den WEI deshalb kaum möglich. Ein weiterer wichtiger Grund hierfür ist, dass die Analyse von WEI unterschiedlichen Zieldimensionen unterliegen kann.[409] Die Bewertung jeder Zielebene benötigt eine eigene Methodik und erfolgt mit unterschiedlichen Daten. Eine Standardisierung würde die Möglichkeit der Anpassung eines WEI-Modells an die Art der politischen Fragen, die der WEI-Analyse zugrunde liegen, einschränken.

Regionalpolitische Zielsetzungen

Rothengatter (2017) weist auf die Abhängigkeit der Agglomerationseffekte von Dichtedifferenzen hin. Regionen mit höherer Dichte weisen statistisch gesehen eine höhere Arbeitsproduktivität auf, so dass eine bessere Erreichbarkeit von Regionen mit hoher Dichte aus Regionen mit niedriger Dichte und das entsprechend vermehrte Pendeln von Arbeitnehmern einen wichtigen Teil der WEI ausmachen kann. Die Regionalentwicklungspolitik zielt jedoch häufig auf eine «dezentrale Konzentration» ab, d.h. auf die Verringerung der Überkonzentration in Ballungsräumen und den Aufbau einer Hierarchie zentraler Orte, die durch eine verbesserte Verkehrsinfrastruktur entlang der Entwicklungsachsen miteinander verbunden sind. Es ist also auch eine regionalpolitische Frage, ob eine weitere Stärkung von Ballungszentren im Gesamtinteresse eines Landes ist.

31.2.6 Kombination von KNA- und WEI-Ergebnissen[410]

In den meisten praktischen Anwendungen umfasst das Bewertungsverfahren für Verkehrsinvestitionsprojekte neben einer KNA auch zusätzliche nicht monetäre Kriterien. Das bedeutet beispielsweise, dass monetär bewertbare Umweltwirkungen Teil der KNA sind, andere Umweltwirkungen aber mit ergänzenden Bewertungsverfahren erfasst werden. Häufig wird zudem eine KNA durch eine strategische Umweltprüfung (SUP) ergänzt, in welcher alle Umweltwirkungen aus langfristig strategischer Sicht bewertet werden.

---

[407] Melo et al. (2013) The productivity of transport infrastructure investment: A meta-analysis of empirical evidence.

[408] Mit der Erklärung, dass die höhere Nutzung des Strassenverkehrs in den USA die Elastizitätsschätzung beeinflusse.

[409] Hierbei kann es sich z.B. um die Abschätzung der Auswirkungen auf das gesamte oder regionale BIP / Beschäftigung, auf die regionale Integration, auf den Strukturwandel, auf Energie und Umwelt oder auf die Kompatibilität mit langfristigen Megatrends für technologische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen handeln.

[410] Rothengatter (2017), Wider economic impacts of transport infrastructure investments: Relevant or negligible?

In Analogie dazu könnte auch eine langfristig ausgerichtete strategische WEI-Analyse wichtige Zusatzinformationen für die Entscheidungsfindung liefern.

31.3 Fazit

Die obigen Ausführungen zeigen, dass WEI für die Bewertung von Verkehrsinfrastrukturprojekten auch in hochindustrialisierten Ländern wie Luxemburg durchaus von Bedeutung sein können. Die Analyse zeigt aber auch, dass WEI und insbesondere auch Agglomerationseffekte nicht in standardisierter Form in die KNA-Methodik eingebaut werden sollten. Dies aus den folgenden Gründen:

- Es stehen nicht genügend verlässliche empirische Grundlagen zur Verfügung, um einen vorgegebenen Algorithmus zur Berechnung der WEI in Luxemburg fix festlegen zu können.
- WEI hängen stark vom zu untersuchenden Projekt ab:
  - Es dürfte eine Vielzahl (eher kleinerer) Verkehrsinfrastrukturprojekte geben, bei welchen WEI eine vernachlässigbare Rolle spielen. Hier wäre es verfehlt, einen (in standardisierter Form) berechneten zusätzlichen Nutzen infolge von WEI auszuweisen.
  - Hingegen könnte den WEI bei grossen Infrastrukturinvestitionen (beispielsweise bei einem grossen Ausbau des S-Bahn-Angebots oder bei einem markanten Ausbau der Autobahnkapazitäten rund um die Kernregion der Agglomeration Luxemburg) sehr wohl eine nicht zu unterschätzende Rolle zukommen. In solchen Fällen sollten WEI nicht vernachlässigt werden.[411]
- Die Messung von WEI erfordert die Anwendung von anspruchsvollen Modellen, deren Einsatz sich nur bei grossen Projekten mit entsprechendem Einfluss auf die Erreichbarkeit lohnt.

Fazit: Es bestehen zu wenig empirische Grundlagen, um WEI in standardisierter Form in eine KNA-Methodik für Luxemburg einfliessen zu lassen. Wir schlagen vor, WEI nur bei sehr grossen Verkehrsprojekten in die Bewertung einzubeziehen und für solche Fälle die WEI projektspezifisch zu untersuchen.

[411] So hat Ecoplan beispielsweise für das Projekt «Herzstück Basel» (einer neuen unterirdischen Schienenverbindung zwischen den Bahnhöfen Basel SBB und Basel Badischer Bahnhof mit unterirdischem Halt unter dem Stadtzentrum) gezeigt, dass die damit verbundenen markanten Erreichbarkeitsverbesserungen bedeutende Agglomerationseffekte mit sich bringen würde. Siehe dazu Bahnknoten Basel (2017, Zukunft Bahnknoten Basel).

32 Anhang C: Gewichtungsschlüssel

Abbildung 32-1: Gewichtungsschlüssel für die Verteilung der Kosten der Ämter

	grobe Annahmen			Strassenverkehr																				Schienenverkehr	
				Personenverkehr															Güterverkehr						
				Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität			Öffentlicher Personenverkehr				Leichte Nutzfahrzeuge					Personen-verkehr (Regional-verkehr)	Güter-verkehr
				PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss	Linienbus			Tram					SNF		
				Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel		
	% Betrieb	% Ersatz-investitionen	% Neu- und Ausbau																						
Administration des Ponts et Chaussées (davon 93% Personalkosten)	50.0%	30.0%	20%	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1		1		
Folgende Kosten sind nicht inbegriffen da sie dem MDDI-TR nicht vorliegen und zentralisiert für sämtliche Ministerien verwaltet werden:																									
Gebäudebezogene Kosten wie Instandsetzung und Unterhalt (Administration des bâtiments publics), Energie -, Wasser - und Reinigungskosten (im Prinzip MDDI Zentralbudget, bei Verwaltungen enthalten) sowie Mobiliar (ABP)	71.1%	9.3%	19.6%	Verteilung anhand der durchschnittlichen Verteilung der restlichen Kosten																					
Büromaterial, Informations- und Informatikkosten (Hard- und Software) sowie Kommunikationskosten (alles Centre des Technologies et de l'Information de l'Etat)	71.1%	9.3%	19.6%																						
MDDI Transport: Allgemeine Kosten	80.0%	10.0%	10%	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1		1	2	2
MDDI Transport: Strassenverkehr und Strassensicherheit	80.0%	10.0%	10%	1	1	1	1		1	1	1				1	1			1	1	1		1		
MDDI Transport: Verkehrsplanung und ÖV (Bus+Tram+Zug)	50.0%	10.0%	40%	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1								1	
MDDI Transport: Frachtverkehr per Strasse (transports routiers)	90.0%	5.0%	5%																1	1	1		1		
MDDI Transport: Taxi	90.0%	5.0%	5%	1	1	1	1																		
MDDI Transport: Verwaltung der technischen Untersuchungen (enquêtes techniques)	90.0%	5.0%	5%	1	1	1	1		1										1	1	1		1	2	2
MDDI Transport: Eisenbahnverwaltung ACF	90.0%	5.0%	5%																					1	1

Abbildung 32-2: Gewichtungsschlüssel für die Verteilung der Betriebs- und Unterhaltskosten auf die Strassentypen

		Länge jeder dieser Infrastrukturen (in km)							
		14	161	837	1891	38	46	650	1070
Nature des dépenses en €	**Source**	Autobahn-tunnel	Autobahn	National-strasse	Chemin Repris	Brücken / Kunstbauten	Bus(spuren)	Fahrrad	Fussgänger
1. Betriebskosten (für die Kosten-Nutzen-Rechnung)									
Entretien Routes	21.3.14.000	0	0	1	1	0	0	0	0
Entretien Autoroutes	21.3.14.001	0	1	0	0	0	0	0	0
Entretien Ouvrages d'art routiers	21.3.14.003	0	0	0	0	1	0	0	0
Service d'hiver	21.3.14.002	0	6	3	2	2	1	0	0
Voirie de l'Etat: réparation de dégâts causés par les usagers de la route	21.3.14.004	0	0	3	2	0	0	0	0
Pistes cyclables: travaux d'entretien et de réparation	23.3.14.005	0	0	0	0	0	0	1	0.1
Assainissement et entretien d'arbres d'alignement, d'arbres remarquables et d'arbres classés monuments historiques le long de la voirie de l'Etat	23.3.14.006	0	0	1	1	0	0	0	0
Entretien grande voirie	Fonds des routes	0	1	0	0	0	0	0	0
Entretien technique Cita et tunnels	Fonds des routes	2	1	0	0	0	0	0	0
Achat de courant consommé par les installations d'éclairage public	21.3.12.300/21.3.43.001	5	2	1	1	0.5	0.5	0	0
Frais d'entretien des installations d'éclairage public de la voirie de l'Etat.	21.3.14.007	5	2	1	1	0.5	0.5	0	0
Entretien des tunnels sur le réseau de grande voirie	21.3.14.008	1	0	0	0	0	0	0	0
Entretien OA grande voirie	Fonds des routes	1	0	0	0	0	0	0	0
Contrat d'entretien ouvrages d'art (4ème)	Fonds des routes	0	0	0	0	1	0	0	0
Contrat d'entretien ouvrages d'art (5ème)	Fonds des routes	0	0	0	0	1	0	0	0
Inspection des ouvrages d'art	Fonds des routes	0	0	0	0	1	0	0	0
Audits de sécurité	51.2.73.012	0	2	1	1	0	0	0	0
Gesamte Verwaltungskosten der P&Ch		4	3	2	2	3	2	0.5	0.1

Abbildung 32-3: Gewichtungsschlüssel für die Verteilung der Ersatzinvestitionen auf die Strassentypen

		Länge jeder dieser Infrastrukturen (in km)							
		14	161	837	1891	38	46	650	1070
Nature des dépenses en €	**Source**	Autobahn-tunnel	Autobahn	National-strasse	Chemin Repris	Brücken / Kunstbauten	Bus(spuren)	Fahrrad	Fussgänger
2. Kosten für Ersatzinvestitionen. (Ganz neue Strassen also weglassen; bei Umbauten nur der %, der notwendig ist, um nach der Baustelle wieder dieselbe Kapazität zu haben wie davor. Betrifft besonders die orange schattierten Projekte. Für die Ausgabenrechnung/Transportrechnung)									
Aménagements sécuritaires	Fonds des routes	0	1	1	1	0	0	0	0
Surveillance des chantiers (non compris projets ayant fait l'objet d'une loi)	Fonds des routes	0	0	1	1	1	0	0	0
Inspection et classification autoroutes	Fonds des routes	0	1	0	0	0	0	0	0
Aires de service et parkings dynamiques	Fonds des routes	0	1	0	0	0	0	0	0
CITA	Fonds des routes	2	1	0	0	0	0	0	0
Modernisation tunnels existants	Fonds des routes	1	0	0	0	0	0	0	0
Mesures "plan d'action national anti-bruit"	Fonds des routes	0	3	1	0	0	0	0	0
Pénétrante de Lankelz entre l'échangeur de Lankelz et la N4C (bd G-D. Charlotte à Esch/Alzette	Fonds des routes	0	1	1	0	0	0	0	0
Echangeur Pontpierre	Fonds des routes	0	1	0	0	0	0	0	0
Echangeur de Burange	Fonds des routes	0	1	0	0	0	0	0	0
N16 Avenue Clement à Mondorf les Bains	Fonds des routes	0	0	4	0	1	0	0	0
CR134/N14/OA441 à Wecker	Fonds des routes	0	0	1	1	1	0	0	0
Chemins Repris: redressement chaussée et réfection revêtements	Fonds des routes/51.2.73.011	0	0	0	1	0	0	0	0
Routes Nationales: redressement chaussée et réfection revêtements	Fonds des routes/51.2.73.010	0	0	1	0	0	0	0	0
Installation de nouveaux équipements d'éclairage public travaux d'infrastructure et de génie civil.	51.2.73.017	4	2	1	1	0	0	0	0
Installation de nouveaux équipements d'éclairage public et remplacement d'équipement d'éclairage public vétustes: travaux d'installation	51.2.73.019	4	2	1	1	0	0	0	0
Pistes cyclables: construction et réfection	Fonds des routes/51.2.73.061	0	0	0	0	0	0	1	0
Voirie de l'Etat: construction de trottoirs	51.2.73.014	0	0	0	0	0	0	0	1
Mise en place d'un système de contrôle sanction automatisé (CSA)	51.2.73.064	0	2	5	3	0	0	0	0
Aménagement couloirs pour bus avec signalisation, plate-formes intermodales et gares routières	Fonds des routes	0	0	0	0	0	1	0	0
Assainissement divers ouvrages d'art	Fonds des routes/51.2.73.013	0	0	0	0	1	0	0	0
Pont Adolphe/Passerelle	Fonds des routes	0	0	0	0	1	0	0	0
Bowstring Schifflange (OA 1084)	Fonds des routes	0	0	0	0	1	0	0	0
Pont sur la Sûre à Moestroff (OA 174)	Fonds des routes	0	0	0	0	1	0	0	0
Pont frontalier Moselle à Remich (OA 39)	Fonds des routes	0	0	0	0	1	0	0	0
Pont frontalier Grevenmacher (OA 401)	Fonds des routes	0	0	0	0	1	0	0	0
Pont frontalier Echternach (OA 383)	Fonds des routes	0	0	0	0	1	0	0	0
OA 498 Insenborn et OA 499 Lultzhausen	Fonds des routes	0	0	0	0	1	0	0	0
Pont sur l'Alzette à Hesperange (OA 753)	Fonds des routes	0	0	0	0	1	0	0	0
Pont sur les CFL à Schieren (OA 127)	Fonds des routes	0	0	0	0	1	0	0	0
Viaduc Serningerbach (OA1134)	Fonds des routes	0	0	0	0	1	0	0	0
Réhabilitaion OA509 Esch-sur-Sûre et OA510 Tadler-Moulin	Fonds des routes	0	0	0	0	1	0	0	0
Reconstruction OA 232 à Colmar-Berg	Fonds des routes	0	0	0	0	1	0	0	0
Nouveau viaduc de Mersch (OA 202)	Fonds des routes	0	0	0	0	1	0	0	0
Remise en état murs	Fonds des routes	0	0	0	1	0	0	0	0
Rond-point Glacis/Schumann	Fonds des routes	0	0	1	0	0	0	0	0
OA682 entre Schrassig et Oetrange	Fonds des routes	0	0	0	0	1	0	0	0
Gesamte Verwaltungskosten der P&Ch	Section 21.2	4	3	2	2	3	2	0.5	0.1

33 Anhang D: Verkehrsbezogene Kosten und Einnahmen von Gemeinden in Luxemburg

Zur Ermittlung der verkehrsbezogenen Kosten und Einnahmen von Gemeinden in Luxemburg wurden die Budgets ausgewählter Gemeinden tiefergehend betrachtet. Dabei wurden in einem ersten Schritt die Gemeinden nach ihrer Einwohneranzahl in Klassen zusammengefasst, wofür die aktuelle Bevölkerungsstatistik laut STATEC[412] die Grundlage bildete. In jeder Klasse wurden anschliessend die Budgets einiger ausgewählter Gemeinden im Detail betrachtet. Dazu wurde jeweils das berichtigte Budget 2016 (rectifié) herangezogen, das im Budgetvoranschlag 2017 mit enthalten ist. Bei einigen wenigen Gemeinden war kein Budgetvoranschlag 2017 und damit kein berichtigtes Budget für 2016 verfügbar, in diesen Fällen wurde der Budgetvoranschlag 2016 mit dem ursprünglichen, nicht berichtigten Budget 2016 verwendet. Mittels der Budgetdaten wurde je Einwohnerklasse ermittelt, wie hoch die pro Kopf Kosten bzw. Einnahmen im Verkehr sind. Anhand der Ergebnisse pro Kopf wurden anschliessend die Resultate für alle Gemeinden in Luxemburg hochgerechnet. Grundlage für die Hochrechnung der Kosten für die Verkehrsinfrastruktur der Gemeinden waren folgende Gemeindebudgets (aufgelistet nach Klassen):

- Gemeinden 0 – 2.000 EinwohnerInnen (37 Gemeinden)
  - Winseler – ursprüngliches Budget 2016
  - Vichten – berichtigtes Budget 2016
- Gemeinden 2.000 – 5.000 EinwohnerInnen (41 Gemeinden)
  - Dippach – berichtigtes Budget 2016
  - Mondorf-les-Bains – berichtigtes Budget 2016
  - Grevenmacher – ursprüngliches Budget 2016
- Gemeinden 5.000 – 10.000 EinwohnerInnen (18 Gemeinden)
  - Steinsel – ursprüngliches Budget 2016
  - Roeser – berichtigtes Budget 2016
- Gemeinden > 10.000 EinwohnerInnen (8 Gemeinden)
  - Bettembourg – berichtigtes Budget 2016
  - Dudelange – berichtigtes Budget 2016
- Hauptstadt (1 Gemeinde)
  - Ville de Luxembourg – berichtigtes Budget 2016

Dabei wurden die in Abbildung 33-1 aufgelisteten Budgetzeilen – getrennt nach Einnahmen und Ausgaben – betrachtet, zusammengefasst und anhand der oben beschriebenen Methode auf ganz Luxemburg hochgerechnet. Subventionen wurden herausgerechnet, da diese ja nur Verschiebungen von Geldmitteln innerhalb der öffentlichen Hand abbilden.

[412] STATEC (2018): Population par canton et commune 1821 – 2017 (x021).

Abbildung 33-1: Budgetzeilen inkl. Beispielen, welche Einnahmen / Ausgaben darunterfallen

Recettes ordinaires (gewöhnliche Einnahmen):

441	Öffentlicher Verkehr (Transport routiers / Autobus (VdL))	Ticketverkauf, …
622	Strassenverkehr (Circulation)	Gebühr für Nutzung d. öffentlichen Raumes, Verkehrsmodell (VdL), …
623	Parkraumbewirtschaftung (Parking)	Div. Gebühren
624	Kommunales Strassennetz (Voirie vicinale)	Schadenersatz f. beschädigte Infrastruktur, Werbeeinahmen, …

Dépenses ordinaires (gewöhnliche Ausgaben)

441	Öffentlicher Verkehr (Transport routiers / Autobus (VdL))	Late Night Bus, City Bus, Bummelbus, Personalkosten, Unterhalt und Reparatur, Fahrzeuge (VdL),…
449	Andere Verkehrssysteme (Autres systèmes de transport)	Fahrradverleihsysteme
622	Strassenverkehr (Circulation)	Verkehrszeichen, Honorare externe ExpertInnen, Unterhalt und Reparatur, Werbung, Strom für Verkehrszeichen, …
623	Parkraumbewirtschaftung (Parking)	Unterhalt und Reparatur, Honorare für externe ExpertInnen, Bewirtschaftungs-vereinbarungen für Parkplätze, …
624	Kommunales Strassennetz (Voirie vicinale)	Personal, Gebäude, Unterhalt und Reparatur, Strom, Streusalz, Treibstoff, …

Recettes extraordinaires (aussergewöhnliche Einnahmen):

624	Kommunales Strassennetz (Voirie vicinale)	Beteiligung an den Infrastrukturkosten durch den Eigentümer/die Eigentümerin, Anschlusskosten, …

Dépenses extraordinaires (aussergewöhnliche Ausgaben)

441	Öffentlicher Verkehr (Transport routiers / Autobus (VdL))	Erhalt / Erneuerung Bushaltestellen, Beleuchtung Radweg,…
449	Andere Verkehrssysteme (Autres systèmes de transport)	e-Bike Stationen, …
622	Strassenverkehr (Circulation)	Kosten für Studien, Fahrzeuge, öffentliche Infrastruktur auf eigenem Grund, Gestaltung Strassennetz, …
623	Parkraumbewirtschaftung (Parking)	Kosten für Studien, öffentliche Infrastruktur auf eigenem Grund, …
624	Kommunales Strassennetz (Voirie vicinale)	Kosten für Studien, öffentliche Infrastruktur auf eigenem Grund, Fahrzeuge…

Herausforderungen

Die Gemeindebudgets in Luxemburg sind öffentlich einsehbar und nach einem einheitlichen Prinzip aufgebaut. Allerdings werden aktuell noch nicht auf allen Gemeindehomepages die Budgets zum einfachen Download angeboten. So mussten – um Budgets aller Gemeindeklassen abdecken zu können – einige Gemeinden persönlich kontaktiert werden. Weiters sind die Budgets zwar nach einem einheitlichen Prinzip mit vorgegebenen Budgetzeilen aufgebaut, allerdings werden dieselben Budgetzeilen nicht immer für vergleichbare Ausgaben verwendet. So ist z.B. der Ausbau von Radwegen, der meist in der Budgetzeile „624 Voirie vicinale“ angeführt wird, ab und zu auch unter der Budgetzeile „Tourismus“ zu finden, wenn beispielsweise ein v.a. touristisch genutzter Radweg ausgebaut wird, oder die Errichtung eines Parkhauses (neue Infrastruktur) wird unter dem Punkt „Parkraumbewirtschaftung“ angeführt. Ähnliches trifft auch für andere Ausgaben / Einnahmen zu. Bei den untersuchten Budgets musste daher jede einzelne Budgetzeile genau betrachtet werden und gegebenenfalls – um eine einheitliche Auswertung zu ermöglichen – eine Neuzuordnung zu einer passenden Budgetzeile vorgenommen werden. Aufgrund dieser Umstände – und da die Budgets je Klasse eine gute Übereinstimmung der pro Kopf Ausgaben zeigten – wurde darauf verzichtet, je Gemeinde die Budgets von mehreren, aufeinanderfolgenden Jahren zu betrachten, da dies für das Projektteam (und auch für die Gemeinden) zu einem deutlich erhöhten Aufwand geführt hätte.

34 Anhang E: Umgang mit Verkehrskosten durch Grenzgänger

Im vorliegenden Anhang wird erläutert, wie mit den Verkehrskosten der Grenzgänger bei den einzelnen Indikatoren umgegangen wird. In Luxemburg kommt den Grenzgängern eine grosse Bedeutung zu, da 2016 auf ca. 250'000 in Luxemburg wohnhaften Arbeitskräften noch ca. 180'000 Grenzgänger dazukommen (Daten STATEC). Im Folgenden zeigen wir für jeden Indikator, ob die Verkehrskosten der Grenzgänger für den Indikator relevant sind und falls ja, wie mit ihren Kosten umgegangen wurde. Bei einigen Indikatoren muss dabei zwischen den Ergebnissen für die KNA und für die Transportrechnung unterschieden werden.

- **W1 Baukosten**: Die Infrastrukturkosten werden nach dem Territorialprinzip bestimmt, d.h. für die Infrastrukturen in Luxemburg. Wer auf den Infrastrukturen fährt (In- oder Ausländer) hat auf die Höhe der Kosten keinen Einfluss.
- **W2 Ersatzinvestitionen**: Siehe W1.
- **W3 Landkosten**: Siehe W1.
- **W6 Betriebs- und Unterhaltskosten Infrastruktur**: Siehe W1.
- **W7 Variable Betriebskosten Fahrzeuge Stammverkehr**: Die Betriebskosten der Strassenfahrzeuge wurden für den Luxemburger Fahrzeugpark erhoben. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Grenzgänger ähnliche Fahrzeuge erwerben wie in Luxemburg wohnhafte Personen. Hierfür spricht vor allem das Erwerbseinkommen der Grenzgänger, welches den luxemburgischen Verhältnissen entspricht und ihnen daher ein ähnliches Budget für den Kauf von Fahrzeugen ermöglicht wie der inländischen Bevölkerung. Zudem ist der Treibstoffpreis in Luxemburg günstiger, so dass Grenzgänger jeweils in Luxemburg tanken. Die hergeleiteten Betriebskosten können also auch für die Grenzgänger übernommen werden.
- **W8 Fixe Betriebskosten Fahrzeuge**: Siehe W7.
- **W9 Betriebskosten ÖV**: Die Grenzgänger haben keinen Einfluss auf die Betriebskosten des ÖV – ausser dass der grenzüberschreitende Verkehr ohne Grenzgänger wohl weniger gut ausgebaut wäre.
- **W10 Reisezeit Stammverkehr**: Für die Grenzgänger werden dieselben Zeitkostensätze verwendet wie für die Inländer. Grenzgänger haben in etwa das gleiche Lohnniveau wie Luxemburger, so dass sie auch in etwa die gleiche Zahlungsbereitschaft für Zeitgewinne haben dürften. Zudem gibt es pragmatische Gründe für die Gleichbehandlung: Eine Ungleichbehandlung der in- oder ausländischen Bevölkerung wäre schwierig zu vertreten und würde zudem die Bewertung deutlich aufwändiger machen (vgl. Exkurs in Kapitel 2.3).
- **W11 Komfort Stammverkehr**: Siehe W10.
- **W13 Nettonutzen Mehrverkehr**: Siehe W10 (für W13a bis W13f) und W7 (für W13g).
- **W14 Steuereinnahmen im Mehrverkehr**: Da die Grenzgänger aufgrund der tieferen Preise den Treibstoff generell in Luxemburg kaufen, bilden die berechneten Effekte auch die Auswirkungen auf die Grenzgänger korrekt ab.

- **W15 ÖV-Erlöse im Mehrverkehr**: In der KNA sind mit dem gewählten Vorgehen nur Erlöse in Luxemburg enthalten, wobei es keine Rolle spielt, ob die Fahrgäste Luxemburger oder Grenzgänger sind. Führt ein Projekt aber auch im Ausland (auf den Zulaufstrecken) zu relevanten Mehrerlösen, müssen diese ergänzt werden. In der Transportrechnung werden die ÖV-Erlöse gemäss Territorialprinzip erhoben, d.h. die Wege der Grenzgänger in Luxemburg werden korrekt abgebildet.
- **W16 Steuereinnahmen im Stammverkehr**: Siehe W14. In der Transportrechnung werden die Steuereinnahmen bei der Finanzierung (vgl. Kapitel 27) gemäss Territorialprinzip erfasst – d.h. inkl. der Wege der Grenzgänger in Luxemburg.
- **W17 ÖV-Erlöse im Stammverkehr**: Siehe W15, wobei im Stammverkehr im Ausland keine Veränderungen zu erwarten sind (ausser es handelt sich um ein grenzüberschreitendes Projekt, in dem im In- und Ausland die Billettpreise erhöht werden). In der Transportrechnung werden die ÖV-Erlöse bei der Finanzierung (vgl. Kapitel 27) erfasst – vgl. W16.
- **W21 Trassenpreise**: Die Trassenpreise werden vom ÖV-Betreiber bezahlt, so dass die Grenzgänger hier keine Rolle spielen.
- **W23 Polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung**: Die Kosten der polizeilichen Verkehrsregelung und Überwachung fallen unabhängig von der Herkunft des Fahrzeugs an, sind also für Grenzgänger und Luxemburger gleich.
- **G5 Externe Gesundheitsnutzen durch aktive Mobilität**: Die ermittelten Kostensätze basieren auf Daten für die Luxemburger Wohnbevölkerung, die aber auch für die Grenzgänger (in etwa) zutreffen: Die medizinischen Heilungskosten könnten im Ausland zwar etwas höher oder tiefer liegen, machen aber nur einen relativ geringen Teil der Kosten aus (17%). Der Produktionsausfall und die Wiederbesetzungskosten der Grenzgänger sind aufgrund ihres Arbeitsortes im Vergleich zur Erwerbsbevölkerung in Luxemburg in etwa gleich. Die Versicherungsleistungen mussten von der Schweiz auf Luxemburg übertragen werden, wobei die Kaufkraftparität auch für die Grenzgänger in etwa gilt.
- **G6 Unfälle**: Es werden Kostensätze verwendet, die auf Basis der Luxemburger Bevölkerung erhoben wurden, aber in etwa auch für Grenzgänger gelten: Die medizinischen Heilungskosten könnten wie bei G5 im Ausland leicht abweichen (Anteil hier nur 4%). Produktionsausfall und Wiederbesetzungskosten sind jedoch für Grenzgänger etwa gleich. Die dominanten Kosten sind die immateriellen Kosten (VOSL – 86%). Sie wurden auf Basis internationaler Studien mit der Kaufkraftparität auf Luxemburg übertragen wurden. Die Kaufkraftparität dürfte für die Grenzgänger in etwa vergleichbar sein mit der Kaukraftparität in Luxemburg. Auch die Sachschäden, Polizei- und Rechtsfolgekosten dürften für Grenzgänger ähnlich sein – zumal für Unfälle, die in Luxemburg geschehen.

  In der Transportrechnung werden die Todesfälle und die Schienenverkehrsunfälle nach dem Territorialprinzip bestimmt, womit Grenzgänger mitberücksichtigt sind. Die Schwer- und Leichtverletzten im Strassenverkehr basieren auf Daten zu den polizeilich registrierten Unfällen nach dem Territorialprinzip. Idealerweise sollte für die Ermittlung der Dunkelziffer (als Basis für die Hochrechnung) auch vom Territorialprinzip ausgegangen werden, indem die polizeilich erfassten Unfälle (von In- und Ausländern) mit allen verursachten Verkehrsunfällen (wiederum von In- und Ausländern) verglichen werden. Mangels verfügbarer Daten

muss die Dunkelziffer aus der Schweiz übernommen werden. Da in der Schweiz für das Total aller Verkehrsunfälle nur Datengrundlagen zu den Inländern vorlagen, wurden die Dunkelziffern auf Basis der von Inländern erlittenen Verkehrsunfälle (im In- und Ausland) ermittelt (Inländerprinzip). Unfälle von Grenzgängern wurden somit nicht berücksichtigt. Allerdings dürfte die Unterschätzung sehr gering sein, da es sich nur bei 6% aller Arbeitskräfte in der Schweiz um Grenzgänger handelt (gemäss Bundesamt für Statistik). Somit können die Schweizer Hochrechnungsfaktoren als gute Grundlage verwendet werden, um in Luxemburg aus den polizeilich erfassten Unfällen (nach dem Territorialprinzip) das Total aller Unfälle ableiten zu können.

- **U1 Luftbelastung**: Es werden die Kosten des Verkehrs in Luxemburg (gemäss Territorialprinzip, d.h. inkl. Wege der Grenzgänger in Luxemburg) ermittelt. Bewertet werden die Schäden, die bei der Luxemburger Bevölkerung anfallen. Damit sind also auch die Schäden berücksichtigt, die durch den Verkehr der Grenzgänger verursacht werden.
- **U2 Lärmbelastete Personen**: Lärm ist ein sehr lokales Phänomen. In den Berechnungen werden die Lärmkosten auf Basis der Verkehrsbelastung in Luxemburg bestimmt. Die Verkehrsbelastung in Luxemburg enthält auch das Verkehrsaufkommen der Grenzgänger, so dass die von ihnen verursachten Lärmkosten in Luxemburg korrekt erfasst sind. Die im Ausland wohnenden Grenzgänger selbst tragen keine Kosten in Luxemburg, da nur die Lärmkosten am Wohnort betrachtet werden.
- **U4 Klimabelastung**: Bei den Klimakosten handelt es sich um ein globales Problem, dessen Bewertung auf einem globalen Kostensatz beruht. Die von den Grenzgängern verursachten Kosten werden über die Ermittlung der verkehrsbedingten Emissionen in Luxemburg mitberücksichtigt.
- **U9 Vor- und nachgelagerte Prozesse Energie**: Hier wird der Treibstoffverbrauch (Diesel, Benzin, Strom) untersucht. Dabei ist es irrelevant, ob der Verbrauch durch Einheimische oder Grenzgänger verursacht wird.
- **U10 Vor- und nachgelagerte Prozesse Fahrzeug**: In der Transportrechnung werden nur die in Luxemburg immatrikulierten Fahrzeuge miteinbezogen, die Grenzgänger werden also nicht miteinbezogen. In der KNA ist die projektbedingte Veränderung des Fahrzeugbestandes relevant. Dabei sollten auch Anpassungen im Fahrzeugbestand der Grenzgänger miteinbezogen werden.
- **U11 Vor- und nachgelagerte Prozesse Infrastruktur**: Es werden die Infrastrukturen in Luxemburg betrachtet, wobei es keine Rolle spielt, wer diese Infrastrukturen benutzt.
- **U12 / U13 Bodenversiegelung und Zerschneidung**: Es werden die Effekte der Infrastrukturen in Luxemburg auf Bodenversiegelung und Zerschneidung untersucht. Entsprechend spielt die Grenzgängerfrage bei diesen Indikatoren keine Rolle.

35 Anhang F: Ergebnisse der Transportrechnung nach Kostenkategorien

Abbildung 35-1: Kosten des Landverkehrs nach Kostenträger, Kostenkategorie und Fahrzeugkategorie, 2016, in Mio. €

Kürzel	Indikatorname	Anteil Kostenträger					Strassenverkehr																					Schienenverkehr			Gesamt-total (inkl. Strassen-verkehr)
							Personenverkehr													Güterverkehr					Total	Personen-verkehr (Regional-verkehr)	Güter-verkehr	Total	
							Motorisierter privater Personenverkehr								Aktive Mobilität			Öffentlicher Personenverkehr												
							PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF					
	in Mio. €	Ver-kehrs-nut-zen-de	ÖV-Be-trei-ber	Staat als Infra-struk-turbe-trei-ber	Übri-ger Staat	Allge-mein-heit	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel					
W1/W2	Infrastrukturkosten			100%			42.90	149.68	0.12	1.19	193.89	0.42	2.06	1.10	0.27	2.16	3.65	6.42	-	6.42	-	0.37	22.10	0.01	22.48	25.51	257.96	48.98	16.30	65.29	323.24
	Staatsstrassen						16.28	56.80	0.05	0.45	73.57	0.32	0.73	0.36	0.24	1.94	2.49	4.82	-	4.82	-	0.14	8.25	0.00	8.39	20.61	113.48	48.98	16.30	65.29	178.77
	Kosten Ämter						*5.04*	*17.58*	*0.01*	*0.14*	*22.77*	*0.02*	*0.18*	*0.10*	*0.01*	*0.10*	*0.55*	*0.28*	-	*0.28*	-	*0.04*	*2.41*	*0.00*	*2.45*	*1.10*	*27.56*	*0.14*	*0.01*	*0.15*	*27.72*
	Ersatzinvestitionen						*8.67*	*30.26*	*0.02*	*0.24*	*39.20*	*0.23*	*0.42*	*0.20*	*0.18*	*1.42*	*1.50*	*3.50*	-	*3.50*	-	*0.08*	*4.50*	*0.00*	*4.58*	*15.05*	*66.29*	*37.69*	*12.57*	*50.26*	*116.55*
	Zinskosten Infrastruktur						*2.57*	*8.96*	*0.01*	*0.07*	*11.60*	*0.07*	*0.12*	*0.06*	*0.05*	*0.42*	*0.45*	*1.04*	-	*1.04*	-	*0.02*	*1.33*	*0.00*	*1.36*	*4.46*	*19.62*	*11.16*	*3.72*	*14.88*	*34.50*
	Gemeindestrassen						26.62	92.89	0.08	0.74	120.32	0.10	1.33	0.74	0.03	0.22	1.15	1.60	-	1.60	-	0.23	13.85	0.01	14.08	4.90	144.48				144.48
	Ersatzinvestitionen						*20.54*	*71.67*	*0.06*	*0.57*	*92.84*	*0.08*	*1.03*	*0.57*	*0.02*	*0.17*	*0.89*	*1.24*	-	*1.24*	-	*0.18*	*10.68*	*0.00*	*10.87*	*3.78*	*111.48*				*111.48*
	Zinskosten Infrastruktur						*6.08*	*21.21*	*0.02*	*0.17*	*27.48*	*0.02*	*0.30*	*0.17*	*0.01*	*0.05*	*0.26*	*0.37*	-	*0.37*	-	*0.05*	*3.16*	*0.00*	*3.22*	*1.12*	*33.00*				*33.00*
W3	Landkosten			100%			0.69	2.41	0.00	0.02	3.12	0.01	0.04	0.02	0.00	0.02	0.11	0.12	-	0.12	-	0.01	0.36	0.00	0.37	0.54	4.35	0.17	0.01	0.18	4.53
W6	Betriebs- und Unterhaltskosten Infrastruktur			100%			30.88	107.76	0.09	0.85	139.58	0.16	1.27	0.63	0.13	0.88	3.50	2.55	-	2.55	-	0.26	15.45	0.01	15.71	8.82	173.24	81.47	17.81	99.28	272.52
	Staatsstrassen						17.03	59.42	0.05	0.47	76.97	0.11	0.62	0.28	0.06	0.46	1.73	1.38	-	1.38	-	0.14	8.24	0.00	8.38	6.54	96.54	81.47	17.81	99.28	195.82
	Kosten Ämter						*11.03*	*38.48*	*0.03*	*0.31*	*49.84*	*0.04*	*0.40*	*0.22*	*0.03*	*0.22*	*1.25*	*0.64*	-	*0.64*	-	*0.09*	*5.22*	*0.00*	*5.31*	*2.39*	*60.35*	*2.51*	*0.20*	*2.71*	*63.06*
	Betrieb und Unterhalt						*6.00*	*20.94*	*0.02*	*0.17*	*27.13*	*0.07*	*0.22*	*0.07*	*0.03*	*0.24*	*0.48*	*0.74*	-	*0.74*	-	*0.05*	*3.02*	*0.00*	*3.07*	*4.15*	*36.19*	*78.96*	*17.61*	*96.57*	*132.76*
	Gemeindestrassen						13.85	48.34	0.04	0.38	62.61	0.05	0.66	0.34	0.08	0.42	1.77	1.17	-	1.17	-	0.12	7.21	0.00	7.33	2.28	76.71				76.71
W7/W8	Betriebskosten Fahrzeuge	100%					548.19	1'419.13	2.89	14.78	1'984.99	36.30	35.33	6.94	1.36	9.82	-					44.46	1'126.31	3.46	1'174.24	851.53	4'100.51				4'100.51
W9	Betriebskosten ÖV		100%															360.28	-	360.28	-						360.28	196.84	12.93	209.77	570.05
W23	Polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung			100%			10.05	35.07	0.03	0.28	45.43	0.04	0.36	0.20	0.04	0.36	2.01	0.54	-	0.54	-	0.08	4.98	0.00	5.07	2.28	56.33				56.33
G6	Unfälle Strasse	93.1%			1.8%	5.2%	74.96	261.54	0.22	2.07	338.79	0.30	88.36	7.60	8.68	70.91	107.32	4.09	0.00	4.09	0.00	0.22	13.06	0.00	13.29	9.77	649.10				649.10
	Unfälle Schiene	93.8%			3.4%	2.8%																						2.68	1.24	3.92	3.92
U1	Luftbelastung						14.80	80.57	0.03	0.40	95.81	0.47	0.54	0.68				6.76	-	6.76	-	0.16	17.75	0.00	17.91	22.83	145.00	2.00	2.79	4.78	149.79
	Gesundheitskosten				0.13%	99.87%	10.37	53.96	0.03	0.29	64.64	0.29	0.38	0.56				4.01	-	4.01	-	0.11	12.73	0.00	12.84	14.15	96.88	1.07	2.12	3.19	100.07
	Gebäudeschäden					100%	1.89	7.30	0.00	0.05	9.24	0.05	0.07	0.10				0.67	-	0.67	-	0.02	1.91	0.00	1.93	2.38	14.45	0.20	0.38	0.58	15.03
	Ernteausfälle und Waldschäden					100%	0.31	7.27	-	0.01	7.59	0.04	0.03	0.00				0.46	-	0.46	-	0.01	1.22	-	1.23	1.49	10.84	-	0.11	0.11	10.95
	Biodiversitätsverluste					100%	0.86	7.27	-	0.02	8.16	0.04	0.04	0.01				0.46	-	0.46	-	0.01	1.22	-	1.23	1.49	11.41	-	0.11	0.11	11.53
	Bodenschäden					100%	1.37	4.77	0.00	0.04	6.18	0.05	0.02	n.a.				1.16	-	1.16	-	0.01	0.67	0.00	0.68	3.32	11.41	0.73	0.06	0.79	12.20
U2	Lärmbelastete Personen Strasse				0.26%	99.74%	6.52	22.76	0.01	0.18	29.47	0.30	2.71	0.13				4.03	0.00	4.03	0.00	0.17	10.01	0.00	10.18	44.32	91.14				91.14
	Lärmbelastete Personen Schiene				0.48%	99.52%																						1.29	2.29	3.58	3.58
U4	Klimabelastung mot. priv. PV	28.0%				72.0%	31.45	91.80	-	0.66	123.92	0.51	0.54	0.19													125.17				125.17
	Klimabelastung Strassen ÖV		11.6%			88.4%												6.30	-	6.30	-						6.30				6.30
	Klimabelastung Güterverkehr Strasse	18.7%				81.3%																0.22	13.55	-	13.77	28.25	42.02				42.02
	Klimabelastung Schienenverkehr					100%																						-	0.65	0.65	0.65
U9	Vor- und nachgelagerte Prozesse Energie					100%	9.12	16.07	0.01	0.19	25.39	0.09	0.16	0.05	0.00	-	-	1.10	-	1.10	-	0.06	2.38	0.00	2.44	4.94	34.16	0.11	0.14	0.25	34.41
U10	Vor- und nachgelagerte Prozesse Fahrzeug					100%	8.94	31.20	0.09	0.40	40.63	0.18	0.29	0.26	0.08	0.53	-	1.54	-	1.54	-	0.07	4.16	0.00	4.23	5.52	53.26	0.21	0.10	0.31	53.57
U11	Vor- und nachgelagerte Prozesse Infrastruktur					100%	1.87	6.51	0.01	0.05	8.44	0.10	0.02	0.00	0.10	0.80	4.45	1.30	-	1.30	-	0.03	2.06	0.00	2.10	7.69	24.99	3.38	0.27	3.65	28.64
U12	Bodenversiegelung					100%	4.42	15.42	0.01	0.12	19.98	0.07	0.07	0.03	0.00	0.03	0.15	1.08	-	1.08	-	0.04	2.34	0.00	2.38	4.74	28.52	2.18	0.18	2.35	30.88
U13	Zerschneidungseffekte					100%	6.46	22.54	0.02	0.18	29.20	0.05	0.10	0.04	-	-	-	0.84	-	0.84	-	0.06	3.41	0.00	3.47	3.79	37.50	3.76	0.30	4.06	41.56
Total							**791.3**	**2'262.5**	**3.5**	**21.4**	**3'078.6**	**39.0**	**131.9**	**17.9**	**10.7**	**85.5**	**121.2**	**397.0**	**-**	**397.0**	**-**	**46.2**	**1'237.9**	**3.5**	**1'287.6**	**1'020.5**	**6'189.8**	**343.1**	**55.0**	**398.1**	**6'587.9**

Abbildung 35-2: Finanzierungs- und Ausgleichszahlungen im Landverkehr nach Kostenträger, Kostenkategorie und Fahrzeugkategorie, 2016, in Mio. €

Kürzel	Indikatorname	Anteil Kostenträger					Strassenverkehr																					Schieneverkehr			Gesamt-total
							Personenverkehr														Güterverkehr					Total	Personen-verkehr (Regional-verkehr)	Güter-verkehr	Total	
							Motorisierter privater Personenverkehr							Aktive Mobilität			Öffentlicher Personenverkehr													
							PKW					RBus	MR	Mofa	Ped25	Fahrrad	Fuss	Linienbus			Tram	Leichte Nutzfahrzeuge				SNF					
	in Mio. €	Ver-kehrs-nut-zen-de	ÖV-Be-trei-ber	Staat als Infra-struk-turbe-trei-ber	Übri-ger Staat	Allge-mein-heit	Benzin	Diesel	Elektro	Hybrid	Total	Diesel	Benzin	Benzin	Musk/El	Muskel	Muskel	Diesel	Elektro	Total	Elektro	Benzin	Diesel	Elektro	Total	Diesel					
W1/W2	Finanzierungsquellen Strassenverkehr						51.18	52.29	-0.07	0.70	104.10	0.68	0.81	0.09	0.00	0.01	0.06	-1.27	-	-1.27	-	0.60	21.70	0.00	22.30	49.80	176.58	-4.85	-	-4.85	171.73
Staat	Treibstoff Steuer (Benzin)	100%			-100%		63.39	-	-	1.07	64.46	-	1.09	0.36	-	-	-					0.45	-	-	0.45	-	66.36				66.36
Staat	Treibstoff Steuer (Diesel)	100%			-100%		-	113.62	-	0.16	113.77	0.63	-	-	-	-	-					-	16.78	-	16.78	34.92	166.10				166.10
Staat	60% der KFZ-Steuer	100%			-100%		11.73	22.22	-	0.13	34.08	0.04	0.20	-	-	-	-					0.11	2.69	-	2.80	2.68	39.81	-	-	-	39.81
Staat	ÖV: Treibstoffsteuer und KFZ-Steuer		100%		-100%													7.94	-	7.94							7.94				7.94
Staat	Eurovignette	100%			-100%																					11.88	11.88				11.88
Staat	Pendlerpauschale (Steuerverlust)	100%			-100%		-22.12	-77.18	-0.06	-0.61	-99.98	-	-0.57	-0.31	-	-	-	-9.29	-	-9.29	-	-	-	-	-	-	-110.15	-4.85	-	-4.85	-115.00
Staat	Leasing-Abschreibung (Steuerverlust)	100%			-100%		-6.12	-21.34	-0.02	-0.17	-27.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-27.65	-	-	-	-27.65
Gemeinden	Einnahmen Parkgebühren	100%			-100%		2.58	8.99	0.01	0.07	11.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	1.34	0.00	1.36	-	13.00				13.00
Gemeinden	Übrige Einnahmen	100%			-100%		1.72	6.00	0.00	0.05	7.77	0.01	0.09	0.04	0.00	0.01	0.06	0.08	-	0.08	-	0.02	0.89	0.00	0.91	0.32	9.29				9.29
W9	Subventionierung ÖV		-100%		100%													338.55	-	338.55	-						338.55	161.11	4.59	165.70	504.26
W17	ÖV-Erlöse	100%	-100%															30.40	-	30.40	-						30.40	35.73	8.34	44.07	74.47
W21	Trassenpreise	100%		-100%																									0.89	0.89	0.89
W23	Einnahmen aus Bussen	100%		-100%			4.83	16.84	0.01	0.13	21.81	0.02	0.17	0.10	0.00	0.03	-	0.26	-	0.26	-	0.04	2.39	0.00	2.43	1.09	25.93				25.93
G5	Externe Gesundheitsnutzen durch aktive Mobilität	-100%			6.3%	93.7%									n.a.	-9.96	-34.39										-44.35				-44.35

Literaturverzeichnis

Abay G. (1984)
Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen. Institut für Verkehrsplanung und Transporttechnik, ETH Zürich, IVT-Bericht Nr. 84/2. Zürich.

Amt der Tiroler Landesregierung (2017)
Verkehr in Tirol – Bericht 2016, Innsbruck.

ASTAG (2014)
Selbstkosten von Nutzfahrzeugen im Strassentransport in der Schweiz.

Bahnknoten Basel (2017)
Zukunft Bahnknoten Basel. Synthesebericht. Ausgestaltung der notwendigen Infrastrukturen zur Realisierung eines trinationalen S-Bahn-Systems. Im Auftrag des Konsortiums Bahnknotzen / Herzstück Basel, in Zusammenarbeit mit SBB, DB. Online: http://www.herzstueck-basel.ch/de/aktuell/trinationale-s-bahn-basel-linienfuehrung-herzstueck-und-anschluesse-der-bahnhoefe-geklaert-37.html (26.11.2017).

Bates J., Whelan G. (2001)
Size and Sign of Time Savings. ITS Leeds Working Paper Nr. 561.

BAV Bundesamt für Verkehr (2016)
NIBA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Bahninfrastrukturprojekte. Leitfaden zur Bewertung von Projekten im Schienenverkehr und elektronisches Rechentool eNIBA. Online: https://www.bav.admin.ch/bav/de/home/themen/alphabetische-themenliste/vollzugshilfen/leitfaeden/niba-leitfaden.html (11.12.2017).

BFS Bundesamt für Statistik (2015a)
Kosten und Finanzierung des Verkehrs. Jahr 2010. Neuchâtel. Online: https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/kosten-finanzierung.assetdetail.349597.html (30.8.2017).

BFS Bundesamt für Statistik (2015b)
Methodenbericht, Statistik der Kosten und der Finanzierung des Verkehrs. Neuchâtel. Online: https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/kosten-finanzierung.assetdetail.350352.html (30.8.2017).

BFS Bundesamt für Statistik (2017)
Strasseninfrastrukturrechnung der Schweiz. Online: https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/kosten-finanzierung/strasse-langsamverkehr/infrastruktur.assetdetail.2281433.html (27.03.2018).

Bickel P., Hunt A., De Jon G., Laird J., Lieb Ch., Lindberg G., Mackie P., Navrud S., Odgaard Th., Shies J., Tavasszy L. (2006)
HEATCO D5: Proposal for Harmonized Guidelines. Deliverable 5 of HEATCO (Developing Harmonized European Approaches for Transport Costing and Project Assessment).

BMVIT et al. (Hrsg., 2016)
Österreich unterwegs 2013-2014, Ergebnisbericht zur österreichweiten Mobilitätserhebung „Österreich unterwegs 2013/2014“, Wien

B,S,S. (2015)
Monetarisierung des statistischen Lebens im Strassenverkehr. Forschungsaufrag VSS 2011/104 des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute. Basel.

Bundesamt für Statistik, Bundesamt für Raumentwicklung (2017)
Verkehrsverhalten der Bevölkerung, Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015, Bern.

Cameron T.A. (2010)
Euthanizing the Value of Statistical Life, in: Review of Environmental Economics and Policy, volume 4.

CE Delft, Infras, Fraunhofer Gesellschaft ISI, University of Gdansk (2008)
IMPACT: Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport. Deliverable 1: Handbook on estimation of external costs in the transport sector. Online im Internet: https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/sustainable/doc/2008_costs_handbook.pdf (17.11.2017)

CE Delft, Infras, ISI (2011)
External Costs of Transport in Europe – Update Study for 2008; im Auftrag des Internationalen Eisenbahnverbands UIC, Zürich, Karlsruhe.

Center for Industrial Studies and University of Milan (2013)
The social cost of capital: recent estimates for the EU countries Working Paper N.03/2013

Certu (2003)
Modélisation des déplacements urbains de voyageurs. Guide des pratiques. Lyon.

CFL (2017)
Rapport annuel 2016, Luxembourg.

CFL (2017)
Rapport sur la responsabilité sociale d’entreprise 2016. Online : http://www.cfl.lu/espaces/groupecfl/fr/Publications/Rapport%20RSE%202016.pdf (18.3.2018).

CONEBI Confederation of the European Bicycle Industry (2017)
European Bicycle Market 2017 Edition. Industry & Market Profile (2016 statistics).

COWI and ITS (Odgaard Th., Kewlly Ch., Laird J.) (2005)
Current practice in project appraisal in Europe. European Commission ED-DG TREN: HEATCO Deliverable 1. HEATCO: Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment.

Department for Transport (2014)
Transport Analysis Guidance. TAG UNIT A1.1: Cost-Benefit Analysis. Online: https://www.gov.uk/guidance/transport-analysis-guidance-webtag#webtag-data-book (26.11.2017).

Department for Transport (2017)
Transport Analysis Guidance. Online: https://www.gov.uk/guidance/transport-analysis-guidance-webtag#webtag-data-book (26.11.2017).

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung DIW (2009)
Wegekosten und Wegekostendeckung des Strassen- und Schienenverkehrs in Deutschland im Jahre 2007

DG MOVE (2014)
Update of the Handbook on External Costs of Transport. Ricardo-AEA, DIW-econ und CAU Universität Kiel im Auftrag der EU Kommission, DG MOVE. Didcot (UK). Onöline: https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/handbook_on_external_costs_of_transport_2014_0.pdf (17.11.2017).

DIW, VTI, ITS (2008)
CATRIN, Cost Allocation of Transport Infrastructure cost, Deliverable D1: Cost allocation Practices in the European Transport Sector.

Douglas, Neil & O'Keefe, Brendan (2016)
Wider Economic Benefits – When and if they should be used in evaluation of transport projects. Conference Paper, Australian Transport Research Forum, November 2016.

Dudenhöffer K. (2013)
Lärmemissionen von Elektrofahrzeugen, Experimente zur Geräuschwahrnehmung. HZwei 1/2013 (https://www.hzwei.info/hefte/januar-2013).

EBP Ernst Basler und Partner (2018)
Weiterentwicklung der Fahrzeugbetriebskostensätze für Kosten-Nutzen-Analysen. Forschungsprojekt VSS 2015/116 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute. Zürich.

ECMT European Conference of Ministers of Transport (2001)
Assessing the Benefits of Transport. Paris.

Econcept, Nateco (2004)
Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft. Monetarisierung der Verluste und Fragmentierung von Habitaten. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Raumplanung, des Bundesamtes für Strassen und des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern.

Ecoplan (2005)
Bewertungsmethode für die Priorisierung von Projekten im Schienenverkehr. Einbezug Güterverkehr und Vereinfachung. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Verkehr. Bern.

Ecoplan (2007)
Externe Kosten im Strassenverkehr: Grundlagen zur Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse. Forschungsauftrtga VSS 2005/204 auf Antrag des Schweizersichen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS).

Ecoplan (2010),
Handbuch eNISTRA 2010. eNISTRA – ein Tool für zwei sich ergänzende Methoden zur Bewertung von Strasseninfrastrukturprojekten: NISTRA – Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte. KNA – Kosten-Nutzen-Analyse gemäss VSS-Normen SN 641 820 – SN 641 828. Studie im Auftrag des Bundeamtes für Strassen. Bern. Online: www.nistra.ch (19.11.2017).

Ecoplan (2011)
Tram Region Bern Wirtschaftlichkeitsrechnung. Studie im Auftrag des Amtes für öffentlichen Verkehr des Kantons Bern. Bern. Online: https://www.bve.be.ch/bve/de/index/direktion/direktor/newsletter/ausgabe_04_2012/auf_der_suche_nach_sparmoeglichkeiten.assetref/dam/documents/BVE/GS/de/TReBe_Bericht_2011_04_131.pdf (26.11.2017).

Ecoplan (2011)
Wirtschaftlichkeitsanalyse Regiotram Biel. Studie im Auftrag des Amtes für öffentlichen Verkehr des Kantons Bern. Bern.

Ecoplan (2015)
Fallstudie Kosten, Nutzen und Verteilungsaspekte einer Road-Pricing-Lösung in der Region Bern. Studie im Rahmen des internationalen Forschungsprogramms ERA NET SURPRICE (Sustainable mobility through road user charges). Forschungsprojekt ASTRA 2010/018 auf Antrag des Bundesamtes für Strassen. Bern.

Ecoplan (2016)
Empfehlungen zur Festlegung der Zahlungsbereitschaft für die Verminderung des Unfall- und Gesundheitsrisikos (value of statistical life). Studie im Auftrag des Bundesamts für Raumentwicklung ARE und der Beratungsstelle für Unfallverhütung bfu. Online: https://www.are.admin.ch/are/de/home/verkehr-und-infrastruktur/grundlagen-und-daten/kosten-und-nutzen-des-verkehrs.html (9.12.2017).

Ecoplan (2016)
Oberes Toggenburg: Volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analyse Halbstundentakt. Studie im Auftrag des Amtes für öffentlichen Verkehr des Kantons St.Gallen. Bern.

Ecoplan (2018),
Handbuch NISTRA 2017. NISTRA – Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte. Handbuch für das Excel-Tool Enistra, das folgende Bewertungsmethoden enthält: KNA – Kosten-Nutzen-Analyse gemäss VSS-Normen SN 641 820 – SN 641 828 KWA – Kosten-Wirksamkeits-Analyse. Studie im Auftrag des Bundeamtes für Strassen. Bern.

Ecoplan, Infras (2006)
Die Nutzen des Verkehrs, Synthese der Teilprojekte 1-4. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung und des Bundesamtes für Strassen.

Ecoplan, Infras (2008)
Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE). Bern, Zürich und Altdorf.

Ecoplan, Infras (2014)
Externe Effekte des Verkehrs 2010. Monetarisierung von Umwelt-, Unfall- und Gesundheitseffekten. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE). Bern, Zürich und Altdorf. Online: https://www.are.admin.ch/are/de/home/verkehr-und-infrastruktur/grundlagen-und-daten/kosten-und-nutzen-des-verkehrs.html (16.11.2017).

Ecoplan, ISPMZ Universität Zürich (2013)
Integration des Langsamverkehrs in die Transportrechnung. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Statistik und des Bundesamtes für Raumentwicklung. Bern und Zürich. Online: https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/erhebungen/kfv.assetdetail.258870.html (3.12.2017).

Ecoplan, Metron (2005)
Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. Kommentar zur SN 641 820. Forschungsauftrag VSS 2000/342 auf Antrag des schweizersichen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS).

Ecoplan, Planteam, IHA-ETH (Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie) (2004)
Externe Lärmkosten des Strassen- und Schienenverkehrs der Schweiz. Aktualisierung für das Jahr 2000. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung, des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft sowie des Bundesamtes für Gesundheit. Bern.

EEA European Environmental Agency (2017)
Air quality in Europe – 2017 report. EEA Report No. 13/2017. Online: https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017 (12.2.2018).

Eionet Central Data Repository (2018)
National Emission Ceilings Directive (NECD 2016/2284/EU)
http://cdr.eionet.europa.eu/lu/eu/nec_revised (12.2.2018)

Eionet Central Data Repository (2017)
ANNEX 1: National sector emissions: Main pollutants, particulate matter, heavy metals and persistent organic pollutants (31.03.2017, v3) ,
http://cdr.eionet.europa.eu/lu/eu/nec_revised (5.2.2018).

EU (2000)
Workshop on the value of reducing the risk of ill health or a fatal illness. Brussels 13th November 2000.

Europäische Kommission (2017)
Entwurf des Gemeinsamen Beschäftigungsberichts der Kommission und des Rates COM (2017) 674 final.

European Commission (1996)
Cost-benefit and multi-criteria analysis for new road construction. Transport Research EURET. Luxemburg.

European Commission (2015)
Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects. Economic Appraisal tool fro Cohesion Policy 2014 – 2020.

European Commission (2016)
Labour Market and Wage Developments in Europe. Annual Review 2016 DG for Employment, Social Affairs and Inclusion October 2016.

Eurostat (2018)
Volkswirtschafliche Gesamtrechnungen. Zeitraum: Werte von 2016 und jährliche Veränderung im Vergleich zu 2015 (www.ec.europa.eu/eurostat/de/web/national-accounts/data (13.2.2018).

Ewringmann Dieter (2016)
Ermittlung und Bewertung der positiven und negativen Wirkungen des Treibstoffverkaufs unter besonderer Berücksichtigung negativer externer Umwelt- und Gesundheitseffekte – Status quo 2012 und maßnahmeninduzierte Veränderungen. Bericht für das Ministerium für Nachhaltige Entwicklung und Infrastrukturen des Großherzogtums Luxemburg. Königswinter.

EWS Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsplanung (1997)
Kommentar zum Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS. Aktualisierung der RAS-W'86. Köln.

Flyvbjerg Bent, Holm Mette Skamris, Buhl Søren (2002)
Underestimating Costs in Public Works Projects: Error or Lie? In: Journal of the American Planning Association, Nr. 68 (3), 279-295.

Flyvbjerg Bent, Bruzelius Nils, Rothengatter Werner (2003)
Megaprojects and Risk. An Anatomy of Ambition. Cambridge University Press. Cambridge.

Fowkes A.S. (1999)
Issues in Evaluation. A Justification for Awarding all Time Savings and Losses, both Small and Large, Equal Unit Value in Scheme Evaluation. In: Accent und Hague (Hrsg.): The Value of Travel Time on UK Roads. London, S. 341-359.

Götschi T., & Loh T. H. (2017)
Advancing project-scale health impact modeling for active transportation: A user survey and health impact calculation of 14 US trails. *Journal of Transport & Health*, *4*, 334-347.

Graham (2005)
Wider economic benefits of transport improvements: link between agglomeration and productivity, Stage 1 Report, London.

Graham (2007)
Agglomeration Economies and Transport Investment, Discussion Paper, No. 2007-11, December 2007 for the Joint Transport Research Centre, International Transport Forum OECD.

Groupement Transport (2017)
BAREME DES SALAIRES POUR LES TRANSPORTS PROFESSIONNELS DE MARCHANDISES PAR ROUTE à partir du 1ier janvier 2017 suivant Indice 794,54. http://www.groupement-transport.lu/2010/groupement-transports/wp-content/uploads/2017/07/Gr.Transport-salaires-barèmes-F-2017-01-01.pdf (13.2.2018).

Hensher D.A. et al. (2012)
Assessing the wider economy impacts of transport infrastructure investment with an illustrative application to the North-West Rail Link project in Sydney, Australia. J. Transp. Geogr. 24, 292–305.

Herry, Sedlacek (2003)
Österreichische Wegekostenrechnung für die Strasse 2000, im Auftrag des Österreichischen Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), Wien.

Infras (2006)
Externe Kosten des Strassen- und Schienenverkehrs 2000. Klima und bisher nicht erfasste Umweltbereiche, städtische Räume sowie vor- und nachgelagerte Prozesse. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung. Zürich/Bern.

Infras, Ecoplan (2018)
Externe Effekte des Verkehrs 2015. Aktualisierung der Berechnungen von Umwelt-, Unfall- und Gesundheitseffekten des Strassen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehrs 2010 bis 2015. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE). Zürich und Bern.

Infras, ISI (2010)
Verkehrsträgeranalyse – Kosten, Erträge und Subventionen des Strassen-, Schienen- und Luftverkehrs in Deutschland, Zürich und Karlsruhe.

Intraplan (2016)
Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen im schienengebundenen öffentlichen Personennahverkehr. Version 2016, München.

KCW Gmbh und Hochschule Luzern (2017)
Studie zum internationalen Personenverkehr (Bahn/Bus). Für das Bundesamt für Verkehr, Abteilung Finanzierung. Luzern.

komobile, FVT; Molitor R., Schwingshackl M., Staudner M., Rexeis M. (2017)
Aktualisierung der Zeitreihen zum Kraftstoffexport und der Emissionen von klimarelevanten Gasen und Luftschadstoffen des Verkehrssektors in Luxemburg von 1990 – 2015. Erstellt im Auftrag von: Le Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg, Ministère du Développement durable et Infrastructures, Administration de l'environnement.

komobile, FVT; Molitor R., Schwingshackl M., Staudner M., Rexeis M. (2017)
BAU2017: Aktualisierung des BAU Szenarios 2016 und Überarbeitung der Flottenzusammensetzung (AP2). Erstellt im Auftrag von: Le Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg, Ministère du Développement durable et Infrastructures, Administration de l'environnement.

KPMG (2016)
Réforme fiscale 2017. Vortrag von Philippe Meyer, 4.10.2016.

Kuik et al. (2009)
Marginal abatementcostsofgreenhousegasemissions: Ameta-analysis. O. Kuik, L. Brander, R.S.J. Tol. Energy Policy, vol. 37, Iss. 4 (2009), pp. 1395-1403.

LCGB, ACAP (2017)
SALAIRES BRUTS POUR CHAUFFEURS DE BUS (1.1.2017). https://lcgb.lu/files/2017/01/Chauffeurs-de-bus-Salaires-%C3%A0-partir-du-01.01.17-FD-Final-Copie.pdf (13.02.2018)

Lee D.B. Jr. (2000)
Methods for evaluation of transportation projects in the USA. In: Transport Policy, Nr. 7 (1), S. 41-50.

Litman Todd (2016)
Transportation Cost and Benefit Analysis. Techniques, Estimates and Implications. Online: http://www.vtpi.org/tca/ (30.8.2017).

Löchter A. (2007)
Modellsystem zur Berechnung des Abriebs und anderer luftgetragenen Schadstoffe des Schienenverkehrs, Immissionsschutz 2007 - Zeitschrift für Luftreinhaltung, Lärmschutz, Anlagensicherheit, Abfallverwertung und Energienutzung, Erich Schmidt Verlag – zitiert in: Richter F, Schmidt W, Wolf P (2012): Emissionen des Schienenverkehrs in Sachsen. Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Ermittlung der Emissionen aus dem Rangierbetrieb und dem Schienenpersonenfern- und –güterverkehr. Schriftenreihe des LfULG, Heft 2/2012. Hg.: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG).

Mackie P.J., Jara-Díaz S., Fowkes A.S. (2001)
The value of travel time savings in evaluation. In: Transportation Research Part E Nr. 37, S. 91-106.

Melo et al. (2013)
The productivity of transport infrastructure investment: A meta-analysis of empirical evidence, Regional Science and Urban Economics, Vol. 43, Issue 5.

Ministère des Finances Luxembourg (2017)
Publications-divers: Pourquoi l'Etat vient de lancer un emprunt obligataire. www.mf.public.lu/publications/divers/emprunt_2mrd_qa_260117.pdf (13.2.2018).

Mott MacDonald (2002)
Review of Large Public Procurement in the UK.

NEEDS (2007)
Report on the economic evaluation of externalities due to extraction and transport of oil. Deliverable Task 1.8 – RS 1c WP 1. NEEDS New Energy Externalities Developments for Sustainability. Online: http://www.needs-project.org/RS1c/RS1c_T1.8.pdf (22.11.2017).

NEEDS (2008)
Report on the procedure and data to generate averaged/aggregated data. RS (Research Stream) 3a, Deliverable D1.1. Excel-Tool mit Kostensätzen zu Luftschadstoffemissionen (u.a. Biodiversitätsverlusten) je Land.
Online: http://www.needs-project.org/docs/RS3a%20D1.1.zip (4.3.2018).

Nellthorp John, Mackie Peter, Bristow Abigail (1998)
Measurement and Valuation of the Impacts of Transport Initiatives. Deliverable D9 EUNET Socio-Economic and Spatial Impacts of Transport. Project funded by the European Commission under the Trasnport RTD Programme of the 4th Framework Programme. Leeds.

Nellthorp John, Sansom Tom, Bickel Peter, Doll Claus, Lindberg Gunnar (2001)
Valuation Convention for UNITE. UNITE (UNIfication of accounts and marginal costs for Transport Efficiency) Working Funded by 5th Framework RTD Programme. ITS, University of Leeds, Leeds, April 2001.

Oberservatoire de l'Habitat (2018)
Indicateurs des prix proposés à la location issus des annonces immobilières au 3ème trimestre 2017 en euros courants. Online :
http://observatoire.liser.lu/indicprix.cfm?transaction=2&?pageKw=prixloc (7.5.2018).

OECD (2012)
Mortality Risk Valuation in Environment, Health and Transport Policies. Online:
http://www.oecd.org/environment/mortalityriskvaluationinenvironmenthealthandtransportpolicies.htm (9.12.2017).

OECD (2017)
Gesamtbeurteilung der Wirtschaftslage. OECD-Wirtschaftsausblick, Ausgabe 2017/2.
Online: https://www.oecd.org/berlin/publikationen/OECD-Wirtschaftsausblick-2017-2_Gesamtbeurteilung-der-Wirtschaftstlage.pdf (14.2.2018).

omniphon (2012)
Mobilitätsverhalten 2012 - Stadt Karlsruhe. Im Auftrag der Stadt Karlsruhe und des Nachbarschaftsverbandes Karlsruhe.

Planergemeinschaft WEN (Ernst Basler und Partner, Transitec unter Beizug von Ecoplan und F. Preisig AG) (2013)
Weiterentwicklung des Nationalstrassennetzes, Programm Engpassbeseitigung. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Strassen (ASTRA). Bern.

Prognos, IWW (2002)
Wegekostenrechnung für das Bundesfernstrassennetz unter Berücksichtigung der Vorbereitung einer streckenbezogenen Autobahnnutzungsgebühr. Berlin.

Progtrans, IWW (2007)
Aktualisierung der Wegekostenrechnung für die Bundesfernstrassen in Deutschland. Gutachten im Auftrage des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin.

PTV (2006)
Integriertes Verkehrsmodell Stadt und Großherzogtum Luxemburg. Technischer Bericht.

PTV Group, TCI Röhling, Mann Hans-Ulrich (2016)
Methodenhandbuch zum Bundesverkehrswegeplan 2030. FE-Projekt-Nr.: 97.358/2015 für das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Karlsruhe, Berlin, Waldkirch, München. Online: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/BVWP/bvwp-2030-methodenhandbuch.pdf?__blob=publicationFile (25.11.2017).

Quinet E. (2013)
L'Evaluation Socioéeconomicque des Investissements Publics, Commissariat Géeneral a la Stratéegie et a la Prospective, Paris.

R+R Burger und Partner AG (2018)
Aktualisierung der SN 641 826, Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassen. Forschungsauftrag VSS 2015/112 auf Antrag des schweizersichen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS).

Reiff R. (2014)
Regards n°23/2014 sur la durée de travail. STATEC Novembre 2014. http://www.statistiques.public.lu/fr/publications/series/regards/2014/23-14-duree-travail/index.html (13.2.2018).

Richter F, Schmidt W, Wolf P (2012)
Emissionen des Schienenverkehrs in Sachsen. Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Ermittlung der Emissionen aus dem Rangierbetrieb und dem Schienenpersonenfern- und –güterverkehr. Schriftenreihe des LfULG, Heft 2/2012. Hg.: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG).

Rothengatter Werner (2017)
Wider ecomomic impacts of transport infrastructure investments: Relevant or negligible? In: Transport Policy 59 (2017), S. 124-133.

Schienencontrol GmbH (2017)
Jahresbericht 2016, Wien.

Schwingshackl, Rexeis (2017)
Aktualisierung der Zeitreihen zum Kraftstoffexport und der Emissionen von klimarelevanten Gasen und Luftschadstoffen des Verkehrssektors in Luxemburg von 1990 – 2016 (minimales Update). Erstellt im Auftrag von: Le Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg, Ministère du Développement durable et Infrastructures, Administration de l'environnement.

Schwingshackl, Rexeis (2017):
BAU2017-Update: Aktualisierung des BAU Szenarios 2017 und des Szenarios 4 mit dem Update2017 (AP2b) Erstellt im Auftrag von: Le Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg, Minisère du Développement durable et Infrastructures, Administration de l'environnement.

Scottish Executive (2003)
Scottish Transport Appraisal Guidance. Version 1.0. September 2003.

Shapiro Alan C. (1990)
Modern Corporate Finance. Macmillan, New York und London.

SN 641 820 (2006)
Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. Grundnorm. Schweizer Norm des VSS (Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute). Zürich.

SN 641 821 (2006)
Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. Diskontsatz. Schweizer Norm des VSS (Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute). Zürich.

SN 641 822a (2009)
Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr: Zeitkosten im Personenverkehr. Schweizer Norm des VSS (Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute). Zürich.

SN 641 823 (2007)
Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr: Zeitkosten im Güterverkehr. Schweizer Norm des VSS (Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute). Zürich.

SN 641 824 (2010)
Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. Unfallraten und Unfallkostensätze. Schweizer Norm des VSS (Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute). Zürich.

SN 641 825 (2017)
Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. Bewertung der Zuverlässigkeit von Nationalstrassen und Bemessungsempfehlung für Nationalstrassen. Schweizer Norm des VSS (Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute). Zürich.

SN 641 826 (2008)
Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr: Betriebs- und Unterhaltskosten von Strassen. Schweizer Norm des VSS (Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute). Zürich.

SN 641 827 (2009)
Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr: Betriebskosten von Strassenfahrzeugen. Schweizer Norm des VSS (Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute). Zürich.

SN 641 828 (2009)
Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. Externe Kosten. Schweizer Norm des VSS (Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute). Zürich.

Somnard Audrey (2018)
Une moyenne de 33 heures dans les bouchons à Luxembourg. Paperjam. Online: http://paperjam.lu/news/une-moyenne-de-33-heures-dans-les-bouchons-a-luxembourg (18.5.2018).

STATEC Luxembourg (2017)
Le Luxembourg en chiffres 2017. Online : http://www.statistiques.public.lu/fr/publications/series/luxembourg-en-chiffres/2017/luxembourg-en-chiffres/index.html (14.2.2018).

STATEC Luxembourg (2017)
BULLETIN DU STATEC 3-17: Projections macroéconomiques et démographiques de long terme: 2017-2060.

Sundqvist Thomas, Söderholm Patrik (2002)
Valuing the Environmental Impacts of Electricity Generation. In: Journal of Energy Literarture, Nr. VIII (2), S. 1-25.

TNS (2015)
Enquête Mobilité douce 2014. Résidents et travailleurs frontaliers. Präsentation des MDDI am 25.01.2015, http://www.statistiques.public.lu/fr/actualites/entreprises/transports/2015/01/20150128/20150128.pdf (13.02.2018).

TNS (2018)
Enquête mobilité douce 2017. Ministère du Développement durable et des infrastructures.

TNS und IVT ETH (2015)
Ermittlung von Bewertungsansätzen für Reisezeiten und Zuverlässigkeit auf der Basis eines Modells für modale Verlagerungen im nicht-gewerblichen und gewerblichen Personenverkehr für die Bundesverkehrswegeplanung. Online: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/BVWP/bvwp-2015-zeitkosten-pv.pdf?__blob=publicationFile (29.8.2017).

Tomschy R., Herry M., Sammer G., Klementschitz R., Riegler S., Follmer R., Gruschwitz D., Josef F., Gensasz S, Kirnbauer R., Spiegel T. (2016)
Österreich unterwegs 2013/2014. Ergebnisbericht zur österreichweiten Mobilitätserhebung „Österreich unterwegs 2013/2014“, im Auftrag von: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft, Österreichische Bundesbahnen Infrastruktur AG, Amt der Burgenländischen Landesregierung, Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Amt der Steiermärkischen Landesregierung und Amt der Tiroler Landesregierung. Herausgeber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.

Treasury (2003)
Supplementary Green Book Guidance – Optimism Bias.

UBA Umweltbundesamt DE(2013)
Ökonomische Bewertung von Umweltschäden – Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten; Umweltbundesamt Deutschland in Zusammenarbeit mit dem Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) Universität Stuttgart, Dessau.

Umweltbundesamt (2005)
Ökonomische Bewertung von Umweltschäden. Methodenkonvention zur Schätzung von externen Umweltkosten. Stand Juli 2005. Dessau.

Umweltbundesamt AT (2016)
Emissionskennzahlen bezogen auf Besetzungs-/Auslastungsgrad (g/Pkm bzw. g/Tkm). April 2016. Version April 2016, Wien. Online: http://www.umweltbundesamt.at

Umweltbundesamt DE (2014)
Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung. Anhang B der „Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten“. August 2012, aktualisierte Fassung Februar 2014, Dessau.

Venables (2015)
Incorporating wider economic impacts within cost-benefit appraisal, Draft Discussion Paper, International Energy Agency, Paris.

Weiß C., Chlond B., von Behren S., Hilgert T., Vortisch P. (2016)
Deutsches Mobilitätspanel (MOP) – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen Bericht 2015/2016: Alltagsmobilität und Fahrleistung. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Verkehrswesen. Im Auftrag von: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.

WHO World Health Organisation (2017)
Health Economic Assessment Tool (HEAT) for walking and cycling. Online: http://www.heatwalkingcycling.org/#homepage (9.12.2017).

Woodcock J., Edwards P., Tonne C., Armstrong B. G., Ashiru O., Banister D., Franco O. H. (2009)
Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: urban land transport. *The Lancet*, *374*(9705), 1930-1943.

ZKB Zürcher Kantonalbank (2012)
Wie Lage und Umweltqualität die Eigenheimpreise bestimmen. Hedonisches Modell für Stockwerkeigentum. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt. Zürich.