

# **Ermittlung der Kosten und Nutzen von Verkehr in Sachsen**

**- Hauptstudie -**

**- Abschlußbericht -**

**Im Auftrag des Freistaates Sachsen  
vertreten durch das  
Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG)**

**TU Dresden, Verkehrsökologie**

**Udo Becker  
Regine Gerike  
Andreas Rau  
Frank Zimmermann**

**Dresden, 6/2002**

# **Inhaltsübersicht**

<b>1</b>	<b>Vorbemerkung .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Berechnung der externen Effekte.....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>Vorstellung, Diskussion und Visualisierung der Ergebnisse.....</b>	<b>81</b>
<b>4</b>	<b>Maßnahmenempfehlungen zur Verringerung externer Kosten .....</b>	<b>105</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung, Ausblick .....</b>	<b>195</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>201</b>



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Vorbemerkung .....</b>	<b>7</b>
1.1	Hintergrund, Einordnung und Aufbau des Berichts.....	7
1.2	Allgemeine Abgrenzungen .....	8
1.3	Überblick über die berücksichtigten Externalitäten.....	9
1.4	Zur Einordnung: Was sind interne und externe Kosten und Nutzen?.....	10
1.5	Einordnung des Vorhabens in den internationalen Kontext: Überblick über relevante Forschungen auf EU-Ebene .....	11
<b>2</b>	<b>Berechnung der externen Effekte.....</b>	<b>14</b>
2.1	Allgemeines / Eingangsdaten.....	14
2.1.1	Bevölkerungsdaten .....	14
2.1.2	Emissionskataster .....	15
2.1.3	Immissionskataster .....	17
2.1.4	Lärmkataster.....	18
2.1.5	Verkehrsmengen.....	20
2.2	Unfallkosten.....	22
2.2.1	Methodik.....	22
2.2.2	Eingangsdaten.....	27
2.2.3	Ergebnisse.....	32
2.3	Luftverschmutzung .....	35
2.3.1	Methodik.....	35
2.3.1.1	Schadenskosten der gesundheitlichen Wirkungen.....	36
2.3.1.2	Schadenskosten Gebäude.....	37
2.3.1.3	Schadenskosten Vegetation .....	41
2.3.2	Eingangsdaten.....	43
2.3.2.1	Schadstoffemissionen und -immissionen.....	43
2.3.2.2	Gebäudeflächen .....	45
2.3.2.3	Weitere Eingangsdaten .....	47
2.3.3	Ergebnisse.....	48
2.4	Lärmkosten .....	48
2.4.1	Methodik.....	48
2.4.2	Eingangsdaten.....	52
2.4.3	Ergebnisse.....	55
2.5	Klimakosten .....	55
2.5.1	Methodik.....	55
2.5.2	Eingangsdaten.....	57
2.5.3	Ergebnisse.....	57



2.6	Externe Kosten vor- und nachgelagerter Prozesse.....	58
2.6.1	Methodik.....	58
2.6.2	Eingangsdaten.....	59
2.6.3	Ergebnisse.....	60
2.7	Natur und Landschaft.....	60
2.7.1	Methodik.....	60
2.7.2	Eingangsdaten.....	62
2.7.3	Ergebnisse.....	64
2.8	Trennwirkungen.....	64
2.8.1	Methodik.....	64
2.8.2	Eingangsdaten.....	66
2.8.3	Ergebnisse.....	67
2.9	Flächeninanspruchnahme.....	68
2.9.1	Methodik.....	68
2.9.2	Eingangsdaten.....	69
2.9.3	Ergebnisse.....	69
2.10	Staukosten.....	70
2.10.1	Methodik.....	70
2.10.2	Eingangsdaten.....	74
2.10.3	Ergebnisse.....	74
2.11	Wegekosten.....	75
2.11.1	Methodik.....	75
2.11.2	Eingangsdaten.....	77
2.11.3	Ergebnisse.....	77
<b>3</b>	<b>Vorstellung, Diskussion und Visualisierung der Ergebnisse.....</b>	<b>81</b>
3.1	Zusammenführung der Ergebnisse zu den gesamten externen Kosten des Verkehrs.....	82
3.2	Vergleich der Ergebnisse mit [Infras/IWW 2000].....	87
3.3	Sensitivitäten.....	89
3.3.1	Unfallkosten.....	90
3.3.2	Lärmkosten.....	90
3.3.3	Luftverschmutzung.....	91
3.3.4	Klimakosten.....	91
3.3.5	Natur und Landschaft.....	91
3.3.6	Trennwirkungen.....	92
3.3.7	Flächeninanspruchnahme.....	92
3.3.8	Staukosten.....	92
3.3.9	Wegekosten.....	93



3.3.10	Zusammenfassung der ermittelten Sensitivitäten .....	95
3.4	Inländerbetrachtung .....	95
3.5	Visualisierung .....	98
3.5.1	Allgemeine Beschreibung der Visualisierung .....	98
3.5.2	Wichtiger Hinweis .....	101
3.5.3	Ausgangsdaten .....	102
3.5.4	Ergebnisse .....	104
<b>4</b>	<b>Maßnahmenempfehlungen zur Verringerung externer Kosten .....</b>	<b>105</b>
4.1	Allgemeines .....	105
4.1.1	Aufbau des Kapitels .....	105
4.1.2	Unterteilung der Maßnahmen .....	106
4.1.3	Tinbergen - Regel .....	107
4.1.4	Auswahlkriterien für die Instrumente .....	107
4.1.5	Verwendung der eingenommenen Mittel .....	111
4.2	Unfallkosten .....	113
4.2.1	Vorgehensweise .....	113
4.2.2	Maßnahmen zur Senkung der externen Kosten .....	114
4.2.3	Maßnahmen zur Internalisierung der externen Kosten .....	118
4.2.4	Zusammenstellung der Maßnahmen .....	119
4.3	Kosten der Luftverschmutzung .....	122
4.3.1	Vorgehensweise .....	122
4.3.2	Maßnahmen zur Senkung der externen Kosten .....	123
4.3.3	Maßnahmen zur Internalisierung der externen Kosten .....	129
4.3.4	Zusammenstellung der Maßnahmen .....	132
4.4	Lärmkosten .....	135
4.4.1	Vorgehensweise .....	135
4.4.2	Maßnahmen zur Senkung der externen Kosten .....	136
4.4.3	Maßnahmen zur Internalisierung der externen Kosten .....	143
4.4.4	Zusammenstellung der Maßnahmen .....	146
4.5	Stau- und Wegekosten .....	149
4.5.1	Vorgehensweise .....	149
4.5.2	Maßnahmen zur Senkung der ungedeckten Kosten .....	150
4.5.3	Maßnahmen zur Internalisierung der ungedeckten Kosten .....	151
4.5.4	Zusammenstellung der Maßnahmen zur Reduzierung der ungedeckten Infrastrukturkosten .....	155
4.5.5	Zusammenstellung der Maßnahmen zur Reduzierung der Staukosten .....	157
4.6	Klimakosten .....	158



4.6.1	Vorgehensweise.....	158
4.6.2	Maßnahmen zur Senkung der externen Kosten.....	159
4.6.3	Maßnahmen zur Internalisierung der externen Kosten.....	163
4.6.4	Zusammenstellung der Maßnahmen.....	163
4.7	Sonstige externe Kosten.....	167
4.7.1	Auswirkungen des Verkehrs auf Natur und Landschaft, urbane Effekte .....	167
4.7.2	Externe Kosten von vor- und nachgelagerten Prozessen.....	168
4.8	Entwicklung von Maßnahmenpaketen.....	169
4.9	Zusammenfassende Empfehlungen für Internalisierungs- und Kostensenkungsmaßnahmen .....	182
4.9.1	Einordnung und Hintergrund.....	182
4.9.2	Eignung von Maßnahmen unterteilt nach Verwaltungsebenen.....	183
4.9.2.1	Unfallkosten.....	184
4.9.2.2	Schadstoffkosten.....	186
4.9.2.3	Lärmkosten .....	188
4.9.2.4	Stau- und Wegekosten .....	190
4.9.2.5	Klimakosten.....	192
4.9.2.6	Zusammenfassung der umsetzbaren Handlungsmöglichkeiten auf kommunaler und Landesebene .....	193
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung, Ausblick .....</b>	<b>195</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>201</b>



# 1 Vorbemerkung

## 1.1 Hintergrund, Einordnung und Aufbau des Berichts

(1) Der vorliegende Bericht ist der **Abschlußbericht** der Studie „Kosten und Nutzen von Verkehr in Sachsen“. **Gegenstand** dieser Studie ist es,

- Methoden zur Ermittlung der Kosten und Nutzen von Verkehr in Sachsen zu erarbeiten, wobei der Schwerpunkt auf den externen Effekten liegt<sup>1</sup>,
- zu recherchieren, welche Daten dazu vorhanden sind bzw. zur Verfügung stehen,
- darauf aufbauend die Kosten und Nutzen von Verkehr zu bestimmen, sowie
- aus den so ermittelten Ergebnissen in einem weiteren Schritt Handlungsempfehlungen zur Senkung der Kosten abzuleiten.

(2) Die **Ergebnisse** der Studie können in verschiedenen Bereichen Anwendung finden. Zum einen dienen sie als Hilfe bei der **Argumentation** zu Fragen, welche den Bereich von Verkehr und Umwelt betreffen, zum anderen dienen sie als Grundlage für Maßnahmen zur Verringerung der Umweltfolgen von Verkehr. Ein Ziel dabei ist die verursachergerechte Anlastung externer Kosten, denn diese führen zu den Ineffizienzen. Die Diskussion und Quantifizierung dieser externen Kosten sind Thema der vorliegenden Untersuchung.

(3) Die bisherigen Arbeiten sind in **drei Zwischenberichten** dokumentiert: Inhalt des ersten Zwischenberichts [TUD 2001a] war eine Abschätzung der internen Kostenkomponenten. Im zweiten Zwischenbericht wurde die Methodik zur Berechnung der externen Effekte sowie die für die Rechnungen notwendige Datengrundlage vorgestellt [TUD 2001b]. Gegenstand des dritten Zwischenberichts war die Diskussion von Maßnahmen zur Internalisierung externer Kosten [TUD 2002a]. Im vorliegenden Abschlußbericht werden die Ergebnisse der Arbeiten beschrieben, wobei wesentliche Aspekte aus den ersten drei Zwischenberichten übernommen werden, um den Bericht lesbar und verständlich zu gestalten.

(4) Die Arbeiten werden begleitet von einem **Forschungsbeirat**, der v.a. die Zwischenberichte bewertet. Bei einem Treffen im April 2002 wurde der Stand der Arbeiten diskutiert und Hinweise gegeben. Die hierbei gegebenen Empfehlungen und Anregungen wurden in den vorliegenden Abschlußbericht eingearbeitet.

(5) Daneben werden im Rahmen des Projekts zwei **Workshops** durchgeführt. Der erste Workshop fand im Herbst 2001 im LfUG statt. Die Ergebnisse der Vorstudie sowie die

---

<sup>1</sup> Maßnahmen zugängliche Ineffizienzen in Systemen entstehen allein aus externen Effekten. Preisliche Maßnahmen zur Minderung der Umweltwirkungen von Verkehr haben deshalb an externen Effekten anzusetzen. Die internen Kosten und Nutzen sind dafür nicht relevant. Zur ausführlichen Diskussion dieser Frage siehe [TUD 2001a]. Zur Frage interner und externer Kosten siehe auch Kapitel 1.4.



Methodik der Hauptstudie wurden präsentiert und weitere Arbeitsschritte besprochen. Der zweite Workshop ist im September 2002 vorgesehen und wird der Präsentation der Ergebnisse dienen.

(6) Die Untersuchung baut auf den Ergebnissen einer **Vorstudie** auf, die im Auftrag des Landesamtes für Umwelt und Geologie von der TU Dresden durchgeführt wurde [TUD 2000b]. Der Abschlussbericht dieser Vorstudie dient als Einführung in die verschiedenen Aspekte der hier zu behandelnden Problematik.

(7) Der vorliegende Bericht ist folgendermaßen gegliedert:

- **Vorbemerkung:** In diesem Kapitel werden allgemeine Bemerkungen zur Einordnung der Thematik im Allgemeinen und der vorliegenden Studie im Besonderen gemacht, die für die Arbeit verwendeten Abgrenzungen geklärt und kurz die Frage der internen und externen Komponenten der Kosten und Nutzen von Verkehr diskutiert.
- Berechnung der **externen Effekte:** Dieses Kapitel gibt einen Überblick über Methodik, Datengrundlage und Ergebnisse der Berechnung einzelner Kostenkomponenten: Für jede Kostenart werden Berechnungsmethodik, Eingangsdaten sowie die Ergebnisse vorgestellt.
- Daran anschließend werden die **Ergebnisse** der einzelnen Kostenkomponenten zusammengeführt, diskutiert, durch einen Vergleich mit [Infras/IWW 2000] plausibilisiert sowie eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Ergänzt wird eine Inländerbetrachtung sowie die Vorstellung der Methodik zur Visualisierung der Ausgangsdaten und Ergebnisse im Geoinformationssystem (GIS).
- **Internalisierung:** In Kapitel 4 werden Maßnahmen zur Verringerung der externen Effekte vorgestellt und zu Maßnahmenbündeln zusammengefasst.

(8) Im letzten Kapitel der **Zusammenfassung** werden die wichtigsten Ergebnisse in einer Übersicht zusammengestellt und offenen Fragen diskutiert.

## 1.2 Allgemeine Abgrenzungen

(1) Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die Ermittlung der externen Effekte für den **Straßen-, Schienen- und Luftverkehr** sowie die **Binnenschifffahrt**. Untersuchungsjahr ist das Jahr **1999**, wobei angestrebt wird, auch Daten anderer Jahre zu integrieren, soweit diese vorliegen. So wurden z.B. die Unfallzahlen pro Gemeinde auch schon für das Jahr 2000 durch das Statistische Landesamt zur Verfügung gestellt. Durch die Einbindung dieser Daten wird eine möglichst aktuelle Abschätzung der externen Effekte angestrebt. Für die Zusammenfassung der Ergebnisse der verschiedenen Kostenkomponenten wird aber das Jahr 1999 verwendet, um die zeitliche Vergleichbarkeit zu gewährleisten<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Die zusätzliche Rechnung für das Jahr 2000 für alle Komponenten erwies sich als nicht möglich, da einige Daten nicht bzw. erst zum Ende der Projektlaufzeit zur Verfügung standen. Da zählen z.B. die Verkehrsmengen und Emissionen des Emissionskatasters Verkehr für das Jahr 2000, welche in die Berechnung fast aller Kostenkomponenten einfließen.



(2) **Untersuchungsgebiet** ist der Freistaat Sachsen. Die externen Effekte werden grundsätzlich nach dem **Inlandsprinzip**<sup>3</sup> berechnet, wobei in Kapitel 3.4 sachsenweit eine Inländerbetrachtung ergänzt wird. Diese ist vor allem für den Luftverkehr interessant, da hier die Abweichungen zwischen der nach dem Inlandsprinzip und der nach dem Inländerprinzip ermittelten Verkehrsleistung besonders groß sind.

(3) Die externen Kosten werden durchgängig **gemeindefein** ausgewiesen. Mit Ausnahme der Lärmbelastung, welche uns nur als kreisfeine Durchschnittswerte zur Verfügung stand, entspricht diese gemeindefeine Ausweisung der externen Kosten auch dem Disaggregationsgrad der Ausgangsdaten. Allerdings weisen wir darauf hin, dass mit Ausnahme der Unfallzahlen praktisch alle Ausgangsdaten mit Hilfe verschiedener Annahmen berechnet wurden, so dass es uns generell günstiger scheint, konkrete Zahlen maximal auf Kreisebene herauszugeben.

(4) Sowohl die Ausgangsdaten als auch die Ergebnisse werden im **Geoinformationssystem** (GIS) vorgehalten.

### 1.3 Überblick über die berücksichtigten Externalitäten

(1) Untersucht und beschrieben werden in der vorliegenden Studie folgende Komponenten:

- **Unfallkosten:** Reproduktionskosten, Ressourcenausfallkosten sowie immaterielle Kosten<sup>4</sup>.
- **Kosten der Luftverschmutzung:** Wirkungen auf die menschliche Gesundheit, Gebäudeschäden sowie Schäden an der Vegetation.
- **Lärmkosten:** Vor allem gesundheitliche Folgen erhöhter Lärmexposition.
- **Klimakosten:** CO<sub>2</sub>-Schadenskosten.
- **Externe Kosten für Natur und Landschaft:** Schadenskosten sowie die Zahlungsbereitschaft zur Verbesserung des Zustandes von Natur und Landschaft.
- **Kosten der Trennwirkung:** Zeitverluste querender Fußgänger.
- **Kosten der Flächeninanspruchnahme:** Kosten des Baus von Fahrradwegen.
- **Externe Kosten vor- und nachgelagerter Prozesse:** Zusätzliche Luftverschmutzung, Klimakosten und Nuklearrisiken.
- **Staukosten: Zeitverluste**
- **Wegekosten: Kosten für Bau und Unterhalt der Infrastruktur.**

(2) Für einige der genannten Kostenkomponenten wie die Unfallkosten, die Kosten der Luftverschmutzung sowie die Lärmkosten ist die Monetarisierung der Umweltwirkungen gut

<sup>3</sup> Zur Erläuterung der Begriffe Inlands- bzw. Inländerprinzip siehe [TUD 2000b].

<sup>4</sup> Zum Begriff der immateriellen Kosten siehe Kapitel 2.2.1.



möglich. Andere Punkte wie die Wirkungen auf Natur und Landschaft sowie alle mit der Flächeninanspruchnahme verbundenen Kosten unterliegen komplexen **Wirkungsmechanismen** und sind daher schwerer zu quantifizieren und zu monetarisieren.

(3) Die für die vorliegende Studie gewählte Dreiteilung dieser Effekte in Wirkungen auf Natur und Landschaft, Trennwirkung und Flächenverbrauch ist an [Infras/IWW 2000] angelehnt. Im Forschungsbeirat des Projekts wurde intensiv auch die Unterteilung in die Kategorien Bodenversiegelung, Trennwirkung, Boden- und Grundwasserverschmutzung, Landschafts- und Ortsbildveränderungen vorgeschlagen<sup>5</sup>. Auf diesem Gebiet besteht erheblicher Forschungsbedarf, die mit den gegenwärtig verfügbaren Methoden berechneten externen Effekte stellen in jedem Fall eine **Untergrenze** der zu erwartenden tatsächlichen Kosten dar, da sie nur Ausschnitte aus dem komplexen Wirkungsgefüge abbilden.

#### **1.4 Zur Einordnung: Was sind interne und externe Kosten und Nutzen?**

(1) Gegenstand des vorliegenden Projektes ist zunächst die **Ermittlung der Kosten und Nutzen** von Verkehr. Natürlich verursacht Verkehr Kosten, und natürlich erbringt er Nutzen. Für die Frage, wieviel Verkehr zu welchen Bedingungen wie gestaltet werden soll, sind beide Bereiche einzubeziehen. Kosten und Nutzen sind dabei immer strikt in interne und externe Komponenten aufzuteilen: Interne Effekte trägt der Verursacher selbst, externe Effekte werden von anderen getragen bzw. auf andere abgewälzt.

(2) Die Kenntnis der Kosten und Nutzen von Verkehr ist insbesondere eine Voraussetzung zur Formulierung von **Maßnahmen**, welche die Effizienz des Verkehrssystems erhöhen: Dies ist neben der Quantifizierung der Kosten und Nutzen von Verkehr in Sachsen die zweite Aufgabe des vorliegenden Projekts. Zur Erhöhung der Effizienz hat die Verkehrspolitik im Wesentlichen zwei Steuerungsmöglichkeiten: Über das **Infrastrukturangebot**<sup>6</sup> und die Setzung der Rahmenbedingungen zur **Nutzung** der Infrastruktur<sup>7</sup>.

(3) Für die **erste Frage**, die Gestaltung des Infrastrukturangebots, sind in der politischen Praxis viele Einflussgrößen von Belang: Arbeitsplatzargumente wechseln mit Infrastrukturargumenten; private Nutzenerhöhungen werden ebenso einbezogen wie soziale Aspekte, früher spielten z. B. militärische Einflüsse die entscheidende Rolle. Welche Größen hier der politischen Entscheidung zugrunde gelegt werden, muss zunächst offen bleiben. Interne Kostensenkungen / Nutzenerhöhungen können, externe Effekte sollten dabei in jedem Fall einbezogen werden.

(4) Für die **zweite Frage**, die Gestaltung der Nutzung der Infrastruktur, sind ausschließlich die technologischen externen Effekte relevant<sup>8</sup>, denn diese beziehen die Nutzer

<sup>5</sup> Siehe Bewertung des 2. Zwischenberichts durch Herrn Dr. Alt, Zusendung per Mail vom 8.2.2002

<sup>6</sup> Soll der Staat viel oder wenig Infrastruktur anbieten? Wer soll dafür wieviel zahlen? Etc.

<sup>7</sup> Wer darf die Infrastruktur nutzen? Wie teuer soll die Nutzung sein? Etc.

<sup>8</sup> Technologische externe Effekte werden nicht von den Verursachern getragen und beeinflussen direkt die Nutzen- oder Produktionsfunktionen unbeteiligter Dritter, siehe dazu auch [TUD 2000b].



nicht in ihre Überlegungen ein, sie führen zu Ineffizienzen. Während bei der ersten Frage interne Effekte einbezogen werden **können**, wäre dies im zweiten Fall nicht sinnvoll: Hier geht es ja exakt darum, die „sonstigen gesellschaftlichen“ (externen) Effekte den („intern“) Entscheidenden sichtbar zu machen. Für die Gestaltung der Nutzung der Infrastruktur ist die Kenntnis der **internen Effekte nicht relevant**, da bei diesen kein staatliches Eingreifen erforderlich ist:

Interne Komponenten werden von den Verursachern, in unserem Fall den Verkehrsteilnehmern, in ihr Nutzenkalkül einbezogen<sup>9</sup>.

Relevant für staatliche Entscheidungen sind aber die **externen Effekte**, denn hier liegen Ineffizienzen vor, durch deren Beseitigung sich die Wohlfahrt mit Sicherheit erhöhen lässt.

Externe Effekte wie z. B. Lärmkosten werden von den Verursachern nicht bezahlt und daher auch nicht in ihren Überlegungen berücksichtigt. Die Folge ist eine zu große Nachfrage nach Verkehr, da dieser zu billig ist. Hat man das Ziel, Ineffizienzen im Verkehr zu mindern, so muss man deswegen ausschließlich an den externen Effekten angreifen.

(5) Aus diesen Gründen liegt der Schwerpunkt der vorliegenden Studie auf den externen Effekten. Die internen Komponenten wurden in [TUD 2001a] abgeschätzt, da sie aber für verkehrspolitische Entscheidungen kaum relevant sind, werden im folgenden ausschließlich externe Effekte von Verkehr betrachtet<sup>10</sup>.

### **1.5 Einordnung des Vorhabens in den internationalen Kontext: Überblick über relevante Forschungen auf EU-Ebene**

(1) Grundlagenforschung zum Thema der externen Effekte des Verkehrs bzw. Internalisierungsstrategien wird hauptsächlich im Rahmen der EU-Forschungsrahmenprogramme durchgeführt. Zur Zeit läuft das fünfte Rahmenprogramm, das sechste ist in der Vorbereitung. Die Forschung konzentriert sich auf die Bestimmung von Methoden zur Ermittlung der externen Kosten des Verkehrs sowie auf die Entwicklung von Internalisierungsstrategien zu deren Reduzierung. Nachfolgend sind die wichtigsten Projekte kurz erläutert, welche bisher zu dieser Thematik im Rahmen der Forschungsprogramme erstellt wurden. Weitergehende Informationen sind im Internet unter der folgenden Adresse zu finden:

[http://www.europa.eu.int/comm/transport/extra/thematic\\_papers.html](http://www.europa.eu.int/comm/transport/extra/thematic_papers.html)

<sup>9</sup> Vergleichbare interne Kosten und Nutzen fallen in allen Bereichen unserer Gesellschaft an, sie sind aber für staatliche Investitionen nicht relevant. Niemand würde z. B. auf die Idee kommen, nach dem gesamten Nutzen aller Bäcker in Sachsen zu fragen, da die Kenntnis dieser Größe de facto nichts aussagt: In Systemen ist alles mit allem vernetzt. Über das Wechselspiel von Angebot und Nachfrage auf den verschiedenen Märkten stellen sich ohne Beteiligung des Staates gesellschaftlich erwünschte Gleichgewichte ein, wenn keine Externalitäten oder sonstige Marktunvollkommenheiten vorliegen.

<sup>10</sup> Berücksichtigt werden dabei ausschließlich externe Kosten, da es keine externen Nutzen relevanter Größenordnung gibt; für die Diskussion externer Nutzen siehe [TUD 2000b] und [TUD 2001b].



### **AFFORD: Acceptability of Fiscal and Financial Measures and Organisational Requirements for Demand Management**

Das Ziel des Projektes AFFORD war es, praktische Maßnahmen zu entwickeln, mit denen Straßenbenutzungsgebühren auf der Grundlage von Grenzkostensätzen in Städten eingeführt werden können. Es sollten die Probleme bei der Einführung abgeschätzt und Hinweise für die Politik entwickelt werden, wie solche Maßnahmen umgesetzt werden können. Der Bericht enthält interessante Punkte zu rechtlichen Problemen und zur Akzeptanz von Internalisierungsmaßnahmen.

### **CAPRI: Concerted Action for Transport Pricing Research Integration**

In dem Projekt CAPRI wurde versucht, alle Projekte, die sich mit dem Thema der Anlastung der wahren Kosten des Verkehrs auf die Verkehrsteilnehmer beschäftigen, zusammenzuführen. Hierfür wurden folgende Schwerpunkte untersucht:

- Austausch von Forschungsergebnissen zwischen den Mitgliedsstaaten und den Interessenverbänden,
- Zusammenstellung der verschiedenen Forschungsergebnisse,
- Hilfestellungen für die Entwicklung einer gemeinsamen Strategie bei der Einführung von solchen Maßnahmen.

### **EUROTOLL: European Research Project for Toll Effects and Pricing Strategies**

EUROTOLL hatte zum Ziel, speziell für Politiker Informationen bereitzustellen, mit deren Hilfe erkennbar ist, welche Effekte die verschiedenen Arten von Straßenbenutzungsgebühren und -strategien zur Folge haben. Speziell waren dies:

- Die Ausgestaltung von Straßenbenutzungsgebühren sowie deren Wirkung auf den Verkehrsfluss und den Abbau von Verkehrsstaus,
- sich ergebende Veränderungen von Verkehrsnachfrage und Verkehrsverhalten,
- Veränderungen im Nutzerverhalten bei der Zusammenführung von Informationen zur Aufklärung der Verkehrsteilnehmer über externe Effekte und gleichzeitiger Kostenanlastung,
- Fragen zur Reduzierung von externen Kosten und Verkehrsstaus,
- Strategien zur Nutzerakzeptanz und zur sozialen Gerechtigkeit.

### **PETS: PRICING EUROPEAN TRANSPORT SYSTEMS**

Das Projekt stellte die gegenwärtige Kostensituation des Personen- und Güterverkehrs in den EU-Mitgliedsstaaten dar. Hierfür wurden als Beispielfälle fünf Verkehrskorridore in Europa ausgewählt. Es wurde untersucht, ob die verschiedenen Preisstrategien das Ziel der Kostenwahrheit hinsichtlich interner und externer Kosten unterstützen oder diesem entgegenlaufen. Weiterhin wurde untersucht, welche Wirkungen auf den Verkehr sich bei der Einführung der Kostenwahrheit ergeben werden.



### **QUITS: Quality Indicators for Transport Systems**

In dem Projekt wurden geeignete Indikatoren und Methoden für die Bestimmung der Kosten von verschiedenen Verkehrsmitteln auf einzelnen überörtlichen Verkehrswegen gesucht. Zur Bestimmung der Kosten wurde eine Computersoftware entwickelt und mit Hilfe von Fallstudien getestet.

### **START: Development of Strategies Designed to Avoid the Need for Road Travel**

Das Projekt untersuchte die Wirksamkeit von verschiedenen Reduktionsmaßnahmen des Straßenverkehrs und analysierte weitergehende Effekte und Hindernisse bei einer Einführung von diesen. Es wurde bewertet, wie stark welche Verkehrsverringerungsstrategie den Finanzierungsbedarf der Straßenverkehrsinfrastruktur beeinflusst. Weiterhin wurde ein Plan für eine europäische Verkehrsverringerungsstrategie erarbeitet.

### **TRACE: Costs of Private Road Travel and Their Effects on Demand, Including Short and Long Term Elasticities**

In dem Projekt TRACE wurden Elastizitäten entwickelt, mit denen Nachfrageveränderungen des Autoverkehrs und Modal-Split-Veränderungen bei Veränderung der Reisezeit und der Kosten (einschließlich Parkgebühren) des Autoverkehrs überschläglich abgeleitet werden können. Hierbei wurde nach kurz- und längerfristig wirkenden Zusammenhängen differenziert. Alle Elastizitäten wurden zusammenfassend in einem Elastizitäten-Handbuch dargestellt.

### **TRENEN II-STRAN: Models for Transport Environment and Energy**

Im TRENEN II-STRAN-Projekt wurden ökonomische Modelle entwickelt, mit deren Hilfe optimale Preise für den Verkehr in Städten und Ländern berechnet werden können. Hierbei werden explizit sowohl externe Kosten, als auch Steuern und Ressourcenkosten berücksichtigt. In einer Serie von Fallstudien wurden Vergleiche zwischen den gegenwärtigen und optimalen Preisen durchgeführt.



## 2 Berechnung der externen Effekte

(1) Im folgenden Kapitel 2.1 werden zunächst die wichtigsten **Eingangsdaten** beschrieben, welche in die Berechnung mehrerer Kostenkomponenten einfließen. Daran anschließend wird in je einem Abschnitt pro Kostenkomponente die Ermittlung der externen Effekte in der vorliegenden Untersuchung vorgestellt. Dazu wird folgendermaßen vorgegangen:

- Zunächst wird die **Methodik** zur Berechnung der externen Kosten vorgestellt. Dabei wird auf die vorangegangenen Berichte [TUD 2000b] und [TUD 2001b] aufgebaut, in denen diskutiert wurde, welche externen Kosten mit welchen Methoden quantifiziert werden können und daraus Empfehlungen für die vorliegende Untersuchung abgeleitet wurden. Im vorliegenden Bericht wird demzufolge lediglich beschrieben, wie die externen Effekte berechnet werden, nicht aber Vor- und Nachteile verschiedener möglicher Alternativen zur Ermittlung der externen Effekte diskutiert. Dazu sei auf die genannten Berichte verwiesen.
- Daran anschließend werden die **Eingangsdaten** vorgestellt. Für die „allgemeinen“ Eingangsdaten wird hierbei jeweils auf das Kapitel 2.1 verwiesen, spezifische Daten, die nur für die jeweilige Kostenkomponente relevant sind, werden für jede Kostenkomponente getrennt erläutert.
- Abschließend werden die **Ergebnisse** für die jeweilige Kostenkomponente aufgeführt und diskutiert. Hierbei wird nur ein Teil der Ergebnisse zumeist sachsenweit aggregiert präsentiert, um den Umfang des Berichts in Grenzen zu halten. Die detaillierten Resultate werden im GIS verwaltet und präsentiert, das entsprechende Arc-Map-Projekt wird in Kapitel 3.5 des vorliegenden Berichts vorgestellt.

### 2.1 Allgemeines / Eingangsdaten

#### 2.1.1 Bevölkerungsdaten

(1) Daten zur Bevölkerung wurden uns durch das **Statistische Landesamt in Kamenz** zur Verfügung gestellt. Tabelle 1 zeigt die Bevölkerung im Freistaat Sachsen zu verschiedenen Zeitpunkten.



Jahr	1990	1999	2000
Einwohner [Mio.]	4,803	4,456	4,425

Tabelle 1: Zahl der Einwohner im Freistaat Sachsen zu verschiedenen Zeitpunkten, Quelle: Statistisches Landesamt Kamenz

Zur Berechnung verschiedener Kostenkomponenten wurden möglichst feine Daten zur Betroffenheit benötigt. In diesen Fällen wurde mit den im Rahmen des Lärmkatasters Sachsen ermittelten Einwohnerzahlen pro Strukturtyp gearbeitet, welche an das jeweils benötigte Jahr angepasst wurden<sup>11</sup>.

### 2.1.2 Emissionskataster

(1) Das **Emissionskataster** Sachsen für den Bereich Verkehr wurde von der TU Dresden im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG) erstellt und gepflegt. Die verkehrlichen Emissionen werden pro Verkehrsart für ein 1x1-km<sup>2</sup>-Raster berechnet und zu gemeindefeinen Angaben aggregiert. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse für das Jahr 1999 aufgeführt. Für die vorliegende Arbeit sind vor allem die Komponenten PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub> und CO<sub>2</sub> relevant. Die anderen Schadstoffe werden aber im Rahmen der Visualisierung im GIS mitgeführt, um einen möglichst breiten Überblick über die Umweltwirkungen des Verkehrs zu schaffen.

[t]	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC	NMVOC	CH <sub>4</sub>	Benzol	Partikel	SO <sub>2</sub>	Energie
Absolutwerte 1999										
Binnenschiff	46.714	156	754	78	76	2	1	34	60	636
Flugverkehr	37.759	183	112	25	25	1	0	1	12	514
Straße	8.748.748	125.952	40.487	26.758	25.540	1.218	938	1.628	1.256	117.660
Schiene	203.770	550	2.912	237	231	6	5	113	225	2.711
Summe	9.036.992	126.842	44.265	27.099	25.872	1.227	945	1.776	1.553	121.521
Anteile										
Binnenschiff	0,52%	0,12%	1,70%	0,29%	0,29%	0,16%	0,15%	1,91%	3,89%	0,52%
Flugverkehr	0,42%	0,14%	0,25%	0,09%	0,09%	0,05%	0,05%	0,03%	0,77%	0,42%
Straße	96,81%	99,30%	91,47%	98,74%	98,72%	99,33%	99,33%	91,69%	80,86%	96,82%
Schiene	2,25%	0,43%	6,58%	0,88%	0,89%	0,46%	0,48%	6,37%	14,47%	2,23%
Gesamt	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabelle 2: Emissionen und Anteile der Verkehrsträger in Sachsen 1999, Quelle: Emissionskataster Verkehr

(2) Nicht enthalten im Emissionskataster Verkehr sind Angaben zur **Elektrotraktion** im Schienenverkehr. Der Grund dafür ist, dass das Emissionskataster für alle Emittenten konzipiert ist und die Schienenverkehrsemissionen in diesem Bereich bei anderen Emittenten

<sup>11</sup> Zur Beschreibung des Lärmkatasters Sachsen siehe Kapitel 2.1.4.



mit erfasst sind. Ziel des Emissionskatasters ist die Dokumentation der tatsächlichen Emissionsbelastung der sächsischen Gemeinden.

(3) Für das vorliegende Projekt ist dieser Ansatz nicht ausreichend, denn sowohl Diesels als auch Elektrotraktion verursachen externe Effekte. Diese werden in der vorliegenden Studie einheitlich dem Ort zugerechnet, an dem die Verkehre durchgeführt werden<sup>12</sup>. Für die meisten Effekte stimmt dieser **Ort der Entstehung** gut mit dem Ort überein, an dem der Verkehr stattfindet. Anders ist das bei den luftschadstoffbedingten externen Kosten der Elektrotraktion. Hier entstehen die externen Kosten dort, wo der Strom erzeugt wird, der Verkehr kann aber an ganz anderer Stelle stattfinden. Auch diese Kosten werden aber dem Ort zugeordnet, an dem der Verkehr durchgeführt wird.

(4) Zur Begründung dieses Vorgehens argumentieren wir analog zu den externen Kosten vor- und nachgelagerter Prozesse<sup>13</sup>: Die eigentlichen Verursacher dieser Effekte sind nicht die Verkehrsteilnehmer selbst, sondern die Stromproduzenten, hier sollten auch Maßnahmen zur Internalisierung ansetzen. Produziert wird der Strom aber für die Verkehrsteilnehmer. Es handelt sich daher hierbei trotzdem um Externalitäten, welche die Verkehrsteilnehmer indirekt verursachen und weder indirekt noch direkt bezahlen. Um diese Tatsache zu veranschaulichen, ordnen wir auch die mit der Elektrotraktion verbundenen Emissionen dem Schienenverkehr direkt zu. Berechnet wurden die Emissionen für die Elektrotraktion auf der Basis des in Kapitel 2.1.5 beschriebenen Verkehrsaufkommens mit Hilfe von Emissionsfaktoren aus [Infras/IWW 2000].

(5) Angaben zu den Emissionen **nichtverkehrlicher Emittenten** wurden uns durch das LfUG zur Verfügung gestellt und sind in Tabelle 3 aufgelistet<sup>14</sup>.

[t/a]	NO <sub>x</sub> 1999	NO <sub>x</sub> 2000	Staub 1999	Staub 2000	Anteil PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub> 1999	PM <sub>10</sub> 2000
Industrie (ohne Feuerungen)	3.400	4.802	2.675	5.082	60%	1.605	3.049
GFA	18.767	18.225	734	438	95%	697	416
sonst. Feuer.	2.396	2.429	35	34	95%	34	32
Kleinverbraucher	2.119	2.068	109	109	90%	99	98
Hausbrand	3.246	3.053	246	241	90%	221	217
Verkehr TU	44.328	40.493	1.778	1.563	100%	1.778	1.563
Diesel Lawi	858	856	116	116	100%	116	116
Verkehr	45.186	41.349	1.894	1.679		1.894	1.679
Summe	75.114	71.927	5.694	7.583		4.550	5.491
Anteil Verkehr	60,16%	57,49%				41,63%	30,58%

Tabelle 3: NO<sub>x</sub>- und Staubemissionen aller Emittenten im Freistaat Sachsen für die Jahre 1999 und 2000, Quelle: Angaben des LfUG<sup>15</sup>

<sup>12</sup> Zur Diskussion von Verteilungsfragen sieh [TUD 2001b].

<sup>13</sup> Siehe Kapitel 2.6.

<sup>14</sup> Diese Daten fließen in die Berechnung verschiedener Kostenkomponenten zur Ermittlung des Verkehrsanteils an den gesamten Emissionen ein.

<sup>15</sup> Zusendung per Mail durch Frau Hausmann, LfUG

### 2.1.3 Immissionskataster

(1) Das Immissionskataster Sachsen wurde vom **Ingenieurbüro Lohmeyer** im Auftrag des LfUG erstellt. In einer ersten Entwicklungsstufe wurden hierbei ausgehend von Immissionsmeßwerten des LfUG sowie des Umweltbundesamtes flächendeckend für den Freistaat Sachsen die Immissionsbelastung für die Schadstoffe NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Ozon und Schwebstaub modelliert<sup>16</sup>.

(2) Im zweiten Entwicklungsschritt wurde dann das Emissionskataster Verkehr mit einbezogen und mit dem Langrange'schen Ausbreitungsmodell LASAT die straßenverkehrsbedingte Zusatzbelastung bestimmt. Modelliert wurde zudem eine flächendeckende Vorbelastung, so dass als Ergebnis Immissionskonzentrationen aller Emittenten für ganz Sachsen vorliegen. Die Methodik der Stufe 2 wurde auf die Schadstoffe PM<sub>10</sub>, Ruß und Benzol angewendet<sup>17</sup>. Beide Stufen liegen in einem 2,5 x 2,5 km<sup>2</sup> - Raster vor. Abbildung 1 zeigt beispielhaft die NO<sub>2</sub>-Immissionskonzentrationen für das Jahr 1999.

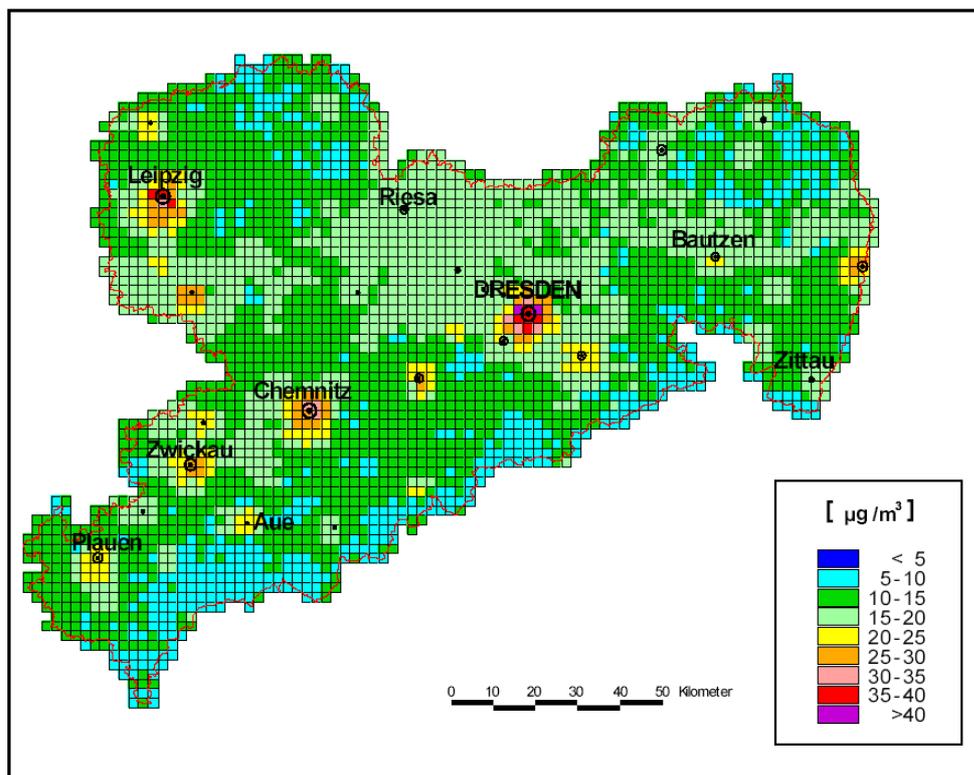


Abbildung 1: Jahresmittel der NO<sub>2</sub>-Konzentration in Sachsen 1999,  
Quelle: [LfUG 2000c, S. 44]

<sup>16</sup> Siehe [Lohmeyer 1998]

<sup>17</sup> Siehe [Lohmeyer 2000]



#### 2.1.4 Lärmkataster

- (1) Die Ermittlung des durch den Straßenverkehr in Sachsen verursachten Lärms wurde durch die Firma **Müller-BBM** im Auftrag des LfUG für das Jahr 1999 durchgeführt. Als Ergebnis liegen gemeindefeine Angaben dazu vor, welcher Teil der Bevölkerung von welchem Straßenverkehrslärm betroffen ist. Die durchschnittliche Verteilung für den Freistaat Sachsen ist in Kapitel 2.4.2 in Tabelle 29 aufgelistet.
- (2) Zur Bestimmung dieser Verteilungen wurde ein statistisches Verfahren angewendet, indem für bestimmte **Strukturtypen** typische Lärmbelastungsverteilungen ermittelt wurden. Das Gebiet des Freistaats Sachsen wurde dann in ca. 8000 Bereiche untergliedert, welche jeweils einem Strukturtyp zugeordnet wurden. Außerdem wurden für jeden dieser Bereiche die Einwohnerzahlen ermittelt.
- (3) Abbildung 2 zeigt einen **Ausschnitt des Lärmkatasters** für die Stadt Dresden. Deutlich wird, wie fein die Einwohnerzahlen erhoben wurden. Diese Daten bilden eine sehr gute Grundlage für die Bestimmung von Betroffenheiten, welche für eine Vielzahl der im Rahmen des vorliegenden Projekts zu ermittelnden Kosten wichtige Eingangsgrößen darstellen.

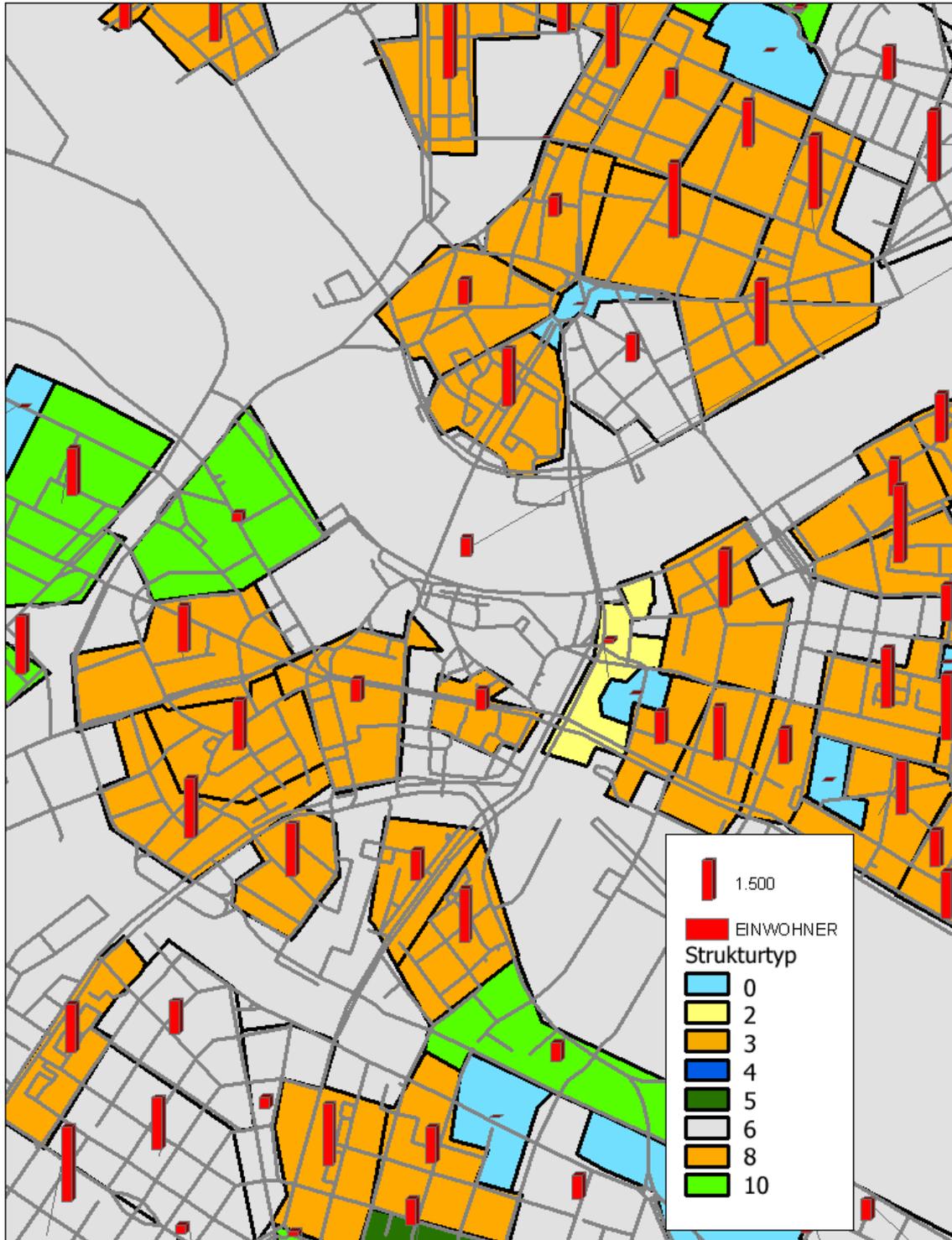


Abbildung 2: Strukturtypen des Lärmkatasters mit Einwohnern, Ausschnitt Dresden, 26er Ring, Quelle: Lärmkataster, DDS-Straßennetz



### 2.1.5 Verkehrsmengen

(1) Die Verkehrsmengen wurden dem **Emissionskataster Verkehr** entnommen. Hier liegen die Daten für den Straßenverkehr streckenfein, für die anderen Verkehrsträger gemeindefein vor. Tabelle 4 bis Tabelle 7 zeigen die Verkehrsaufkommen der verschiedenen Verkehrsträger im Jahr 1999. Für den Luftverkehr liegen nur Zahl der Starts und Landungen vor. Die Angaben von streckenbezogenen Werten ist hier nicht sinnvoll, da es sich um eine Inlandsbetrachtung handelt<sup>18</sup> und demzufolge auch die Umweltwirkungen nur für alle mit den Start- und Landevorgängen verbundenen Prozesse ermittelt werden<sup>19</sup>.

(2) Nicht im Emissionskataster enthalten sind Angaben zur **Elektrotraktion** des Schienenverkehrs. Die Verkehrsmengen für diesen Bereich wurden im Rahmen des vorliegenden Projekts ermittelt. Dazu wurde folgendermaßen vorgegangen:

- **SPNV**: Für den Schienenpersonennahverkehr (SPNV) wurden die Verkehrsmengen bei den Zweckverbänden erfragt. Die Angaben wurden uns in unterschiedlicher Form zur Verfügung gestellt, konnten aber durchgängig konkreten Kursbuchstrecken zugeordnet werden. Diese Zuordnung wurde im GIS durchgeführt, so dass die streckenfeinen Angaben dann über die Gemeinden aufsummiert werden konnten und als Ergebnis gemeindefein vorliegen.
- **SPFV**: Für den Schienenpersonenfernverkehr (SPFV) werteten wir Fahrplandaten aus und ordneten die Verkehrsmengen analog zum SPNV im GIS den betreffenden Strecken zu.
- **SGV**: Zum Schienengüterverkehr (SGV) nutzten wir die Ergebnisse der Klimaschutzstudie Verkehr<sup>20</sup>, in welcher das Verkehrsaufkommen des Schienengüterverkehrs der Elektrotraktion für das Jahr 1996 ermittelt wurde. Diese Größe wurde nach Erfahrungswerten auf die wichtigsten Güterstrecken des Freistaates Sachsen verteilt. Damit lagen auch diese Verkehrsmengen des Güterverkehrs streckenfein vor und konnten mit den Gemeinden verschnitten werden.

(3) Tabelle 5 zeigt die **Ergebnisse** sowohl für die Diesel- als auch die Elektrotraktion. Diese Angaben sind eine gute Grundlage für die Arbeiten im Rahmen der vorliegenden Studie. Bei einer eventuellen Weiterführung der Arbeiten sollten diese Verkehrsmengen aber überprüft werden: Die Aktualisierung der Angaben des Schienenverkehrs im Emissionskataster durch das LfUG ist vorgesehen, die Elektrotraktion müsste separat behandelt werden. Das Gleiche gilt für die Binnenschifffahrt, auch hier ist eine Aktualisierung der Verkehrsmengen durch das LfUG geplant, welche in weitere Arbeiten Eingang finden sollte.

<sup>18</sup> Eine Inländerbetrachtung wird in Kapitel 3.4 durchgeführt.

<sup>19</sup> Für die genauen Angaben siehe [TUD 2000a]

<sup>20</sup> Siehe [TUD 1999b]



Fahrzeugkategorie	Verkehrsaufkommen [Mio. Fzkm]	Personenverkehr [Mio. Pkm]	Güterverkehr [Mio. tkm]
Leichte Nutzfahrzeuge	2.649	-	795
Pkw	27.847	33.417	-
Linienbus	117	2.170	-
Regionalbus	75	1.392	-
Lkw	911	-	4.189
Lastzüge	1.102	-	5.069
Sattelzüge	741	-	3.410
Motorräder	356	356	-
Mofa	239	239	-
Summe	34.038	37.574	13.463

Tabelle 4: Verkehrsaufkommen Straßenverkehr im Freistaat Sachsen 1999, Quelle: Emissionskataster Verkehr

	Dieseltraktion	Elektrotraktion
	Mio. angebotene Personen- / Tonnenkilometer	
Schienengüterverkehr	2.700 tkm	4.500 tkm
Schienenpersonenfernverkehr	700 Pkm	1.600 Pkm
Schienenpersonennahverkehr	2.300 Pkm	2.800 Pkm

Tabelle 5: Verkehrsaufkommen Schienenverkehr Diesel- und Elektrotraktion im Freistaat Sachsen 1999, Quelle: Emissionskataster Verkehr, eigene Berechnungen

Schiffskilometer	Transportierte Tonnenkilometer
560.405	244,6 Mio. tkm

Tabelle 6: Verkehrsaufkommen der Binnenschifffahrt im Freistaat Sachsen 1999, Quelle: Emissionskataster Verkehr

Bewegungen gewerblich	Bewegungen nichtgewerblich	Gesamt
108.813	72.211	181.024

Tabelle 7: Zahl der Bewegungen auf sächsischen Flug- und Landeplätzen im Jahr 1999, Quelle: Emissionskataster Verkehr



## 2.2 Unfallkosten

### 2.2.1 Methodik

(1) Zur Ermittlung der externen Unfallkosten wird auf die durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (**BAST**) erarbeitete Methodik zurückgegriffen, welche für die Bundesrepublik Deutschland regelmäßig die sozialen Kosten von Straßenverkehrsunfällen bestimmt<sup>21</sup>. Abbildung 3 zeigt die Einteilung der den Unfallopfern entstehenden Kosten, wie sie durch die BAST vorgenommen und in der vorliegenden Untersuchung bis auf einige Modifikationen verwendet wird. Folgende Kostenkomponenten werden verwendet<sup>22</sup>:

- **Reproduktionskosten:** Diese Kosten umfassen alle Kosten der medizinischen Behandlung und beruflichen Rehabilitation sowie die Kosten zur Wiederherstellung der Rechtslage. Dazu zählen die stationäre und ambulante Behandlung, der Krankentransport, die Nachbehandlung, Hilfsmittel, Förderung, Rehabilitation, Pflege, Kosten der Polizei und Rechtsprechung, Versicherungskosten, Neubesetzungskosten sowie das Sterbegeld.
- **Ressourcenausfallkosten:** Dazu zählen die gesamtwirtschaftlichen Produktionsausfälle der Unfallopfer durch Tod oder dauerhafte bzw. vorübergehende Arbeitsunfähigkeit. Folge dieser Produktionsausfälle ist die Reduzierung des künftigen Sozialprodukts, welche mit Hilfe des Nettoproduktionsverlustes als Produkt aus dem Verlust an zukünftiger Arbeitszeit und dem durchschnittlichen Pro-Kopf-Volkseinkommen abzüglich des zukünftigen Konsums quantifiziert wird<sup>23</sup>.
- **Humanitäre Kosten,** persönliche Betroffenheit ohne Kostencharakter: Unter diesem Punkt werden Schmerz und Leid der Opfer, psychische Beeinträchtigungen, verringerte Belastbarkeit sowie der Verlust an Lebensqualität erfasst. Diese Kosten werden bei der BAST als **humanitäre Kosten** bezeichnet und über tatsächlich gezahlte Schmerzensgelder in die Rechnungen einbezogen.

In anderen Studien werden diese Kosten über **Zahlungsbereitschaften** der Bevölkerung zur Reduzierung von Unfallfolgen abgeschätzt. Vor- und Nachteil der beiden Ansätze wurden in [TUD 2000b, S. 10, 39] diskutiert. Gemäß der dort erarbeiteten Argumentation arbeiten wir in diesem Punkt nicht mit dem Ansatz der BAST, sondern mit der zweiten Alternative, den Zahlungsbereitschaften, auch als „Risk Value“ oder „Value of a Statistical Life“ (VSL) [Infras/IWW 2000] bezeichnet.

Dabei werden nur die immateriellen **Kosten der Opfer** selbst berücksichtigt, die immateriellen Kosten der Angehörigen bleiben unberücksichtigt. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass die Befragten als potentielle Opfer bei der Erhebung der Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung von Unfallfolgen auch immer eine altruistische

<sup>21</sup> Einen Überblick über verschiedene Ansätze zur Ermittlung der externen Unfallkosten gibt [TUD 2000b].

<sup>22</sup> Genauer erläutert werden die verschiedenen Kostenkomponenten in [TUD 2001b].

<sup>23</sup> Zur Diskussion von Brutto- und Nettokonzept einschließlich einer ausführlichen Begründung, warum für die vorliegende Untersuchung das Nettokonzept verwendet wird; siehe [TUD 2001b, S. 20 f.].



Komponente in ihre Angaben einbeziehen, d.h., sie denken in gewissem Maße auch an ihre Angehörigen und Freunde. Daher werden deren Kosten in der vorliegenden Untersuchung nicht gesondert aufgeführt, um Doppelzählungen zu vermeiden.

In Anlehnung an [Infras/IWW 2000, S. 18] wird hier als **Risk Value** für einen Todesfall 1.500.000 € angesetzt, für Leichtverletzte 1% (15.000 €) und für Schwerverletzte 13,3% (200.000 €)<sup>24</sup>. Kompensationszahlungen als Schadensersatz werden dabei vernachlässigt aufgrund des geringen Ausmaßes im Vergleich zum Gesamtwert<sup>25</sup>.

Die beschriebenen immateriellen Kosten werden ausschließlich für **Nichtunfallverursacher** berücksichtigt. Der Grund dafür ist, dass Unfallverursacher die immateriellen Kosten, die ihnen durch einen Unfall entstehen, selbst verursacht haben: Sie tragen die von ihnen verursachten Kosten, welche demnach interne Kosten sind.

Dieser Argumentation könnte man entgegenhalten, dass die mit einer Fahrt verbundenen Unfallrisiken von den Verkehrsteilnehmern systematisch verdrängt werden. Jeder weiß, dass Unfälle besonders im Straßenverkehr passieren, aber die wenigsten sehen auch für sich selbst in dieser Tatsache eine Gefahr. Das würde bedeuten, dass die Verkehrsteilnehmer die immateriellen Kosten, die ihnen selbst durch einen eventuellen Unfall entstehen, eben nicht in ihre Überlegungen einbeziehen. In diesem Fall würden auch diese eigentlich internen Kosten zu **Ineffizienzen** führen, und es wäre sinnvoll, diese den Verkehrsteilnehmern anzulasten, um den Betroffenen die Kosten bewusst zu machen.

Wir argumentieren daher wie beschrieben aus ökonomischer Sicht und betrachten die immateriellen Kosten für den Unfallverursacher als intern. Damit entsprechen wir auch gut unserem Prinzip, im Zweifel die Kosten immer **vorsichtig** abzuschätzen.

- **Außermarktliche Kosten**<sup>26</sup>: Zu diesen Kosten zählt die BASt die außermarktliche Wertschöpfung in Form von **Schattenwirtschaft** und **Hauswirtschaft**. Ziel der Einbeziehung dieser Größen ist die Berücksichtigung der Produktion von Gütern und Leistungen, die nicht Bestandteil des Sozialprodukts und somit Teil der Ressourcenausfallkosten sind.

<sup>24</sup> Dieser Wert wurde auf der Basis der Auswertung verschiedener Studien zur Zahlungsbereitschaft festgesetzt.

<sup>25</sup> Der über die Zahlungen von Schmerzensgeldern ermittelte Kostensatz der BASt für humanitäre Kosten beträgt für Todesopfer 3350 € [BASt 1999, S. 63].

<sup>26</sup> Diese Kosten sind in Abbildung 3 nicht enthalten, da sie in [BASt 1999] als separate zusätzliche Komponente geführt werden.

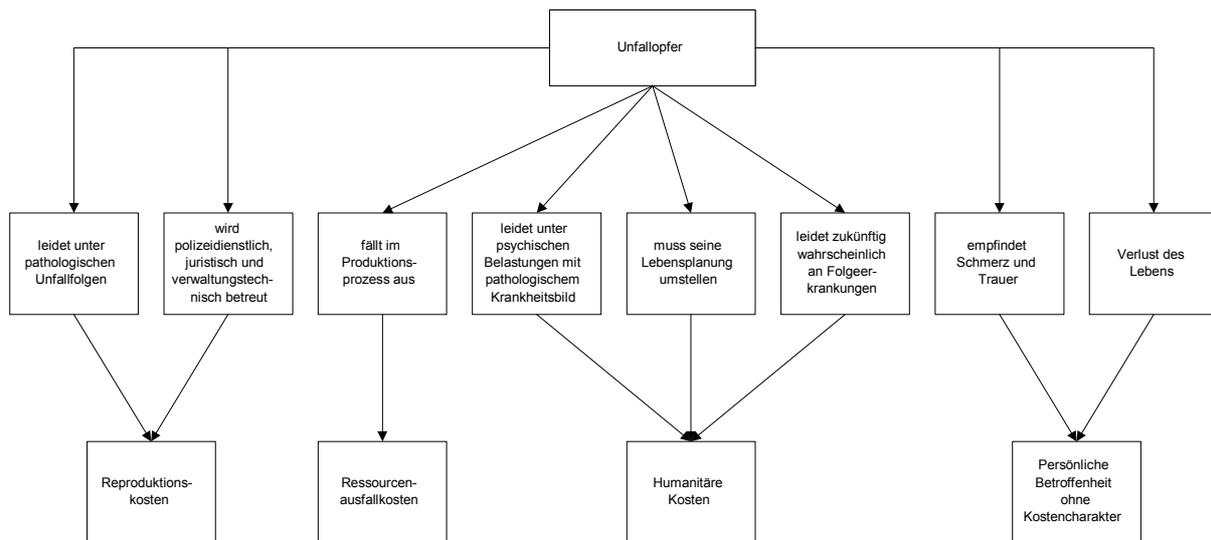


Abbildung 3: Einteilung der Unfallfolgekosten nach [BASt 1999, S. 57]

(2) Eine Schlüsselrolle bei der Ermittlung der externen Kosten spielen die **Haftpflichtversicherungen**, besonders die Kfz-Haftpflichtversicherung<sup>27</sup>. Diese haftet für Schäden, die der Unfallverursacher den nichtschuldigen Unfallopfern zufügt. Beim Unfallverursacher selbst anfallende Schäden werden je nach Schadensart von verschiedenen Versicherungen übernommen. Abbildung 4 zeigt eine Übersicht über die Struktur der Unfallkostenträger in Deutschland.

<sup>27</sup> Zur Interpretation des Kostendeckungsprinzips gibt es zwei Möglichkeiten: Bei der engen Auslegung des Verursacherprinzips werden nur jene Kosten als internalisiert betrachtet, welche die Verursacher des Unfalls unmittelbar selbst tragen. Bei einer weiteren Auslegung werden auch Leistungen einiger Versicherungen als Internalisierungsbeitrag akzeptiert. Berücksichtigt werden hierbei allerdings nur Versicherungen, die über ein Prämiensystem verfügen, welches das spezielle Risiko „Verkehrsteilnahme“ berücksichtigt. Nur durch ein solches System kann verhindert werden, dass die Unfallverursacher durch sie verursachte Kosten auf unbeteiligte Versicherungsnehmer abwälzen. Wir arbeiten in der vorliegenden Studie mit der weiteren Auslegung.

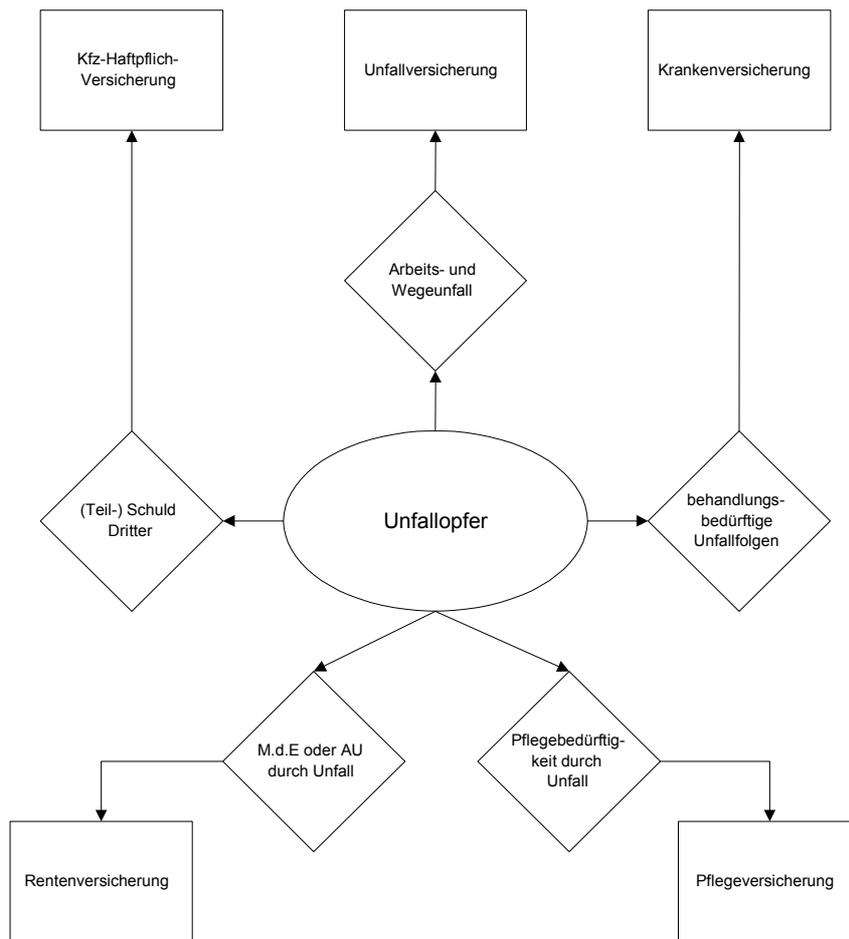


Abbildung 4: Struktur der Unfallkostenträger in Deutschland, Quelle: [BASt 1999, S. 17]

(3) Die Leistungen aller Versicherungen mit Ausnahme der Kfz-Haftpflichtversicherung werden nicht als Beitrag zur Internalisierung der Unfallkosten betrachtet, da hier die Kosten auf alle Versicherungsnehmer verteilt werden, auch auf Nicht-Verkehrsteilnehmer. Die Versicherungsprämien dieser so genannten **Personenversicherungen** werden unabhängig vom Risiko „Verkehrsteilnahme“ erhoben. Im Gegensatz dazu werden die Haftpflichtversicherungen wirklich nur durch die entsprechende Risikogruppe finanziert, teilweise werden die Prämien sogar nach Bonus-Malus-Systemen eingestuft<sup>28</sup>, was zu einer verstärkten Internalisierung führt.

(4) Beim **Unfallverursacher** selbst anfallende Kosten sind demzufolge in der Regel **externer** Natur, da dafür die Haftpflichtversicherung nicht aufkommt<sup>29</sup>. Für die Kosten beim **Nicht-Unfallverursacher** besteht grundsätzlich eine Haftungspflicht durch den Unfallverursacher, welche dieser durch Direktzahlungen<sup>30</sup> bzw. die Inanspruchnahme seiner Kfz-Haftpflichtversicherung erfüllen kann. Nicht alle Kosten des Nicht-Unfallverursachers werden aber durch die Kfz-Haftpflichtversicherungen übernommen. Einen Teil der Kosten

<sup>28</sup> Ein Beispiel hierfür sind die Schadensfreiheitsklassen bei der Kfz-Haftpflichtversicherung.

<sup>29</sup> Muss der Unfallverursacher z.B. ärztlich behandelt werden, so trägt die Kosten dafür die allgemeine Krankenversicherung und damit alle Mitglieder der Versicherung.

<sup>30</sup> Direktzahlungen durch den Unfallverursacher an Nicht-Unfallverursacher werden häufig bei Unfällen ohne Personen-, aber mit geringem Sachschaden geleistet. Dadurch wird die Kfz-Haftpflichtversicherung des Verursachers nicht in Anspruch genommen und dieser kann seine Schadensfreiheitsklasse beibehalten.



zahlen zunächst Personenversicherungen wie z.B. die Krankenversicherung des Nicht-Unfallverursachers. Diese Kosten sind externe Kosten, da sie von der Allgemeinheit getragen werden. Erheben die Personenversicherungen aber Regress und fordern die geleisteten Zahlungen von der Kfz-Haftpflichtversicherung des Unfallverursachers zurück, so werden gemäß der oben geführten Argumentation aus den externen wiederum interne Kosten, welche in den Statistiken der Kfz-Haftpflichtversicherungen enthalten sind. Aus diesem Grund können die externen Unfallkosten durch die Bildung der Differenz aus den durch die BASt bestimmten sozialen Unfallkosten und den Zahlungen der Kfz-Haftpflicht ermittelt werden.

(5) **Fazit** ist also, dass sämtliche durch Haftpflichtversicherungen geleistete Zahlungen zur Tilgung von Unfallkosten als Beitrag zur Internalisierung betrachtet werden und ihr Ausmaß somit zur Ableitung der externen aus den gesamten Unfallkosten bestimmt werden muss. Für die verschiedenen genannten Kostenkomponenten werden für die vorliegende Studie die in [TUD 2001b] aus den Kostensätzen der BASt abgeleiteten und in Tabelle 8 abgebildeten Kostensätze verwendet.

	Getötete		Schwerverletzte		Leichtverletzte	
	Verursacher	Nicht-Verursacher	Verursacher	Nicht-Verursacher	Verursacher	Nicht-Verursacher
Direkte Reproduktionskosten	1.280	1.280	7.523	7.523	335	335
Indirekte Reproduktionskosten <sup>31</sup>	10.081	8.536	9.315	7.786	762	519
Ressourcenausfallkosten	195.000	195.000	25.830	25.830	1.275	1.275
Immaterielle Kosten	-	1.500.000	-	200.000	-	15.000
Summe	206.361	1.704.817	42.668	241.139	2.371	17.129
Schattenwirtschaft	94.565	94.565	2.763	2.763	137	137
Hausarbeit	303.034	303.034	9.902	9.902	356	356
Summe	603.960	2.102.415	55.333	253.804	2.865	17.622
Minderung um Zahlungen der Haftpflicht	-	282.000	-	17.700	-	5.950
<b>Summe</b>	<b>603.960</b>	<b>1.820.415</b>	<b>55.333</b>	<b>236.104</b>	<b>2.865</b>	<b>11.672</b>

Tabelle 8: Externe Unfallkosten pro Opfer in [€/Verunglückter], Quelle: eigene Berechnungen nach [BASt 1999]; [Infras/IWW 2000]; [Statistisches Landesamt 2000]

(6) Ein wichtiger Punkt ist die Problematik der **Dunkelziffer** als Differenz zwischen der tatsächlichen und der gemeldeten Zahl der Unfälle. Tabelle 9 zeigt die in der vorliegenden Studie verwendeten **Korrekturfaktoren** zur Berücksichtigung der Dunkelziffer, welche auf den Ergebnissen verschiedener zu diesem Thema durchgeführter Studien beruhen<sup>32</sup>. Die unten

<sup>31</sup> Für nicht gemeldete Unfälle ergeben sich per Definition keine Polizeikosten, die entsprechenden Kostensätze müssen dementsprechend abgemindert werden.

<sup>32</sup> Siehe [Ecoplan 1991]; [Hautzinger 1993]; [Infras/IWW 1995]; [Ecoplan 1998]; [Infras/IWW 2000]



stehenden Kostensätze wurden ausgewählt, da sie für Deutschland ermittelt wurden, eher an der unteren Grenze der verschiedenen Korrekturfaktoren liegen und gut mit unserer Einteilung der Unfallopfer in Schwer- und Leichtverletzte sowie Getötete übereinstimmen.

	Korrekturfaktor
Getötete	1,00
Schwerverletzte Motorisiert	1,82
Schwerverletzte Fahrrad	3,33
Schwerverletzte Fuß	2,00
Leichtverletzte Motorisiert	2,00
Leichtverletzte Mofa	2,50
Leichtverletzte Fahrrad	5,00
Leichtverletzte Fuß	2,86

Tabelle 9: Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung der Dunkelziffer, nach [Hautzinger 1993, S. 3]

(7) Für die **anderen Verkehrsmittel** werden keine Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung einer Dunkelziffer verwendet aus folgenden Gründen:

- Die Gesamtzahl der Unfälle ist im Vergleich zum Straßenverkehr sehr gering.
- Der Anteil der nicht gemeldeten Unfälle dürfte vernachlässigbar sein.
- Es liegen keine Untersuchungen zur Höhe der Dunkelziffer für die anderen Verkehrsmittel vor.<sup>33</sup>

(8) Die erarbeiteten Kostensätze werden auf **alle Verkehrsarten** angewendet.

### 2.2.2 Eingangsdaten

(1) Die Unfalldaten für den **Straßenverkehr** wurden durch das Statistische Landesamt in Kamenz zur Verfügung gestellt. Dort liegen Daten zu Zahl und Schwere der Unfälle ebenso wie zu den Unfallursachen vor. Tabelle 10 zeigt die Unfallzahlen im Freistaat Sachsen für die Jahre 1999 und 2000. Für die vorliegende Arbeit erhielten wir gemeindefein die Zahl der Unfälle sowie die Zahl der Opfer nach Schwere für die Jahre 1999 und 2000. Zusätzlich wurden Angaben zur Verteilung der Opfer auf Unfallverursacher und Nichtunfallverursacher benötigt, um einen Überblick darüber zu gewinnen, wie sich die Unfallkosten auf die einzelnen Fahrzeugkategorien des Straßenverkehrs verteilen. Die dafür notwendigen Angaben konnten nur sachsenweit bereitgestellt werden. Die aus den Daten des Statistischen Landesamtes ermittelte Verteilung der Opfer auf die verschiedenen Fahrzeugkategorien und

<sup>33</sup> In der Literatur wird teilweise auf die Problematik der Dunkelziffer im Schienenverkehr hingewiesen (siehe z.B. [Ecoplan 1991, S. 50]). Angesprochen werden hierbei aber vor allem bahninterne Unfälle, da Unfälle zwischen den Verkehrsmitteln mit Beteiligung des Schienenverkehrs meist so schwer verlaufen, dass der Anteil nicht gemeldeter Unfälle wahrscheinlich sehr gering ist. Die Kosten bahninterner Unfälle werden durch die Bahn selbst übernommen und daher in der vorliegenden Untersuchung nicht betrachtet, da diese zu den internen Kosten zu zählen sind.



auf die Kategorien der Verursacher und Nicht-Verursacher sind in Tabelle 11 und Tabelle 12 dargestellt.

	Zahl der Verunglückten 1999	Zahl der Verunglückten 2000
Getötet	450	444
Schwerverletzt	7.668	7.024
Leichtverletzt	18.970	18.484
Verunglückte insgesamt	29.087	25.952

Tabelle 10: Verunglückte bei Straßenverkehrsunfällen im Freistaat Sachsen, Quelle: Auflistung des Statistischen Landesamtes Kamenz<sup>34</sup>

(2) Die in den Tabellen aufgeführten Werte bilden ab, wie viele Opfer welcher Schwere in dem betreffenden Jahr in Sachsen durch ein bestimmtes Verkehrsmittel im Straßenverkehr verursacht wurden: **Welches Verkehrsmittel verursacht Unfallfolgen welcher Schwere?** Dabei können die Opfer Nutzer ganz verschiedener Verkehrsmittel gewesen sein, abgelesen werden kann nur, durch welches Verkehrsmittel der jeweilige Unfall verursacht wurde. Denn nur diese Frage ist für die vorliegende Untersuchung relevant, bei der es ja um die Beantwortung der Frage geht, wer externe Kosten welcher Höhe verursacht – und das sind im Fall der Unfallkosten die Unfallverursacher<sup>35</sup>. **Verursacher** sind demzufolge Nutzer des in der jeweiligen Spalte aufgeführten Verkehrsmittels, die Opfer des durch sie selbst verursachten Unfalls wurden. Zu den **Nichtunfallverursachern** zählen nichtschuldige Opfer verschiedener Verkehrsmittel, das können Nutzer des in der Spalte aufgeführten Verkehrsmittels sein, aber auch aller anderen Verkehrsmittel.

(3) Die Übertragung dieser **Verteilung** auf die Gemeinden ist allerdings auf Grund der teilweise sehr geringen Unfallzahlen problematisch. So gab es z.B. in der Gemeinde Müglitztal im Jahr 1999 einen Leicht- und drei Schwerverletzte, verursacht durch drei Unfälle mit Personenschaden. Durch die Anwendung der unten stehenden Verteilung würden die durch diese Opfer verursachten Kosten anteilig allen verschiedenen Straßenkategorien zugewiesen, was natürlich in der Realität nicht der Fall war. Wer aber tatsächlich die unfallverursachenden Fahrzeugkategorien der drei Unfälle waren, lässt sich nicht feststellen. Aus diesem Grund werden die Unfallkosten ausschließlich für den gesamten Freistaat Sachsen getrennt nach Fahrzeugkategorien ausgewiesen. Für die einzelnen Gemeinden werden aggregierte Werte für den gesamten Straßenverkehr bestimmt<sup>36</sup>.

<sup>34</sup> Zusendung per Mail durch Frau Marusch, Statistisches Landesamt Kamenz

<sup>35</sup> Im Fall der Unfallkosten trägt nicht das betroffene Verkehrsmittel selbst die Kosten, sondern die gesamte Gesellschaft, z.B. die Krankenkassen.

<sup>36</sup> Dafür werden die Kategorien Fahrrad-, Fußverkehr, Straßenbahn und andere nicht berücksichtigt.



	Pkw	Nfz <sup>37</sup>	Motorrad	Mofa	Fahrrad	Fuß	Bus	Strab	Andere	Summe
<b>Opfer Gesamt</b> [Zahl der Opfer]										
leichtverletzt	14.153	1.425	543	558	1.289	575	196	45	186	18.970
schwerverletzt	5.064	469	486	372	747	385	58	18	69	7.668
Getötet	293	39	37	9	51	13	2	1	5	450
<b>Verursacher<sup>38</sup></b> [Zahl der Opfer]										
leichtverletzt	2.955	185	384	461	1.033	448	9	1	9	5.485
schwerverletzt	1.636	107	398	332	645	366	2	0	13	3.498
Getötet	116	6	33	8	46	13	0	0	2	223
<b>Nichtverursacher<sup>39</sup></b> [Zahl der Opfer]										
leichtverletzt	11.198	1.240	159	97	256	127	187	44	177	13.485
schwerverletzt	3.428	362	88	40	102	19	56	18	56	4.170
Getötet	177	33	4	1	5	0	2	1	3	227
<b>Anteil Verursacher pro Fahrzeugkategorie und Verletzungsschwere [%]</b>										
leichtverletzt	0,159	0,01	0,02	0,024	0,054	0,024	0	0	0	0,291
schwerverletzt	0,215	0,014	0,052	0,043	0,084	0,048	0	0	0,002	0,458
Getötete	0,257	0,013	0,074	0,018	0,101	0,028	0	0	0,004	0,495
<b>Anteil Nichtverursacher pro Fahrzeugkategorie und Verletzungsschwere [%]</b>										
leichtverletzt	0,59	0,065	0,008	0,005	0,013	0,007	0,01	0,002	0,009	0,709
schwerverletzt	0,447	0,047	0,012	0,005	0,013	0,002	0,007	0,002	0,007	0,542
Getötete	0,396	0,073	0,01	0,003	0,01	0	0,005	0,002	0,006	0,505

Tabelle 11: Anteile der Verursacher an den gesamten Unfallopfern im Freistaat Sachsen für das Jahr 1999, Quelle: eigene Berechnungen aus verschiedenen Angaben des Statistischen Landesamtes Sachsen

<sup>37</sup> Fahrzeuge dieser Kategorie werden vom Statistischen Landesamt als Güterkraftfahrzeuge bezeichnet und umfassen schwere und leichte Nutzfahrzeuge sowie Lkw.

<sup>38</sup> Als Verursacher gelten nur die Fahrer der jeweiligen Fahrzeuge. Die Anzahl der Fahrer wird über durchschnittliche Besetzungsgrade ermittelt.

<sup>39</sup> Nichtschuldige Opfer in Fahrzeugen verschiedener Fahrzeugkategorien, die durch die jeweilige in der Spalte aufgeführte Fahrzeugkategorie verursacht wurden.



	Pkw	Nfz <sup>40</sup>	Motorrad	Mofa	Fahrrad	Fuß	Bus	Strab	Andere	Summe
<b>Opfer Gesamt</b>										
leichtverletzt	13.834	1.392	587	522	1.324	510	128	45	142	18.484
schwerverletzt	4.632	421	463	285	754	379	22	11	57	7.024
Getötet	306	40	37	16	23	12	1	1	8	444
<b>Verursacher<sup>41</sup></b>										
leichtverletzt	2.771	170	429	413	1.002	415	4	1	12	5.217
schwerverletzt	1.462	87	376	240	655	360	1	0	12	3.193
Getötet	140	11	30	14	22	12	0	0	1	230
<b>Nichtverursacher<sup>42</sup></b>										
leichtverletzt	11.063	1.222	158	109	322	95	124	44	130	13.267
schwerverletzt	3.170	334	87	45	99	19	21	11	45	3.831
Getötet	166	29	7	2	1	0	1	1	7	214
<b>Anteil Verursacher pro Fahrzeugkategorie und Verletzungsschwere</b>										
leichtverletzt	0,151	0,009	0,023	0,022	0,054	0,022	0	0	0,001	0,282
schwerverletzt	0,21	0,012	0,053	0,034	0,093	0,051	0	0	0,002	0,455
Getötete	0,314	0,025	0,068	0,032	0,05	0,027	0	0	0,002	0,518
<b>Anteil Nichtverursacher pro Fahrzeugkategorie und Verletzungsschwere</b>										
leichtverletzt	0,599	0,066	0,009	0,006	0,017	0,005	0,007	0,002	0,007	0,718
schwerverletzt	0,451	0,048	0,012	0,006	0,014	0,003	0,003	0,002	0,006	0,545
Getötete	0,372	0,066	0,015	0,005	0,003	0	0,002	0,003	0,016	0,482

Tabelle 12: Anteile der Verursacher an den gesamten Unfallopfern im Freistaat Sachsen für das Jahr 2000, Quelle: eigene Berechnungen aus verschiedenen Angaben des Statistischen Landesamtes Sachsen

(4) Statistiken zu **Unfällen im Schienenverkehr** wurden uns durch die drei für das Gebiet des Freistaates Sachsen zuständigen Bundesgrenzschutzämter zur Verfügung gestellt. Die betreffenden Unfallzahlen für die Jahre 1999 und 2000 sind in Tabelle 13 aufgelistet. Deutlich wird, dass der Schienenverkehr selbst nur für einen geringen Teil der Unfälle verantwortlich ist. Der größte Teil der Opfer sind Suizidfälle, an Bahnübergängen ist meist der Straßenverkehr schuldig. Im Jahr 1999 wurden z.B. durch den Schienenverkehr ein Todesfall und ein Verletzter verursacht.

<sup>40</sup> Fahrzeuge dieser Kategorie werden vom Statistischen Landesamt als Güterkraftfahrzeuge bezeichnet und umfassen schwere und leichte Nutzfahrzeuge sowie Lkw.

<sup>41</sup> Als Verursacher gelten nur die Fahrer der jeweiligen Fahrzeuge. Die Anzahl der Fahrer wird über durchschnittliche Besetzungsgrade ermittelt.

<sup>42</sup> Nichtschuldige Opfer in Fahrzeugen verschiedener Fahrzeugkategorien, die durch die jeweilige in der Spalte aufgeführte Fahrzeugkategorie verursacht wurden.



	Jahr 1999				Jahr 2000		
	Anzahl	Verursacher			Anzahl	Verursacher	
		DB AG	Sonstige <sup>43</sup>			DB AG	Sonstige
Unfälle gesamt	126	14	107	Unfälle gesamt	175	19	152
An Bahnübergängen	23	0	23	An Bahnübergängen	40	0	40
Tote	47	1	46	Tote	51	2	49
Suizid	37	0	37	Suizid	36	0	36
Verletzte	52	1	51	Verletzte	110	3	107

Tabelle 13: Schienenverkehrsunfälle im Freistaat Sachsen, Quelle: Zusammenstellung aus Angaben der betreffenden Bundesgrenzschutzämter<sup>44</sup>

(5) Unfälle der **Binnenschifffahrt** in Sachsen werden sehr detailliert von der Wasserschutzpolizei dokumentiert<sup>45</sup>. Häufige Unfallursachen sind Grundberührung, festfahren, technische Schäden oder Kollisionen. Die Unfallfolgen fast aller Unfälle beschränken sich dabei auf Sachschäden. Im Jahr 1999 gab es keinen, im Jahr 2000 zwei Unfälle mit Personenschaden. Auf Grund dieser geringen Fallzahlen werden die Unfallkosten der Binnenschifffahrt für die vorliegende Untersuchung vernachlässigt.

(6) Die in Tabelle 14 und Tabelle 15 aufgelisteten Daten zu Unfällen im **Luftverkehr** in Sachsen wurden durch die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung zur Verfügung gestellt. Die Unfallzahlen sind gering, liegen aber auch sehr detailliert vor. So ist eine gemeindefeine Dokumentation der Unfälle im Luftverkehr für das Jahr 1999 grundsätzlich möglich. Auf keinen Fall dürfen aus einer solchen Betrachtung eines einzelnen Jahres aber Durchschnittswerte abgeleitet werden. Dazu sind die Mittelwerte der Unfallzahlen der Jahre 1992-1999 eher geeignet, aber selbst diese sind für statistische Auswertungen zu gering.

<sup>43</sup> Bahnfremde Personen

<sup>44</sup> Für das Bundesgrenzschutzamt Pirna zugesendet durch Herrn Michael per E-Mail am 8.3.2002; für das Bundesgrenzschutzamt Halle zugesendet durch Herrn Schreiber per E-Mail am 26.3.2002, für das Bundesgrenzschutzamt Chemnitz zugesendet durch Herrn Scharf per Post am 27.3.2002

<sup>45</sup> Ansprechpartner ist Herr Kotzian: Landespolizeidirektion, Zentrale Dienste Sachsen, Fachdienst Wasserschutzpolizei, Neuländer Straße 60, 01129 DD; Tel. 8501-440



		Unfälle (gesamt)	Unfälle mit Schwer- verletzten	Anzahl der Schwer- verletzten	Unfälle mit tödlich Verletzten	Anzahl der tödlich Verletzten
LFZ-Art	Gewichts- klasse	S1	S2 aus S1	S3 aus S2 u. S4	S4 aus S1	S5 aus S4
Flugzeuge	> 5.7 t	1	0	0	0	0
	2.0-5.7 t	6	0	0	1	5
	< 2.0 t	54	1	3	6	17
Hubschrauber		15	1	1	1	4
Motorsegler		8	0	0	0	0
Segelflugzeuge <sup>46</sup>		50	6	6	2	3
	Ballone	10	9	9	0	0
	Summe	144	17	19	10	29
Mittelwert pro Jahr		21	2	3	1	4

Tabelle 14: Unfälle im Luftverkehr im Freistaat Sachsen für den Zeitraum vom 01.01.1990 bis zum 25.10.2001; Quelle: Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung<sup>47</sup>

Zeit	Ort	Ge- tötet	Schwer- verletzt	Leicht- verletzt	Bemerkung
4/00	Zabeltitz	0	1	0	Bei der Landung des Heißluftballons
4/00	Königshain	0	1	0	Bei der Landung des Heißluftballons
8/00	Cunnersdorf	0	1	0	Bei der Landung des Heißluftballons
6/00	Geyer	2	0	0	Absturz eines Flugzeugs während eines Kunstflugs
3/99	Riesa-Göhlis	0	0	1	Bei der Landung während eines Ausbildungsflugs
5/99	Hainichen	0	0	1	Bei der Landung während eines Ausbildungsflugs
5/99	Falkenau	0	1	0	Bei der Landung des Heißluftballons
6/99	Großenhain	4	0	0	Kollision Flugzeug - Hubschrauber in der Luft
7/99	Großrückers- walde	0	1	0	Schräglage und Absturz eines Segelflugzeugs
8/99	Riesa	0	0	1	Vogel durchschlag beim Flug Windschutzscheibe

Tabelle 15: Unfälle im Luftverkehr in Sachsen 1999 und 2000, Quelle: Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung<sup>49</sup>

### 2.2.3 Ergebnisse

(1) Die mit den beschriebenen Verfahren ermittelten externen Unfallkosten sind in Tabelle 16 aufgelistet. Der **Straßenverkehr** ist dabei mit Abstand für den größten Teil der Unfallfolgen verantwortlich. Die Verteilung der Unfallkosten auf die einzelnen Verkehrsteilnehmer zeigt Abbildung 5. Die Ergebnisse für den Schienen- und Flugverkehr

<sup>46</sup> Segelflugzeuge mit Hilfsantrieb eingeschlossen

<sup>47</sup> Zusendung durch Herrn Göldner per Mail vom 26.10.2001



werden ausschließlich im Bericht sachsenweit aufgeführt, im GIS auf Grund der geringen Fallzahlen aber nicht visualisiert.

(2) Interessant ist auch die Analyse der Anteile der einzelnen **Kostenkategorien** an den gesamten externen Unfallkosten, welche in Abbildung 6 bis Abbildung 8 dargestellt ist. Diese Abbildungen verdeutlichen die Dominanz der immateriellen Kosten, welche einen sehr großen Einfluß auf die Gesamthöhe der externen Unfallkosten haben<sup>48</sup>.

	Absolute Kosten [Mio. €]		Anteile der Verkehrsträger	
	1999	2000	1999	2000
Straßenverkehr	2.796	2.618	99,76 %	99,86 %
Schieneverkehr <sup>49</sup>	0,6	1,2	0,02 %	0,05 %
Flugverkehr <sup>50</sup>	6,2	2,6	0,22 %	0,10 %
Binnenschifffahrt	-	-	-	-
Summe	2.802,2	2.621,8	100 %	100 %

Tabelle 16: Externe Unfallkosten für den Freistaat Sachsen

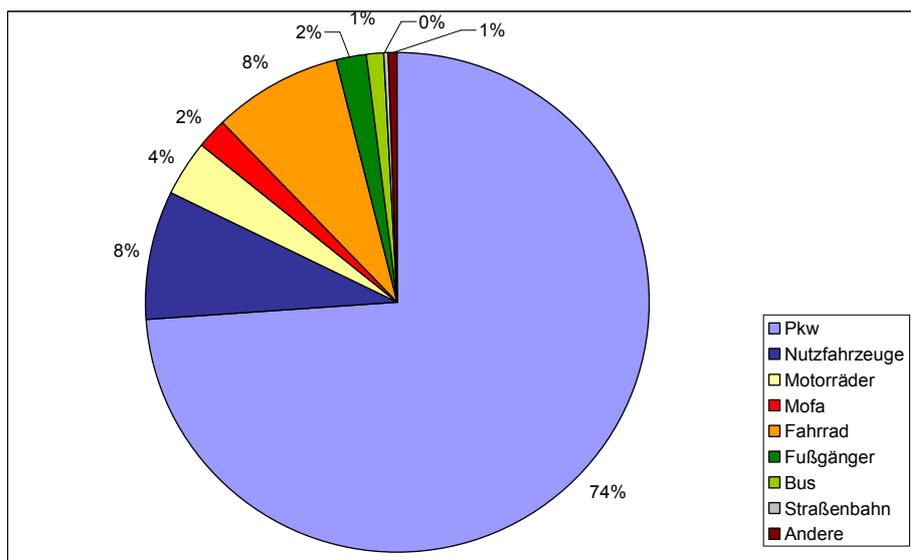


Abbildung 5: Anteile der verschiedenen Verkehrsteilnehmer an den externen Unfallkosten des Straßenverkehrs 1999 in Sachsen

<sup>48</sup> Aus diesem Grund wird der Kostensatz für die immateriellen Kosten im Rahmen der Sensitivitätsanalyse in Kapitel 3.3 variiert.

<sup>49</sup> Angenommen wurde, dass alle Opfer Verursacher waren.

<sup>50</sup> Pro Unfall wurde ein Opfer als Verursacher, alle anderen als Nichtverursacher betrachtet.

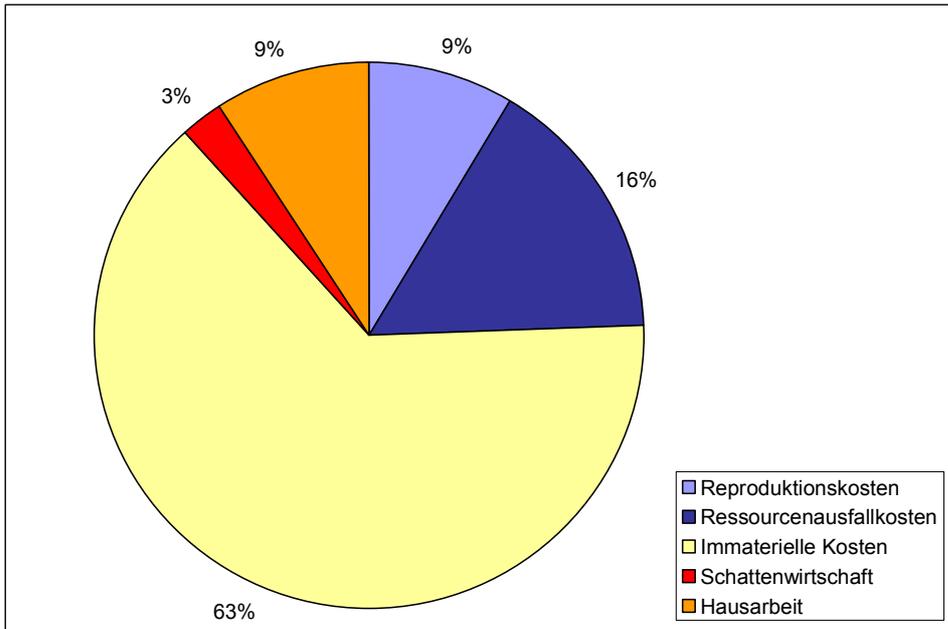


Abbildung 6: Anteile der verschiedenen Kostenkomponenten an den gesamten externen Unfallkosten 1999 in Sachsen für Verursacher und Nichtverursacher

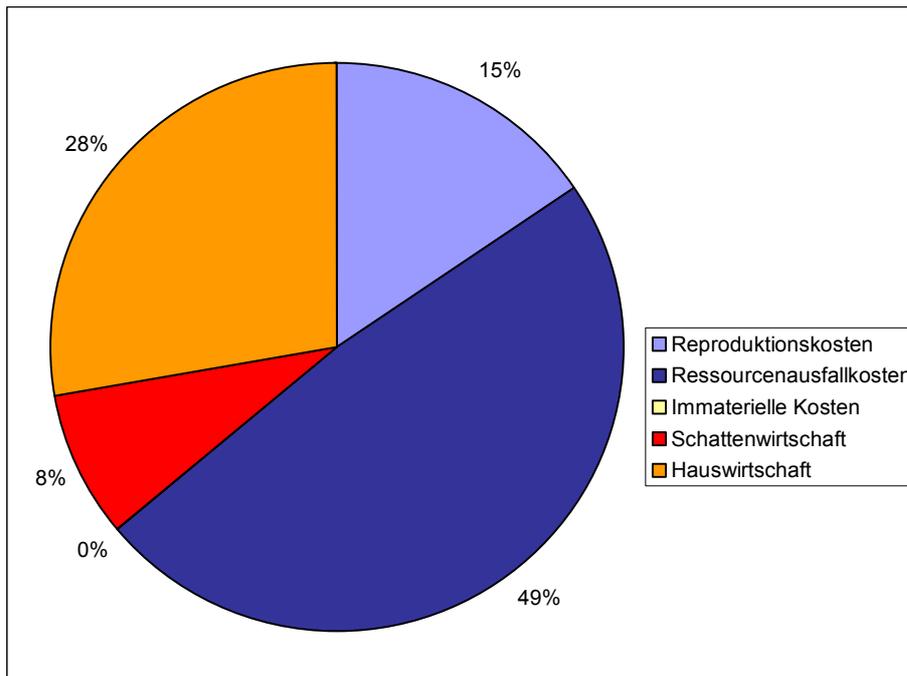


Abbildung 7: Anteile der einzelnen Kostenkomponenten an den gesamten Unfallkosten für Verursacher 1999

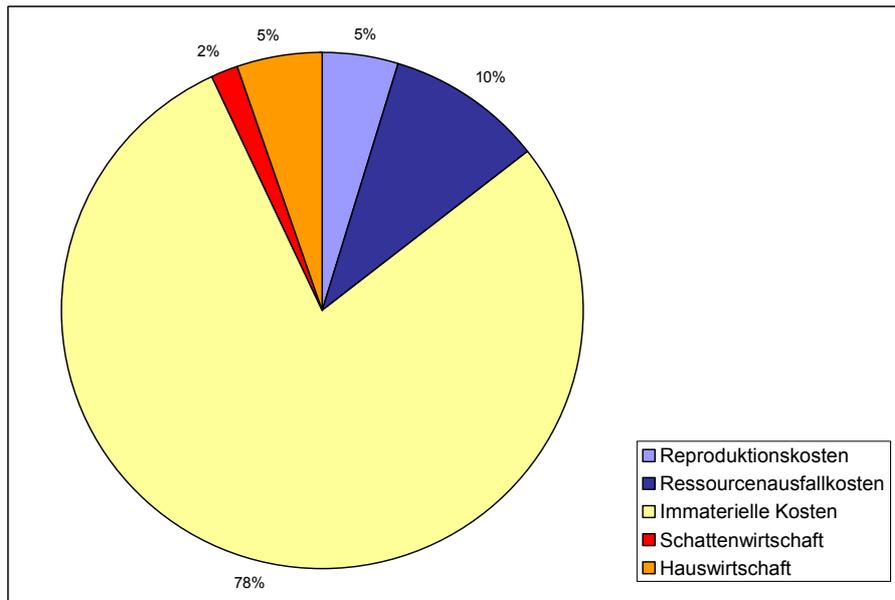


Abbildung 8: Anteile der einzelnen Kostenkomponenten an den gesamten externen Unfallkosten 1999 in Sachsen für Nichtunfallverursacher

## 2.3 Luftverschmutzung

### 2.3.1 Methodik

(1) Die durch verkehrliche Luftverschmutzung verursachten Schäden sind **vielfältig**, sie beeinflussen viele Bereiche unseres Lebens. In der vorliegenden Untersuchung werden folgende Schadenskomponenten betrachtet:

- Gesundheitliche Wirkungen
- Gebäudeschäden
- Schäden an der Vegetation (Verringerung landwirtschaftlicher Erträge, Waldschäden)

(2) Im Folgenden wird zunächst die **Methodik** zur Ermittlung der einzelnen Komponenten beschrieben, bevor in Kapitel 2.3.2 für alle Komponenten die **Eingangsdaten** erläutert und in Kapitel 2.3.3 ein Überblick über die **Ergebnisse** gegeben wird.

(3) Die mit den verschiedenen Methoden bestimmten Kosten der verkehrlichen Luftverschmutzung werden komplett als extern betrachtet, da der Hauptteil dieser Kosten durch **Personenversicherungen**, deren Prämien unabhängig vom Risiko „Verkehrsteilnahme“ erhoben werden oder durch die öffentliche Hand getragen wird. Die Kosten werden damit auf die Gesamtheit der Mitglieder der Versicherungen bzw. auf die gesamte Gesellschaft abgewälzt. Lediglich die Gesundheitskosten, welche dem Verkehrsteilnehmer durch die Schädigung bei der Fahrt selbst anfallen, sind intern. Diese **Selbstschädigung** wird aber aufgrund des geringen Anteils dieser Schäden an den gesamten



Kosten und wegen des hohen Aufwands zur Ermittlung dieser Schäden hier nicht berücksichtigt<sup>51</sup>.

### 2.3.1.1 *Schadenskosten der gesundheitlichen Wirkungen*

(1) Durch Luftverschmutzung verursachte Schadenskosten werden mit Hilfe **epidemiologischer Studien** ermittelt. Dazu werden umfangreiche Feldstudien durchgeführt, mit Hilfe statistischer Methoden ausgewertet und so der Anteil verschiedener Einflussfaktoren auf die Krankheitssituation der Bevölkerung bestimmt. Auf diesem Wege wurden negative Effekte der Luftverschmutzung auf die menschliche Gesundheit klar nachgewiesen. Der Anteil des Verkehrs an diesen Kosten wird mit Hilfe von Emissions- bzw. Immissionsanteilen abgeschätzt. Die **monetäre Bewertung** dieser Schäden basiert auf der Zahl zusätzlicher Krankheitsfälle pro zunehmender Immissionskonzentration einschließlich aller damit verbundenen Kosten.

(2) In der vorliegenden Studie wird auf die Ergebnisse einer durch die WHO und weitere Organisationen in Auftrag gegebenen Untersuchung zurückgegriffen [**WHO 1999**], da sich diese im Rahmen einer umfangreichen Literaturrecherche als die umfangreichste und aktuellste Studie zu diesem Thema herausstellte<sup>52</sup>. Die in [WHO 1999] betrachteten Krankheiten sind in Tabelle 17 aufgelistet. Für jede dieser Krankheiten werden in [WHO 1999] die durch Straßenverkehr verursachten Gesundheitskosten für Frankreich, Österreich und die Schweiz abgeschätzt. [Infras/IWW 2000] baut auf der dort erarbeiteten Methodik auf und leitet aus den länderspezifischen Ergebnissen der drei in [WHO 1999] untersuchten Länder europäische Mittelwerte her. Tabelle 17 zeigt die wichtigsten Ergebnisse aus [Infras/IWW 2000], welche in der vorliegenden Studie als Ausgangsgrößen für die nachfolgenden Berechnungen dienen. Als **Leitindikator** wird der Schadstoff PM<sub>10</sub> verwendet als Partikel mit einem Durchmesser von 10 Mikrometern oder weniger<sup>53</sup>.

---

<sup>51</sup> Zur weiteren Diskussion dieser Frage siehe auch [TUD 2000b, S. 44]

<sup>52</sup> Einen guten Überblick über in den letzten Jahren durchgeführte Studien zur Bestimmung der Schadenskosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung im Allgemeinen und epidemiologischen Ansätzen im Besonderen gibt [Infras/IWW 2000], siehe auch [TUD 2001b].

<sup>53</sup> Dieser Schadstoff hat sich in den letzten Jahren als Leitindikator für die direkten verkehrlichen Wirkungen durchgesetzt. Indikator für die indirekten Wirkungen ist meist Ozon, zur Diskussion der Wahl von Leitschadstoffen siehe [ExternE 1997b, S. 13 f.], [Ecoplan 1996, S. 20], [Friedrich 2001, S. 37].



	Zahl der Fälle <sup>54</sup>	Wert [€] <sup>55</sup>	Einheit
Gesamtsterblichkeit (Erwachsene > 30 Jahre)	350	915.000 <sup>56</sup>	Pro verlorenem Leben
Aufnahmen in Krankenhäusern aufgrund von Atemwegserkrankungen (jedes Alter)	170	7.870	Pro Fall
Aufnahmen in Krankenhäusern aufgrund von kardiovaskulären Erkrankungen (jedes Alter)	321	7.870	Pro Fall
Chronische Bronchitis (Erwachsene >= 25 Jahre)	413	209.000	Pro Fall
Bronchitis (Kinder < 15 Jahre)	4.216	131	Pro Fall
Aktivitätseinschränkung (Erwachsene >= 20 Jahre)	251.009	94	Pro Tag
Asthmaattacken (Kinder < 15 Jahre)	2444	31	Pro Attacke
Asthmaattacken (Erwachsene >= 15 Jahre)	6279	31	Pro Attacke

Tabelle 17: Zusätzliche Krankheitsfälle pro 10 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub> und 1 Mio. EW [Zahl der Fälle], europäischer Mittelwert [nach Infrac/IWW 2000, S. 194 ff.]

(3) Zur Berechnung der **Gesundheitskosten** in der vorliegenden Untersuchung werden die in der Tabelle angegebenen Kostengrößen mit der verkehrsbedingten PM<sub>10</sub>-Belastung multipliziert. Zuvor werden die in der Tabelle angegebenen Werte pro Fall mit der Zahl der Fälle multipliziert. Des Weiteren muss die tatsächliche Zahl der Betroffenen berücksichtigt werden, da die Kostensätze einheitlich pro 1 Mio. Menschen angegeben sind.

### 2.3.1.2 Schadenskosten Gebäude

(1) Im Nahbereich von Hauptverkehrsachsen ist der Verkehr besonders durch die Partikelemissionen hauptverantwortlich für die **Verschmutzung** der angrenzenden **Gebäude**. An verkehrlich nicht exponierten Orten sind die anderen Verursacher stärker beteiligt. Hier stehen vor allem **Korrosionsschäden** von Farben und Blechen infolge von SO<sub>2</sub>- und NO<sub>x</sub>-Emissionen im Vordergrund. In der vorliegenden Studie wird mit der in [**Infras 1992b**] entwickelten Methode gearbeitet und ausschließlich die Schäden ermittelt, welche den Gebäudebesitzern jährlich anfallen, um den sächsischen Gebäudebestand zu reinigen und instand zu halten.

(2) Tabelle 18 zeigt das verwendete Vorgehen. Gearbeitet wird mit einer Kombination aus direkter und indirekter Methode: Die **direkte** Methode wird für verkehrsexponierte Gebäude verwendet, die **indirekte** Methode für nicht verkehrsexponierte Gebäude.

<sup>54</sup> Zunahme von Krankheitsfällen pro 10 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub> und 1 Mio. EW [Zahl der Fälle], europäischer Mittelwert

<sup>55</sup> Bewertet wird mit Zahlungsbereitschaften [Infrac/IWW 2000, S. 196]

<sup>56</sup> 61% von 1,5 Mio.: Da das Risiko der Sterblichkeit mit zunehmendem Alter ansteigt und das Durchschnittsalter der hier berücksichtigten Krankheiten weit über dem von Unfällen liegt, wofür die Zahlungsbereitschaft ursprünglich ermittelt wurde, wird die Zahlungsbereitschaft abgemindert; siehe [WHO 1999].



Kostenart	Verkehrsbelastete Gebiete (direkte Methode)	Nicht verkehrsbelastete Gebiete (indirekte Methode)
<b>Sanierungskosten</b> (durch die verkürzte Lebensdauer einzelner Materialien der Gebäudehülle <sup>57</sup> )	Ergebnisse von Stichproben in Neuchâtel, Zürich und Biel: zusätzlich renovierte Gebäude aufgrund von verkehrlicher Luftbelastung x Kosten pro m <sup>2</sup>	Auskünfte von Fachleuten: Ermittlung der jährlichen Kosten infolge der Lebensdauerverkürzung der Materialien durch die allgemeine Luftverschmutzung, Ermittlung des Verkehrsanteils
<b>Reinigungskosten</b> (von Fenstern und Fassaden)	Auskünfte von Fachleuten: Ermittlung der jährlichen Kosten für zusätzliche Reinigungen an Geschäftsgebäuden	Keine Kosten

Tabelle 18: Vorgehen zur Ermittlung der zusätzlichen Sanierungs- und Reinigungskosten an Gebäuden infolge verkehrsbedingter Luftverschmutzung, Quelle: nach [Infras 1992b, S. Z-9]

(3) Mit Hilfe der **direkten Methode** wird durch den Vergleich der **Sanierungstätigkeit** an verkehrsexponierten und nicht verkehrsexponierten Standorten die Zahl der Gebäude ermittelt, die infolge verkehrlicher Luftverschmutzung erneuert werden müssen. Der Prozentsatz dieser verkehrsbedingten zusätzlichen Sanierungen an verkehrsexponierten Standorten beträgt gemäß [Infras 1992, S. 64] ca. ein Prozent. Die spezifischen **Kosten der Fassadensanierung** in Sachsen wurden mit Hilfe von Kalkulationsprogrammen abgeschätzt mit dem Ergebnis, dass diese bei ca. 80 % der in [Infras 1992b] angegebenen Kosten liegen. Der mittlere Kostensatz pro Quadratmeter sanierter Gebäudefläche beträgt demnach **130 €/m<sup>2</sup>**.<sup>58</sup>

(4) Die Anzahl verkehrsbedingter zusätzlicher **Reinigungskosten** sind in Tabelle 19 dargestellt. Gearbeitet wird mit einem mittleren Kostensatz von 3 €/m<sup>2</sup><sup>59</sup> zu reinigendem Fenster. Dieser Kostensatz wird auf die gesamten Fensterflächen des Freistaates Sachsen angewendet, zum einen, da alle verkehrsexponierten Gebäude von der verkehrsbedingten Luftverschmutzung betroffen sind und zum anderen, da uns keine Informationen zum Anteil professionell gereinigter Gebäude am gesamten Gebäudebestand vorliegen.

	Stadt	Umland	Land
Zusätzliche Reinigungen pro Jahr	3	2	1

Tabelle 19: Zusätzliche Reinigungen von Fenstern pro Jahr an verkehrsexponierten Gebäuden, nach [Infras 1992b, S. 55]

(5) Bei der **indirekten Methode** werden die **Lebensdauerverkürzungen** durch die allgemeine Luftverschmutzung bestimmt und erst in einem zweiten Schritt der verkehrliche

<sup>57</sup> Zu den Folgen zählen vor allem zusätzliche Anstriche und der Ersatz von Blechen und Kunststoffen; zur ausführlichen Darstellung der Folgen der Luftverschmutzung für Gebäude siehe [Infras1992b]

<sup>58</sup> Ableitung aus den Schweizer Daten auf der Basis des Kalkulationsprogramms SIDOUN WinAVA.

<sup>59</sup> Analog zu den Kosten der Fassadensanierung werden auch hier 80% des in [Infras 1992b, S. 71] angegebenen Kostensatzes angesetzt, ein Überblick über aktuelle Fensterpreise ist unter <http://www.laermkontor.de> zu finden.



Anteil an den ermittelten Schäden ermittelt. Diese Methode wie in Tabelle 18 dargestellt für das Nebennetz angewendet<sup>60</sup>. Die in Tabelle 20 angegebenen **Kostensätze** zur Erstellung der verschiedenen Bauteile, deren Lebensdauer sich durch die Luftverschmutzung verringert, wurden wie bereits oben die Kosten der Fassadensanierung mit Hilfe von Kalkulationsprogrammen ermittelt<sup>61</sup>.

Bauteile / Materialien	Spezifische Kosten 1999 [€/m <sup>2</sup> ]	Stadt	Umland	Land	Ø Lebensdauer Land (Referenz) [Jahren]
Fassaden:					
- verputzt	50	50%	25%	0%	28
- verkleidet	120	20%	10%	0%	45
- übrige	115	20%	10%	0%	50
Fenster					
- Fensterrahmen	325	30%	15%	0%	41
- Fensterläden	385	30%	15%	0%	30
Bleche	40	60%	40%	0%	33
Dachrinnen / Ablaufrohre	35	60%	40%	0%	33

Tabelle 20: Schätzung der Lebensdauerverkürzungen durch Schadstoffeinfluß nach Immissionskategorien, Quelle: [Infras 1992b, S. 52]

(6) Im Folgenden wird das **Formelgerüst** vorgestellt, welches zur Berechnung der luftverschmutzungsbedingten Gebäudekosten mit Hilfe der indirekten Methode verwendet wird<sup>62</sup>. Die zentrale Größe der Berechnung sind die Kapitalkosten der Gebäudematerialien, welche sich durch die luftverschmutzungsbedingte Verkürzung der Lebensdauer verringern. Die zusätzlichen Kapitalkosten pro Bauteil können bestimmt werden, indem eine Belastungssituation mit einem Referenzfall ohne relevante Luftverschmutzung verglichen wird:

<sup>60</sup> Für einen ausführlichen Vergleich der beiden Methoden siehe [Infras 1992, S. 31 ff.]

<sup>61</sup> Ableitung aus den Schweizer Daten auf der Basis des Kalkulationsprogramms SIDOUN WinAVA.

<sup>62</sup> In Anlehnung an [Infras 1992b, S. A-12]



$$JK = \sum_{\text{alle Mat.}} (K_{\text{Im}} - K_{\text{Ref}}) \quad \text{(I)}$$

$$\text{mit } K_{\text{Im}} = \frac{r * I_{\text{Im}}}{1 - (1 + r)^{-a_{\text{Im}} * T}} \quad \text{(II)} \quad \text{und} \quad K_{\text{Ref}} = \frac{r * I_{\text{Im}}}{1 - (1 + r)^{-T}} \quad \text{(III)}$$

- JK = Jahreskosten der Luftverschmutzung
- $K_{\text{Im}}$  = Kapitalkosten in einer bestimmten Immissionskategorie (z.B. „Stadt“)
- $K_{\text{Ref}}$  = Kapitalkosten in einem (hypothetischen) Referenzzustand bei vernachlässigbarer Wirkung der Luftverschmutzung
- $I_{\text{Im}}$  = Bauteilspezifisches Investitionsvolumen nach Immissionskategorien
- $r$  = Kapitalzinssatz (realer Zinssatz  $\rightarrow$  2%)<sup>63</sup>
- $a_{\text{Im}}$  = Verkürzungsfaktor für die Lebensdauer in Abhängigkeit von der jeweiligen Immissionskategorie
- T = bauteilspezifische Lebensdauer

(7) In Tabelle 21 werden die **Verkehrsanteile** an den gesamten Kosten angegeben, welche als Ergebnis der Schweizer Untersuchung auf Sachsen angewendet werden, da uns keine sachsenspezifischen Werte dazu vorliegen.

	Stadt	Umland
Verkehrsexponiert		
- Fassade	55%	57%
- Bleche	33%	42%
Nicht verkehrsexponiert		
- Fassade	31%	29%
- Bleche	10%	10%

Tabelle 21: Verkehrsanteile an den gesamten Kosten der luftverschmutzungsbedingten Gebäudeschäden, nach [Infras 1992b, S. A-29]

(8) Die Unterscheidung zwischen verkehrsexponierter und nicht verkehrsexponierter Lage erfolgt in [Infras 1992] anhand der Lärmbelastung: als **verkehrsexponiert** gelten Hauptstraßen und stark befahrene Nebenstraßen mit einer Lärmbelastung von mehr als 60 dB (A). Da für den Freistaat Sachsen keine flächendeckenden Angaben zur streckenfeinen Lärmbelastung vorliegen, arbeiten wir in der vorliegenden Untersuchung mit den in [Infras 1992] ermittelten in Tabelle 22 dargestellten durchschnittlichen Anteilen des verkehrsexponierten Gebäudebestandes. Die Einteilung der Fläche Sachsens in die Gebiete „**Stadt**“, „**Umland**“ und „**Land**“ erfolgt ebenfalls in Anlehnung an [Infras 1992], wobei die Immissionskonzentrationen den Werten des sächsischen Immissionskatasters angepasst wurden.

<sup>63</sup> Wie auch [Infras 1992b, S. A-13] stützen wir uns auf den langfristigen Zinssatz ab und setzen diesen mit 2% an. Der Grund dafür ist, dass es sich hier um eine reale Betrachtung handelt, ohne Berücksichtigung der Teuerung. Zur Diskussion der Höhe von Zinssätzen siehe auch [DIW 2000, S. 12 f.]



	PM <sub>10</sub> -Konzentration [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Anteil verkehrsexponierter Fassadenfläche
Stadt	0-18	30 %
Umland	18-20	15 %
Land	> 20	10 %

Tabelle 22: Einteilung Sachsens in verschieden stark verkehrsbelastete Gebiete anhand der PM<sub>10</sub>-Immissionskonzentrationen 1999, Quelle: [Infras 1992], Immissionskataster Sachsen

(9) Die Schätzung der Kosten erfolgt auf Grundlage von Daten für das **Jahr 1999**<sup>64</sup>. Da zwischen der Emission der Schadstoffe und dem Schadenseintritt eine zeitliche Verzögerung besteht, werden damit Schäden erfasst, die durch Emissionen früherer Jahre hervorgerufen wurden. Nach dem Verursacherprinzip sollten diese dem Verursacher, sprich den Verkehrsteilnehmern vor 1999 angelastet werden. Geht man beispielsweise davon aus, dass der Schadensprozess an den Gebäuden 10 Jahre dauert, so müsste man den heutigen Verkehrsteilnehmern die für das Jahr 2010 prognostizierten Schäden anlasten.

(10) Diese **Zeitverzögerung** betrifft nur die Sanierungs-, nicht aber die Reinigungskosten. Um deren Relevanz abschätzen zu können, bedarf es Informationen zur Entwicklung der verkehrlichen Emissionen, des Gebäudebestandes, des Renovationsvolumens sowie der Kostensätze. Betrachtet man Prognosen der nächsten Jahre für diese Größen, so ergibt sich keine klare Tendenz: Für die Emissionen kann von einer leichten Minderung ausgegangen werden, der Gebäudebestand dürfte sich nicht mehr allzu stark erhöhen, da die Zeit der starken Bautätigkeit langsam dem Ende entgegengeht (wichtig sind hier vor allem Gebäude an verkehrsexponierten Standorten) und die Kostensätze werden weiter steigen. Da die Einzelkomponenten zudem sehr unsicher sind und der Aufwand zu ihrer detaillierten Erfassung unverhältnismäßig groß ist, wird das Problem der zeitgerechten Kostenzurechnung hier vernachlässigt und die laufenden Kosten dem jeweiligen Verkehrsvolumen direkt zugeordnet.

### 2.3.1.3 *Schadenskosten Vegetation*

(1) Folgende Punkte zählen zu den **Wirkungen** erhöhter Schadstoffkonzentrationen auf die Vegetation:

- Minderung **ökonomischer Leistungen** durch Ertragseinbußen, Wachstums- und Qualitätsminderungen, eingeschränkte Möglichkeiten zur Auswahl von Pflanzen, erhöhte Aufwendungen für die Pflege und Düngung der Pflanzen

<sup>64</sup> Die Zuordnung der Gebäudeschäden zu einem konkreten Jahr ist schwierig bzw. nicht sinnvoll, da die dafür notwendige Genauigkeit der Informationen zu Gebäudeflächen nicht gegeben ist. Das für die vorliegende Untersuchung verwendete Verfahren zur Ermittlung der Fassadenflächen ist in Kapitel 2.3.2.2 beschrieben und beruht auf digitalen Gebäudedaten der Vermessungsämter Dresden und Chemnitz, welche laufend aktualisiert werden. Der Fehler, der durch die Übertragung dieser Daten auf den gesamten Freistaat Sachsen entsteht, ist bei den geringen Veränderungen des Gebäudebestandes evtl. sogar größer als die Veränderung der Fassadenflächen zwischen einzelnen Jahren. Ermittelt wird in der vorliegenden Studie demzufolge ein Wert für die Gebäudeschäden, der für das Jahr 1999 und 2000 angewendet werden kann, bei einer eventuellen Fortschreibung sollte dann die Teuerung der Sanierungskosten beachtet werden.



- Beeinträchtigung der **ökologischen Funktion** durch die Minderung der Flächenfunktion von Pflanzen: Damit verbunden sind Folgen für den Wasserhaushalt, die Bodenerosion, den Stoffkreislauf und die Luftreinigung
- Minderung des **ideellen Wertes** der Ökosysteme, womit ethische, ästhetische und naturwissenschaftliche Aspekte gemeint sind
- Verlust an **Genressourcen**.

(2) In der vorliegenden Studie werden ausschließlich die **ökonomischen Wirkungen** berücksichtigt, da die Monetarisierung aller anderen Aspekte aufgrund der Komplexität der Problematik beim gegenwärtigen Stand der Forschung nicht möglich scheint<sup>65</sup>. Bei den zu berechnenden Kosten wird es sich daher um eine sehr vorsichtige Schätzung der tatsächlichen Beträge handeln.

(3) Folgende Verfahren zur Bestimmung der luftverschmutzungsbedingten Vegetationsschäden werden in [TUD 2001b] vorgeschlagen:

- I. Das in [Infras/IWW 2000] entwickelte Verfahren: Hier wurde auf der Basis der Ergebnisse verschiedener Schweizer Studien für die Höhe luftverschmutzungsbedingter **Ernteauffälle** folgende Gleichung abgeleitet:

$$CL = \alpha * \frac{E}{F} * LP$$

CL = crop losses (Ertragseinbußen) [€]

E = NO<sub>x</sub>-Emissionen [t]

F = Fläche [km<sup>2</sup>]

LP = Landwirtschaftliche Produktion [€]

$\alpha^{66}$  = 0,0037m<sup>2</sup>/t

- II. Auch zur Ermittlung der luftverschmutzungsbedingten **Waldschäden** wird der in [Infras/IWW 2000] erarbeitete Ansatz vorgeschlagen:

$$FD = \eta * \frac{E}{F} * WF * PPP$$

FD = forest damages (Waldschäden) [€]

E = NO<sub>x</sub>-Emissionen [t]

F = Fläche [km<sup>2</sup>]

WF = Waldfläche [km<sup>2</sup>]

$\eta$  = 0,025 €/t

PPP = Kaufkraft zur Berücksichtigung der verschiedenen Verhältnisse der europäischen Länder, für Deutschland 1,091

- III. Für die Abschätzung ozonbedingter **landwirtschaftlicher Schäden** wird das Verfahren nach [IWW 1998] mit den in Tabelle 23 aufgeführten Kostensätzen vorgeschlagen:

<sup>65</sup> Einige Aspekte der ökologischen Funktion werden unter der Kostenkomponente Natur und Landschaft erfasst. (siehe Kapitel 2.7)

<sup>66</sup> Dieser Parameter wurde anhand von Schweizer Daten bestimmt.



	Spezifische Kosten	
	[€ / t NO <sub>x</sub> und Jahr]	[€ / t VOC und Jahr]
1999	64	72 <sup>67</sup>

Tabelle 23: Spezifische Kostensätze pro Schadstoffemission für ozonbedingte landwirtschaftliche Schäden für 1999, nach: [IWW 1998, S. 55]<sup>68</sup>

(4) Die Anwendung des **ersten Verfahrens** hat sich als problematisch erwiesen, da aus [Infras/IWW 2000] nicht ersichtlich ist, welche Produkte zur „landwirtschaftlichen Produktion“ gezählt werden, eine Größe, von der das Ergebnis stark abhängt<sup>69</sup>. Zudem ist die Datenlage schlecht: Bundesweite Angaben zu Produktionswerten und Verkaufserlösen können dem Statistischen Jahrbuch der Bundesrepublik Deutschland entnommen werden<sup>70</sup>. Im Statistischen Jahrbuch des Freistaates Sachsen sind vergleichbare Daten nicht enthalten. Auf unsere Anfrage hin wurden uns zwar durch die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft sehr detaillierte Daten z.B. zu spezifischen Erlösen einzelner Gemüsesorten im Jahresverlauf zur Verfügung gestellt<sup>71</sup>. Deren Zusammenfassung ist aber schwierig, da z.B. nicht klar ist, ob wirklich alle Komponenten der Rubrik „Gemüse“ des Statistischen Jahrbuchs der Bundesrepublik Deutschland mit den Einzelangaben der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft erfasst werden. Aus den genannten Gründen wird im weiteren ausschließlich mit den **Verfahren II und III** gearbeitet.

## 2.3.2 Eingangsdaten

### 2.3.2.1 Schadstoffemissionen und -immissionen

(1) Die zur Bestimmung luftverschmutzungsbedingter Schadenskosten notwendigen **Emissionsdaten** für die Schadstoffe PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub> und VOC werden dem Emissionskataster Verkehr für den Freistaat Sachsen entnommen. Enthalten sind hier die Auspuffemissionen, nicht aber die Emissionen, die z.B. durch den Abrieb von Reifen verursacht werden. Zur Bestimmung dieser im folgenden „**Nicht-Auspuff-Emissionen**“ genannten Emissionen gibt es kein offiziell abgestimmtes Verfahren in Deutschland. Die Bestimmung dieser Größe ist zudem mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden, da die PM<sub>10</sub>-Emissionen durch Staubaufwirbelung und Abrieb einer Vielzahl von Einflussfaktoren unterliegen. Nicht relevant sind die Nichtauspuffemissionen für den Luftverkehr und die Binnenschifffahrt.

<sup>67</sup> Dieser Wert wurde im Vergleich zu [TUD 2001b, S. 43] korrigiert, es hatte sich ein Tippfehler eingeschlichen.

<sup>68</sup> Interpolation zwischen den Kostensätzen und verschiedenen Belastungsniveaus von 2010 und 1990.

<sup>69</sup> Auch mit Hilfe einer Recherche der zugrunde liegenden Studien konnte diese Frage nicht geklärt werden.

<sup>70</sup> Siehe [Statistisches Bundesamt 2001, S. 161]

<sup>71</sup> Ansprechpartner ist Herr Auerbach, Tel. 4771-102.



(2) In der vorliegenden Studie werden die Nicht-Auspuff-Emissionen mit den in Tabelle 24 aufgeführten Prozentsätzen aus [Infras/IWW 2000] berechnet, welche auf [Infras 1999] beruhen<sup>72</sup>.

Verkehrsmittel	Nicht-Auspuff -PM <sub>10</sub> -Emissionen [g/Fzkm] bzw. [g/Zugkm]	Mittlerer Prozentsatz der Auspuff-PM <sub>10</sub> -Emissionen	Mittlerer Prozentsatz der Nicht-Auspuff -PM <sub>10</sub> -Emissionen
Pkw	0,12	12%	88%
Bus	1,2	37%	63%
Leichte Nutzfahrzeuge	0,21	56%	43%
Schwere Nutzfahrzeuge	1,2	31%	69%
Schienenpersonenverkehr	2	49%	51%
Schienengüterverkehr	2	61%	39%

Tabelle 24: Anteil der Partikelemissionen<sup>73</sup>, die durch Verbrennungsprozesse entstehen, Quelle: [Infras/IWW 2000, S. 35]

(3) Die **PM<sub>10</sub>-Immissionen** liegen im Immissionskataster Sachsen vor. Schwierig ist die Abschätzung des Verkehrsanteils an der gesamten Immissionskonzentration, da dieser nicht direkt aus den Immissionsdaten abgeleitet werden kann. Verschiedene Möglichkeiten zur Bestimmung dieses Anteils werden in [TUD 2001b] diskutiert. In der vorliegenden Untersuchung wird mit den folgenden zwei Verfahren gearbeitet:

1. Angenommen wird, dass der **Emissionsanteil** des Verkehrs an den Emissionen aller Emittenten seinem Immissionsanteil entspricht. Mit dieser Annahme wird der Verkehrsanteil tendenziell unterschätzt, denn durch die Bodennähe, in der der Verkehr emittiert, ist sein Beitrag zu bodennahen Immissionen höher als der anderer Emittenten gleicher Emissionsmengen, die in größerer Höhe emittieren wie z.B. Kraftwerke. Diese Annahme entspricht damit dem in der vorliegenden Studie verfolgten Prinzip, im Zweifel die externen Kosten immer vorsichtig zu schätzen. Dieses Verfahren wird für alle vier Verkehrsmittel angewendet.
2. Es wird eine einheitliche Vorbelastung für den gesamten Freistaat Sachsen angenommen, welche von den Werten des Immissionskatasters abgezogen wird. Das Ergebnis dieser Rechnung ist ein Konzentrationsfeld, das der Zusatzbelastung aller in Sachsen emittierenden Quellgruppen entspricht. Neben dem Verkehrsanteil sind hier demzufolge auch die Anteile von Hausbrand, Industrie und anderen Quellen enthalten, wodurch der Verkehrsanteil tendenziell überschätzt wird. Auch dieses Verfahren kann nur eine erste

<sup>72</sup> Auf die Rechnung mit dem in [TUD 2001b] beschriebenen Verfahren von Lohmeyer [Lohmeyer 2000] wurde verzichtet, da inzwischen weitere Forschungsarbeiten zur Ermittlung der Nichtauspuffemissionen geleistet wurden [Lohmeyer 2001]. Die Anwendung der hier vorgeschlagenen Formel [Lohmeyer 2001, S. 50] für die Berechnung der Nichtauspuffemissionen ist im Rahmen der vorliegenden Studie nicht möglich, da die benötigten Parameter für den gesamten Freistaat Sachsen nicht vorliegen und zudem in [Lohmeyer 2001] auf Kritikpunkte an der Formel hingewiesen und weiterer Forschungsbedarf aufgezeigt wird. Die Berechnung der Nichtauspuffemissionen mit Hilfe von [Infras/IWW 2000] gewährleistet außerdem eine gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse der vorliegenden Studie mit den europaweit ermittelten externen Kosten.

<sup>73</sup> Alle prozentualen Angaben gewichtsbezogen.



Näherung sein, bis aus einem weiterentwickelten Immissionskataster genauere Informationen gewonnen werden können.

Die Wahl dieses Verfahrens geschah in Absprache mit dem Büro Lohmeyer, welches auch den Wert für die Vorbelastung zur Verfügung stellte. Er entspricht den gemessenen PM<sub>10</sub>-Werten an sächsischen Messstellen der Messstellenklasse 1<sup>74</sup>. Die gemessenen Werte schwanken zwischen 13,8 µg/m<sup>3</sup> und 19,9 µg/m<sup>3</sup> [Lohmeyer 2000, S. 47]. Je höher der Wert der Vorbelastung gewählt wird, desto niedriger liegen die verkehrsbedingten Immissionswerte. Der **Anteil** der einzelnen **Verkehrsmittel** an der so ermittelten verkehrlichen Immissionsbelastung geschieht wiederum anhand der jeweiligen Emissionen der einzelnen Verkehrsmittel.

(4) Die mit dem ersten Verfahren nach [Infras/IWW 2000] ermittelten **Verkehrsanteile** an den gesamten Immissionen liegen deutlich über den mit dem zweiten Verfahren nach Lohmeyer ermittelten Werten. Das liegt vor allem an den Nichtauspuffemissionen des Straßen- und Schienenverkehrs. Durch die Berücksichtigung dieser Größe erhöhen sich die verkehrlichen PM<sub>10</sub>-Emissionen und damit auch der Anteil der entsprechenden Emissionen an den Emissionen aller Emittenten stark.

(5) Beide Verfahren sind mit **Unsicherheiten** behaftet. Wir arbeiten im Folgenden mit dem ersten Verfahren und führen im Rahmen der Sensitivitätsanalyse in Kapitel 3.3 die Ergebnisse der mit dem Verfahren nach Lohmeyer berechneten luftverschmutzungsbedingten Kosten an. Auch auf diesem Gebiet besteht aber Forschungsbedarf: Sowohl die Ermittlung der Nichtauspuffemissionen als auch die Bestimmung des Verkehrsanteils an den gesamten PM<sub>10</sub>-Immissionen sollten bei einer eventuellen Weiterführung der Arbeiten unbedingt den jeweils aktuellsten Forschungsergebnissen angepasst werden<sup>75</sup>.

### 2.3.2.2 Gebäudeflächen

(1) Für die Berechnung der luftverschmutzungsbedingten **Gebäudeschäden** ist die Kenntnis der Fassadenflächen sächsischer Gebäude notwendig. Da uns dazu keine flächendeckenden Informationen vorliegen, haben wir diese Flächen mit einem an [Isecke 1991] angelehnten Verfahren berechnet. Gearbeitet wird hierbei mit neun Siedlungstypen, für die jeweils ein „Idealgebäude“ mit typischen Wand-, Fenster- und Dachflächen sowie eine typische Gebäudedichte als Zahl der „Idealgebäude“ pro Quadratkilometer angegeben wird.

(2) Zur Einteilung der Fläche Sachsens in die verschiedenen Siedlungstypen haben wir mit den **Strukturtypen** des Lärmkatasters gearbeitet<sup>76</sup>, indem jedem Strukturtyp des Lärmkatasters ein **Siedlungstyp** aus [Isecke 1991] zugeordnet wurde. Da die Festlegung der Strukturtypen nicht unter dem Gesichtspunkt der Gebäudeflächen, sondern zur Abbildung

<sup>74</sup> „Freiland“: Stationen, „die im Großen und Ganzen die Hintergrundbelastung messen“. [Lohmeyer 2000, S. 45].

<sup>75</sup> Hierbei sollten vor allem weitere Arbeiten am Immissionskataster Sachsen berücksichtigt werden, da es bei einer Weiterentwicklung des Verfahrens zur Ermittlung der Immissionen unter Umständen besser möglich sein wird, den Anteil des Verkehrs an den gesamten Immissionen zu bestimmen; zur Diskussion dieser Frage siehe auch [TUD 2001b].

<sup>76</sup> Zur Erläuterung des Lärmkatasters siehe Kapitel 2.1.4.

typischer Lärmverteilungen vorgenommen wurde, war die Zuordnung in einigen Fällen nicht klar möglich. Dann wurde gemäß dem der vorliegenden Studie zugrundeliegenden Vorsichtsprinzip der jeweilige Strukturtyp dem Siedlungstyp mit der geringsten typischen Gebäudefläche pro Quadratkilometer zugeordnet. Andere Strukturtypen wiesen eine gute Übereinstimmung mit einem bestimmten Siedlungstyp auf und konnten so ohne Probleme zugeordnet werden.

(3) Zur Überprüfung der Zuordnung wurden **digitale Gebäudedaten** verwendet, welche uns durch die Städte Chemnitz und Dresden zur Verfügung gestellt wurden. „Per Hand“ wurde die im GIS sichtbare tatsächliche Gebäudedichte mit den Angaben in [Isecke 1991] verglichen, wobei eine gute Übereinstimmung festgestellt wurde. Die Gebäudeflächen konnten nicht überprüft werden, da uns keine Angaben zur Höhe der digitalisierten Gebäude vorlagen. Abbildung 9 zeigt beispielhaft einen Ausschnitt der Gebäudedaten für die Stadt Chemnitz. Als Ergebnis der Rechnungen liegt eine mittlere Gebäudefläche von 83 m<sup>2</sup> pro Einwohner vor, welche gut mit den in [Infras 1992] ermittelten durchschnittlichen Flächen übereinstimmt<sup>77</sup>.

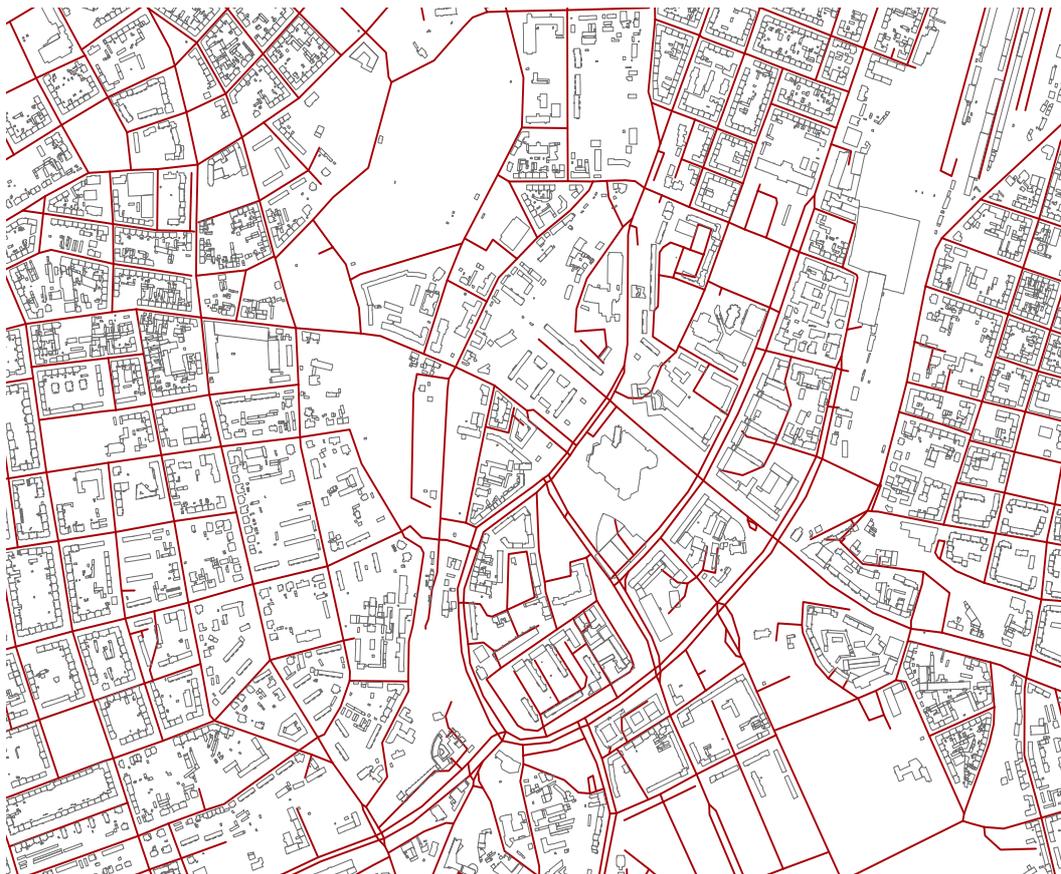


Abbildung 9: Gebäudedaten der Stadt Chemnitz, Quelle: Stadtplanungsamt Chemnitz<sup>78</sup>

<sup>77</sup> Die Anteile der verschiedenen Materialien an der gesamten Fassadenfläche (siehe Tabelle 20) wurden mit geringen Modifikationen aus [Infras 1992] übernommen.

<sup>78</sup> Zusendung per Post durch Frau Kühnel, Stadtplanungsamt Chemnitz.

### 2.3.2.3 Weitere Eingangsdaten

(1) Über die genannten Punkte hinaus fließen folgende Daten in die Berechnung der externen Kosten der Luftverschmutzung ein:

- **Bevölkerungsdaten:** Diese werden dem Lärmkataster entnommen, da sie hier im höchsten Disaggregationsgrad vorliegen.
- Zahl der **Haushalte** nach monatlichem Nettoeinkommen pro Kreis: Diese Angaben wurden durch das Statistische Landesamt Kamenz zur Verfügung gestellt.
- **Waldflächen:** Angaben zur Größe sächsischer Waldflächen wurden bei der Sächsischen Landesanstalt für Forsten in Graupa erfragt, liegen dort aber nicht einheitlich und flächendeckend vor. Aus diesem Grund wird mit den in Abbildung 10 dargestellten durch die Firma DDS digitalisierten Waldflächen gearbeitet.

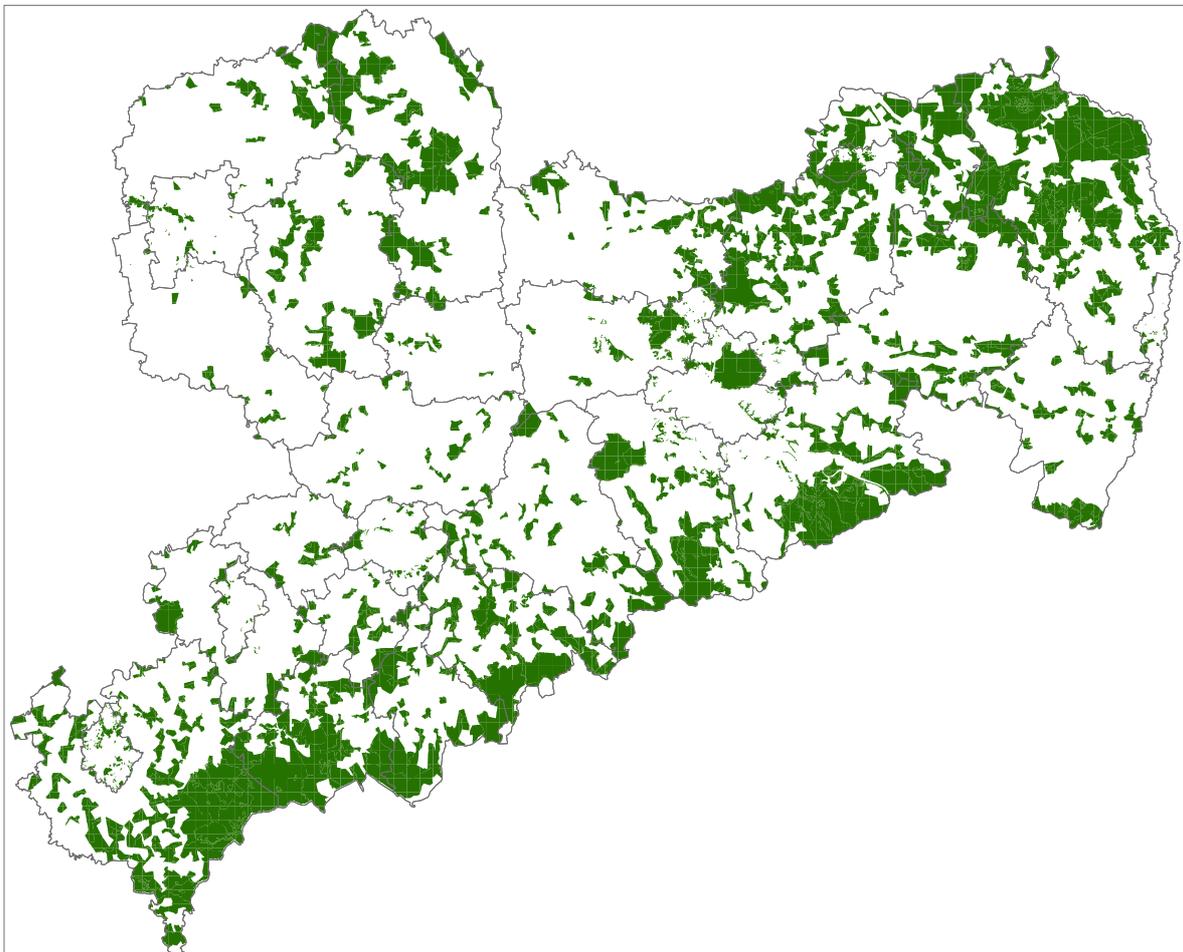


Abbildung 10: Waldflächen im Freistaat Sachsen, Quelle: Daten der Firma DDS

(2) Angaben zur **landwirtschaftlichen Produktion** werden für die Rechnungen nicht benötigt, da von der Nutzung des in Kapitel 2.3.1.3 beschriebenen Verfahrens I zur Bewertung luftverschmutzungsbedingter landwirtschaftlicher Ertragseinbußen aus den im



betreffenden Kapitel genannten Gründen abgesehen wurde. Da uns die Daten aber vorliegen, werden sie trotzdem als „Ausgangsdaten“ in das GIS eingebunden.

### 2.3.3 Ergebnisse

(1) Zur Ermittlung der gesamten luftverschmutzungsbedingten Kosten werden alle Komponenten der **Schadenskosten aufaddiert**. In Tabelle 25 sind die Ergebnisse aufgeführt. Der größte Kostenfaktor sind die gesundheitlichen Folgen der Luftverschmutzung gefolgt von den Gebäudeschäden.

[Mio. €]	Straße	Schiene	Luft	Schiff	Summe
Kosten Landwirtschaft IWW:	4	0,2	0	0	4
Kosten Wald:	0,2	0	0	0	0,2
Gebäude:	231	-	-	-	231
Gesundheit	2.037	85	0,2	13	2.135
Summe:	2.272	85	0	13	2.370

Tabelle 25: Externe Kosten der Luftverschmutzung in Sachsen 1999, eigene Berechnung

## 2.4 Lärmkosten

### 2.4.1 Methodik

(1) Die externen Lärmkosten werden in der vorliegenden Studie in Anlehnung an [Infras/IWW 2000] mit dem Verfahren der **Zahlungsbereitschaft** sowie durch die Ermittlung der **gesundheitsbedingten Schadenskosten** abgeschätzt<sup>79</sup>.

(2) Zur Ermittlung der **Zahlungsbereitschaften** wurden in [Infras/IWW 2000] verschiedene Studien ausgewertet, deren Ergebnisse in Abbildung 11 gegenübergestellt werden. Deutlich wird, dass sich die Anstiege der Kurven, welche die marginale Zahlungsbereitschaft pro dB(A) Lärmreduzierung widerspiegeln, kaum voneinander unterscheiden. Es herrscht demzufolge eine gute Übereinstimmung in Bezug auf den Betrag, den die Menschen für eine bestimmte Lärmreduzierung zu zahlen bereit sind<sup>80</sup>. In Abhängigkeit vom angestrebten Zielpegel variiert aber die „Höhe“ der Kurven und damit der Schnittpunkt der Kurven mit der X-Achse, welcher dem Zielpegel der jeweiligen

<sup>79</sup> Eine Einführung in die Problematik gibt [TUD 2000b].

<sup>80</sup> Diese Erkenntnisse zur Höhe der Zahlungsbereitschaften werden auch durch eine neue in den Jahren 1995 bis 1999 im Kanton Zürich durchgeführte Hedonic-Pricing-Analyse bestätigt [Ecoplan 2000], deren Ergebnisse eine gute Übereinstimmung mit den früheren Untersuchungen zeigen.



Untersuchung entspricht<sup>81</sup>. D.h., von diesem Pegel wird ausgegangen und ermittelt, wieviel die Menschen zur Erreichung dieses Pegels zu zahlen bereit sind.

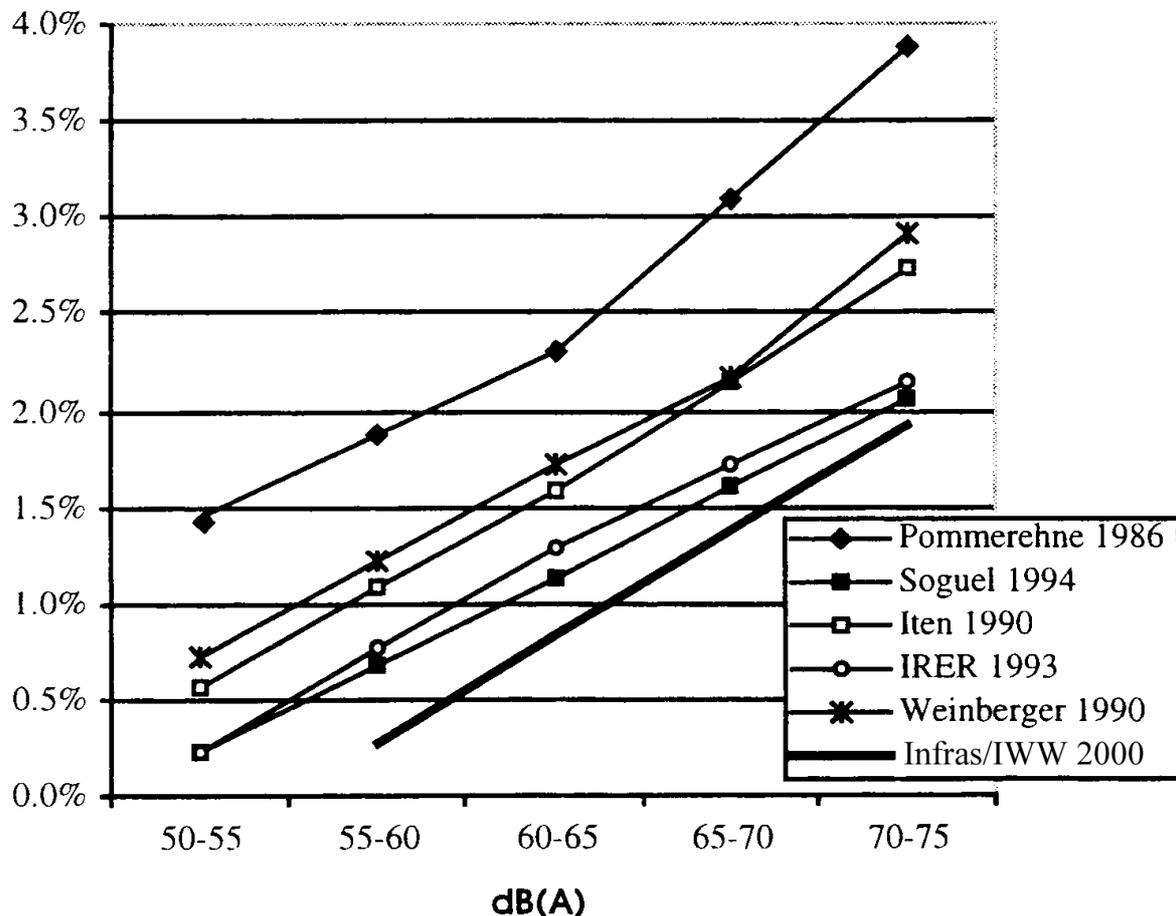


Abbildung 11: Zahlungsbereitschaften zur Lärmreduzierung als prozentualer Anteil am Pro-Kopf-Einkommen, Quelle: [Infrac/IWW 2000, S. 26], wichtigste Aussage der Graphik: Die Anstiege der Kurven sind vergleichbar.

(3) Wird der Anstieg der Kurve unabhängig vom Zielpegel als konstant angenommen, so ist die Berechnung der Zahlungsbereitschaften für beliebige Zielpegel möglich. Für die vorliegende Studie wird als **Zielpegel** der Vorsorgewert zum Lärmschutz laut DIN 18005 für Wohngebiete tagsüber vorgeschlagen. Dieser beträgt für reine und allgemeine Wohngebiete sowie Kleinsiedlungsgebiete tags 50 dB(A)<sup>82</sup>. Nach [Infrac/IWW 2000] beträgt der Anstieg der Zahlungsbereitschaftskurve 18,89, woraus sich für den genannten Zielpegel die folgende Gleichung ergibt:

<sup>81</sup> Unter welchen Prämissen die jeweiligen Zielpegel festgesetzt wurden, ist den verschiedenen Studien zu entnehmen. Für die vorliegende Untersuchung ist diese Frage nicht relevant. Entscheidend ist, dass die Anstiege der Kurven übereinstimmen, denn dann können aus den abgebildeten Kurven Zahlungsbereitschaften für beliebige Zielpegel abgeleitet werden.

<sup>82</sup> Dieser Wert entspricht dem in [EWS 1997] verwendeten Zielwert tags. In [PLANCO 1999, S. 117] wird ein Zielwert von 37 dB(A) für den Straßen- und 42 dB(A) für den Schienenverkehr empfohlen.



$$ZB = 18,89 * LP - 944,5 \quad (IV)$$

ZB = Zahlungsbereitschaft zur Minderung des Lärmpegels auf 50 dB(A)

LP = Lärmpegel

(4) In Tabelle 26 sind die **resultierenden Zahlungsbereitschaften** für die verschiedenen Lärmpegel aufgeführt. Die dargestellten Werte stellen demzufolge den Betrag dar, den die Menschen im Durchschnitt bereit sind, für die Senkung des Lärmpegels auf den Zielwert von 50 dB(A) auszugeben.

Lärmpegel [dB(A)]	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80
Zahlungsbereitschaft Straßen-, Luftverkehr	47	142	236	331	425	519
Zahlungsbereitschaft Schienenverkehr	0	47	142	236	331	425

Tabelle 26: Zahlungsbereitschaften in Euro pro betroffener Person und Jahr in Deutschland für die Erreichung eines Lärmpegels von 50 dB(A), nach: [INFRAS/IWW 2000, S. 27]<sup>83</sup>

(5) Das zweite Verfahren, das in der vorliegenden Untersuchung zur Anwendung kommt, ist die Abschätzung lärmbedingter Gesundheitskosten. Der Zusammenhang zwischen Lärm und **gesundheitlichen Schäden** wurde in zahlreichen Studien nachgewiesen. Einen Überblick gibt [INFRAS/IWW 2000]. Zur vorsichtigen Schätzung der Gesundheitskosten werden in der vorliegenden Studie in Anlehnung an [INFRAS/IWW 2000] die in Tabelle 27 zusammengefassten erhöhten Risiken für Herzinfarkte und deren Folgen berücksichtigt. Die Folgen werden mit Hilfe des Risk Value<sup>84</sup> abgeschätzt, Produktivitätsverluste werden vernachlässigt<sup>85</sup>.

Quelle	Ort	65-70 dB(A)	70-75 dB(A)	75-80 dB(A)
Babisch 1993	Caerphilly, Speedwell	+20%	-	-
Babisch 1994	Berlin	-	+20%	+70%
Infras/IWW 2000	Abgeleiteter Wert	+20%	+30%	

Tabelle 27: Prozentuale Erhöhung des durch Lärm verursachten Risikos für Herzinfarkte, Quelle: [INFRAS/IWW 2000, S. 28]

(6) Um die Gefahr von Doppelzählungen zu vermeiden, werden die **Ergebnisse** der beiden Methoden nicht zu den gesamten Lärmkosten aufaddiert sondern **gegenübergestellt**. Damit entsprechen wir dem der vorliegenden Studie zugrunde liegenden Vorsichtsprinzip. Die lärmbedingten Gesundheitskosten werden für den Straßenverkehr berechnet und mit den

<sup>83</sup> Zielpegel umgerechnet auf 50 dB

<sup>84</sup> Zum Risk Value siehe auch Kapitel 2.2.1 sowie [TUD 2000b] und [TUD 2001b].

<sup>85</sup> Diese Vereinfachung ist aufgrund des hohen Durchschnittsalters der Betroffenen sowie der geringen Zahl der Fälle gerechtfertigt.



Ergebnissen der Zahlungsbereitschaft verglichen, um eine Größenordnung der Verhältnisse zu geben.

(7) Mit den genannten Verfahren wird die Lärmbelastung durch den Straßenverkehr in bewohnten Gebieten monetarisiert. Für die Bewertung der **Lärmbelastungen auf Freiflächen** wird auf ein in [IWW 1998] entwickeltes Verfahren zurückgegriffen, welches die durchschnittlichen Kostensätze pro Fahrleistung aus [Infras/IWW 1995] verwendet und je nach Nutzungstyp differenziert<sup>86</sup>. Dazu werden Betroffenheiten verwendet, die als Faktor dienen, mit dem die Kostensätze aus [Infras/IWW 1995] multipliziert und so an die jeweilige Nutzungsart angepasst werden<sup>87</sup>. Dabei zeigt sich, dass die Betroffenheiten in unbebauten Gebieten kaum geringer sind als in bebauten Gebieten<sup>88</sup>. Für die vorliegende Studie wird daher ein vorsichtiger Ansatz gewählt und der Lärm in unbewohnten Gebieten berechnet, indem das dort erbrachte Verkehrsaufkommen mit zwei Dritteln des Kostensatzes aus [Infras/IWW 2000] angesetzt wird<sup>89</sup>.

(8) Für den **Flugverkehr** werden analog zum Straßenverkehr Zahlungsbereitschaften ermittelt<sup>90</sup>. Für den **Schienenverkehr** gelten die in Tabelle 28 aufgeführten durchschnittlichen externen Lärmkosten pro Verkehrsleistung, da flächendeckende Angaben zur Lärmbelastung durch den Schienenverkehr nicht vorliegen<sup>91</sup>. Die Lärmkosten der **Binnenschifffahrt** sind aufgrund des geringen Ausmaßes vernachlässigbar.

<sup>86</sup> Das Verfahren in [IWW 1998] wurde zur Bewertung von Lärm außerhalb von Wohnungen sowohl in bebauten als auch in unbebauten Wohnungen entwickelt. Wir wenden es hier aber nur für unbewohnte Gebiete an in der Annahme, dass die Zahlungsbereitschaften die Lärmbelastung der Betroffenen inner- und außerhalb von Wohnungen abbilden und nur Lärmbelastungen in unbewohnten Gebieten unberücksichtigt lassen. Diese Lücke wird mit dem Verfahren von [IWW 1998] geschlossen.

<sup>87</sup> In bewohnten Gebieten fließt außerdem die Zahl der Einwohner in die Rechnungen ein.

<sup>88</sup> In [IWW 1998] wird mit 3 Lärm-Raum-Typen gearbeitet (Wohnnutzung, funktionale Nutzung, naturnahe Erholung), für welche jeweils vier Stufen der Lärmsensibilität unterschieden werden [IWW 1998, S. 73]. Da die Einteilung der gesamten Fläche des Freistaates Sachsen in diese recht feinen Nutzungstypen im Rahmen der vorliegenden Studie nicht möglich war, arbeiten wir hier mit den mittleren Betroffenheiten der zu unbebauten Gebieten zu zählenden Nutzungstypen. Diese entsprechen den nicht bewohnten Gebieten des Lärmkatasters.

<sup>89</sup> Wir verwenden nicht wie [IWW 1998] die durchschnittlichen Kostensätze aus [Infras/IWW 1995], sondern die aktuelleren aus [Infras/IWW 2000]: eine Änderung, die unproblematisch ist, da sie keinen Einfluß auf das verwendete Verfahren hat.

<sup>90</sup> Die durch den Flugverkehr verursachte Lärmbelastung auf Freiflächen bleibt unberücksichtigt, da die Anwendung des Verfahrens aus [IWW 1998] auf den Flugverkehr nicht möglich ist und uns keine anderen Ansätze zur Bewertung dieser Effekte vorliegen.

<sup>91</sup> Diese Kostensätze werden flächendeckend für bebaute und unbebaute Gebiete angewendet.



	[Infras/IWW 2000, S. 273]
Straßenpersonenverkehr	7 €/Pkm
Straßengüterverkehr	8 €/Tkm
Schienenpersonenverkehr	5,9 €/Pkm
Schienengüterverkehr	4,7 €/Tkm
Personenverkehr Luft	4,9 €/Pkm
Güterverkehr Luft	19 €/Tkm

Tabelle 28: Kostensätze zur Abschätzung externer Lärmkosten der verschiedenen Verkehrsmittel

### 2.4.2 Eingangsdaten

(1) Die straßenverkehrsbedingten Lärmbelastungen der sächsischen Bevölkerung liegen im Lärmkataster Sachsen vor. Die Daten wurden uns durch das LfUG kreisfein zur Verfügung gestellt und von uns auf die jeweiligen Gemeinden übertragen. Damit beruhen die im GIS gemeindefein ausgewiesenen externen Lärmkosten auf der Annahme, dass die Verteilung der Lärmbelastung im gesamten Kreisgebiet gleich ist. Tabelle 29 zeigt die mittleren sächsischen Betroffenheiten auf.

Betroffene in Pegelklasse	Tag	Nacht	Anteile Tag	Anteile Nacht
<40	77.651	1.021.072	2%	23%
40-45	290.811	1.028.304	6%	23%
45-50	782.544	1.060.063	17%	24%
50-55	1.113.344	739.350	25%	17%
55-60	1.016.897	447.463	23%	10%
60-65	683.515	160.067	15%	4%
65-70	391.754	22.465	9%	1%
70-75	111.871	971	2%	0%
>=75	11.381	13	0%	0%
Gesamt:	4.479.767	4.479.767	100%	100%

Tabelle 29: Betroffene verschiedener Lärmbelastungen im Freistaat Sachsen, Quelle: Lärmkataster Sachsen des LfUG<sup>92</sup>

(2) Daten zum **Schienenverkehrslärm** liegen ausschließlich für die großen sächsischen Städte vor, nicht aber flächendeckend für den gesamten Freistaat Sachsen. Abbildung 12 zeigt beispielhaft die Lärmbelastung durch den Schienenverkehr in der Stadt Dresden<sup>93</sup>. Für

<sup>92</sup> Zusendung durch Herrn Rink, LfUG, per Mail vom 7.1.2002

<sup>93</sup> Den abgebildeten Schallimmissionspegeln des Schienenverkehrs liegen die Ergebnisse der i. A. des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landesentwicklung durch die Heusch-Boesefeldt GmbH erarbeitete "Studie zur Verbesserung der Umweltsituation im Oberen Elbtal - Emissionskataster der Quellengruppe Verkehr" zugrunde. Die Emissionsdaten repräsentieren den Stand 1994. Aktuellere Daten liegen nur für vereinzelte Abschnitte vor.

Leipzig und Chemnitz blieben unsere Bemühungen, Daten zum Schienenverkehrslärm zu erhalten, auf Grund zu großer Datenmengen bzw. Problemen der Datenübertragung ohne Erfolg. Auf Grund dieser schlechten Datenlage wird wie bereits erwähnt für den Schienenverkehr mit durchschnittlichen Kostensätzen gearbeitet.

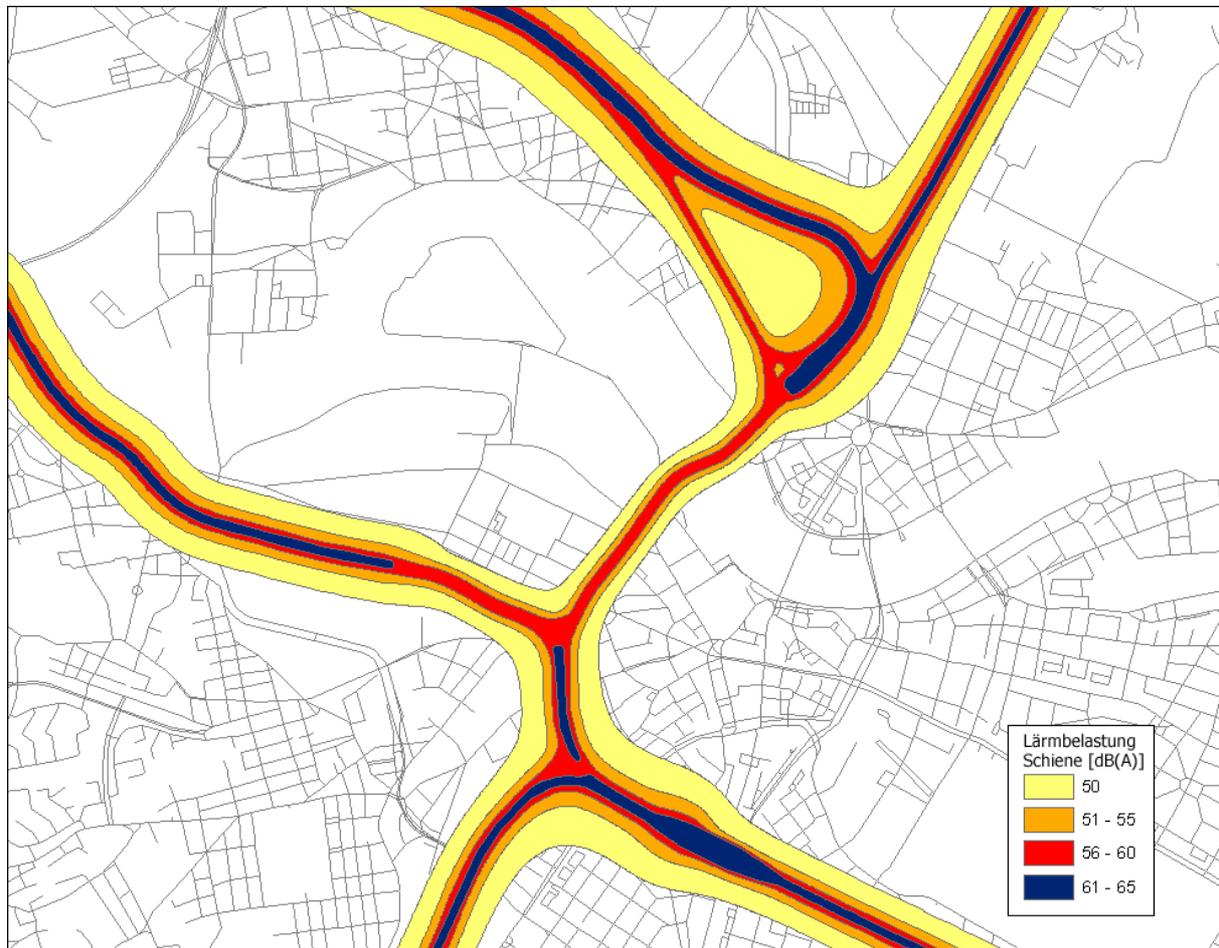


Abbildung 12: Lärmbelastung tags durch den Schienenverkehr in der Stadt Dresden, durch das Umweltamt der Stadt Dresden, Herrn Rothe, zur Verfügung gestellt, Grundlage: Heusch-Boesefeldt GmbH: "Studie zur Verbesserung der Umweltsituation im Oberen Elbtal - Emissionskataster der Quellengruppe Verkehr"

(3) Daten zum **Flugverkehrslärm** liegen nur für die Flughäfen Leipzig und Dresden vor<sup>94</sup>. Zur Verfügung stehen uns für beide Flughäfen die Konturen des Siedlungsbeschränkungsbereichs<sup>95</sup> sowie des Bereichs erhöhter Fluglärmbelastung<sup>96</sup>. Diese werden im Landesentwicklungsplan ausgewiesen und dienen als Vorgabe für die Bauleitplanung in den betroffenen Gebieten. So sollen innerhalb des

<sup>94</sup> Am LfUG ist eine Untersuchung der Lärmbelastungen an den Landeplätzen geplant, allerdings ohne einen zeitlichen Rahmen angeben zu können. Im Rahmen weiterführender Arbeiten sollte hier jeweils der aktuelle Stand der Arbeiten erfragt werden.

<sup>95</sup> Entspricht  $Leq3 = 60$  dB

<sup>96</sup> Entspricht  $Leq3 = 65$  dB

Siedlungsbeschränkungsbereichs nur Industrie- und Gewerbegebiete geplant werden. Berechnet wurden die **Lärmkonturen** für ein maximales Verkehrsaufkommen, welches die Flughäfen bewältigen können – der Grund, weshalb diese Konturen nicht als Status quo der Lärmbelastung in die vorliegende Untersuchung einbezogen werden können.

(4) Eine weitere Information sind die **Daten** der Meßstellen der beiden Flughäfen, welche uns ebenfalls vorliegen. Diese Meßergebnisse spiegeln die tatsächliche Lärmbelastung an den verschiedenen Meßpunkten wieder. Es handelt sich dabei aber naturgemäß um punktuelle Werte, welche für die vorliegende Untersuchung nicht ausreichen.

(5) Da aber flächenhafte Daten zum Flugverkehrslärm nicht verfügbar sind, wurde folgender **pragmatischer Ansatz** gewählt: Verwendet werden die in Abbildung 13 beispielhaft für den Flughafen Dresden abgebildeten Konturen des Siedlungsbeschränkungsbereichs sowie des Bereichs erhöhter Fluglärmbelastung. Die mit diesen Konturen verbundene berechnete Lärmbelastung wurde mit den Leq3-Meßwerten für das Jahr 1999 abgeglichen.

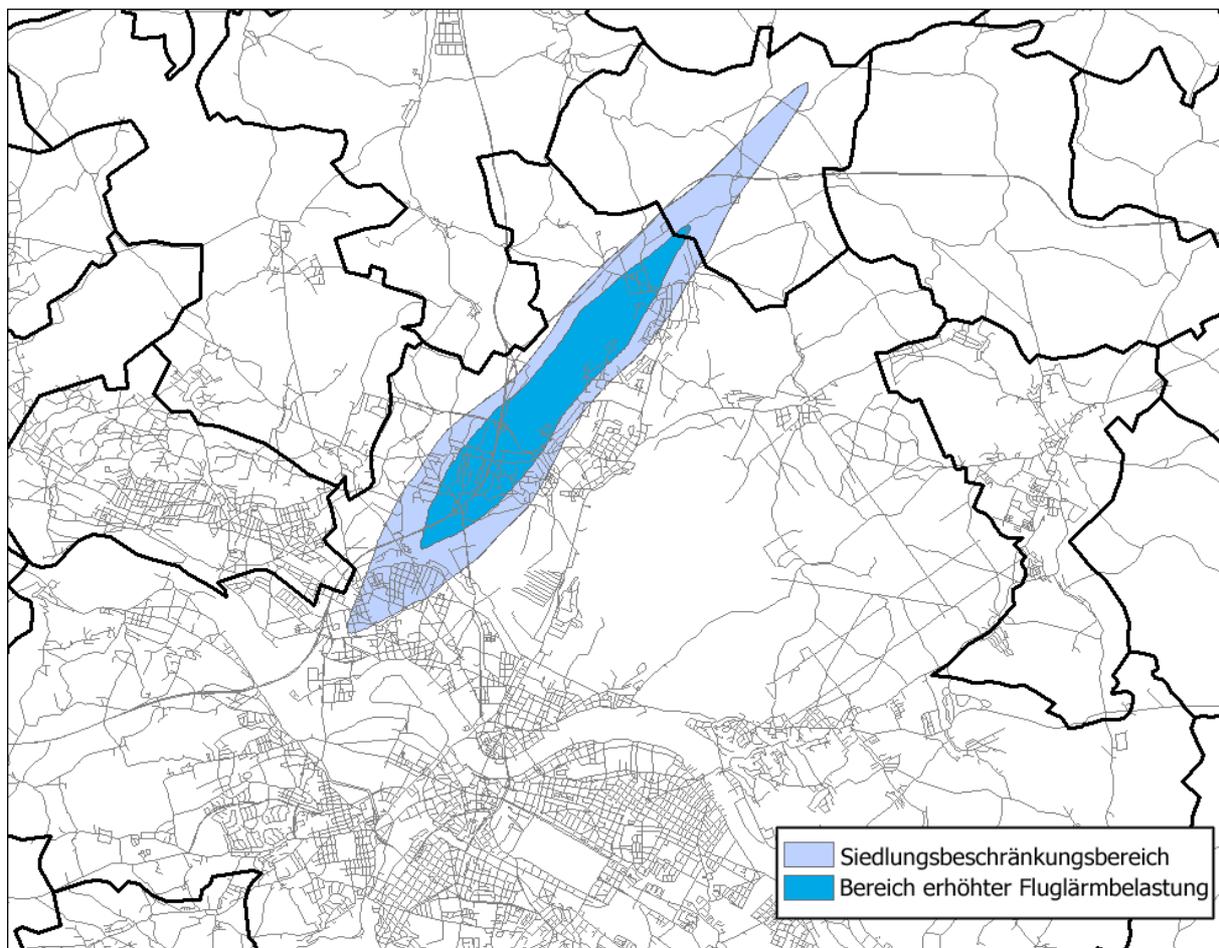


Abbildung 13: Siedlungsbeschränkungsbereich des Flughafens Dresden, durch das Umweltamt der Stadt Dresden, Herrn Rothe, zur Verfügung gestellt, Grundlage: Landesentwicklungsplan Sachsen, SächsGVBl. Nr. 51/94 S. 1513



### 2.4.3 Ergebnisse

(1) Die mit Hilfe der beschriebenen Verfahren ermittelten **externen Lärmkosten** für die verschiedenen Verkehrsträger sind in Tabelle 30 aufgeführt. Die über die lärmbedingte Erhöhung von Herzinfarkttrisiken berechneten Gesundheitskosten für den Straßenverkehr in Sachsen im Jahr 1999 betragen 165 Mio. € und liegen damit deutlich unter den Zahlungsbereitschaften. Das liegt daran, dass das erhöhte Herzinfarkttrisiko lediglich einen kleinen Ausschnitt der gesamten lärmbedingten Schadenskosten abbildet. Unberücksichtigt blieben z.B. die Erhöhung von Konzentrationsstörungen oder auch Herz-Kreislaufkrankungen<sup>97</sup>. Im Folgenden wird deshalb mit den Ergebnissen der Zahlungsbereitschaften gearbeitet.

[Mio. €]	Lärmkosten
Straßenverkehr	695,0
Schieneverkehr <sup>98</sup>	102,2
Flugverkehr	1,9
Binnenschifffahrt	-
Summe	799,1

Tabelle 30: Externe Lärmkosten in Sachsen für das Jahr 1999, ermittelt mit dem Verfahren der Zahlungsbereitschaften, eigene Berechnung

(2) Auf Grund der Unzulänglichkeit der Ausgangsdaten werden die Ergebnisse für den **Flugverkehr** lediglich als sachsenweiter Wert ausgewiesen, nicht aber in der gemeindefeinen Auswertung im GIS mitgeführt. Hier wäre es wünschenswert, wenn die durch das LfUG geplanten Lärmrechnungen für die Landeplätze und evtl. auch für die Flughäfen unter Einbeziehung der neuen Start- und Landebahn in Leipzig baldmöglichst durchgeführt werden könnten. Das Gleiche gilt für den **Schieneverkehr**, auch hier muss die Datenlage zum gegenwärtigen Zeitpunkt als sehr schlecht bezeichnet werden.

## 2.5 Klimakosten

### 2.5.1 Methodik

(1) Klimaschäden werden durch verschiedene vor allem treibhauswirksame Schadstoffe verursacht, welche in den meisten Untersuchungen durch CO<sub>2</sub> als Leitschadstoff vertreten werden. Die Klimafolgen dieser anthropogenen Schadstoffemissionen erstrecken sich über

<sup>97</sup> Einen guten Überblick über Lärmfolgen gibt Willeke, R.; Weinberger, M.: Kosten des Lärms in der Bundesrepublik Deutschland, in: [Junkernheinrich 1992, S. 103]

<sup>98</sup> Für den Schienenverkehr wurde wie in Kapitel 2.4.2 begründet und beschrieben mit durchschnittlichen Kostenwerten aus [Infras/IWW 2000] gerechnet.



langfristige Zeiträume und unterliegen komplexen Wirkungsmechanismen: Dosis-Wirkungsbeziehungen sind daher nicht bekannt. Niemand kann heute sagen, in welcher Höhe die Schäden liegen werden, welche den nachfolgenden Generationen durch die Emission einer Tonne CO<sub>2</sub> in der heutigen Zeit in einer bestimmten Region der Welt entstehen. Die zu erwartenden Effekte liegen außerhalb jeglicher menschlichen Erfahrung. Die exakte Abschätzung der **Klimaschadenskosten** ist daher mit großen Schwierigkeiten verbunden<sup>99</sup>. Einen Überblick über Studien, in denen die Klimafolgen mit Hilfe von aufwendigen Programmen für verschiedene Emissionsszenarien simuliert und monetarisiert werden, gibt [Infras/IWW 2000].

(2) Leichter ist es, die Kosten zu bestimmen, die notwendig wären, um die Emissionen der klimaschädigenden Stoffe zu **vermeiden**. Diese Methode der Vermeidungskosten sagt allerdings nichts über die zu erwartenden Schäden aus. Sowohl in **Verteilung** als auch **Höhe der Kosten** unterscheiden sich Vermeidungskosten und Schadenskosten erheblich. So sind von den Klimafolgen zunächst vor allem Länder betroffen, die wenig klimawirksame Stoffe emittieren. Hier sind die Schadenskosten hoch. Maßnahmen zur Vermeidung der Emissionen sollten immer da ansetzen, wo pro eingesetzten Mitteln der größte Effekt zu erzielen ist. Das kann in ganz anderen Gebieten der Erde der Fall sein. Hier würden dann hohe Vermeidungskosten entstehen. Außerdem sind die Vermeidungskosten immer geringer als die Schadenskosten, soweit man Letztere heute überblicken kann: Es ist billiger, heute Maßnahmen zur Verringerung der Emissionen von Klimagasen zu ergreifen, als später im Nachhinein die Schäden zu begleichen. Vermeidungskosten stellen daher eine Untergrenze der tatsächlichen Schäden dar. Vor der Bestimmung der Höhe der Vermeidungskosten müssen folgende **Fragen** geklärt werden:

- Um wieviel **Prozent** soll die Emission der relevanten Schadstoffe in welcher Region in welchem Zeitraum gesenkt werden?
- Welchen **Anteil** soll der Verkehrssektor zur Erreichung dieses Reduktionsziels beitragen?

(3) In Abhängigkeit von der Beantwortung dieser Fragen ermitteln verschiedene Studien **unterschiedliche Vermeidungskostensätze**. Einen ausführlichen Überblick über Arbeiten in diesem Bereich enthält [Infras/IWW 2000]. Die Reduktion der Emissionen von CO<sub>2</sub> als Leitschadstoff für Klimaschäden sind Gegenstand nationaler und internationaler Verhandlungen. In [LfUG 2001a, S. 17] wird für Sachsen als Ziel eine Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 25 % bis 2005 bezogen auf 1990 angegeben, was den bundesdeutschen Klimaschutzziele entspricht.

(4) Welchen **Anteil der Verkehr** dazu beitragen soll, ist strittig. Aus volkswirtschaftlicher Sicht sollten die Einsparungen dort getätigt werden, wo sie mit geringstem Aufwand zu realisieren sind. So vertreten einige Autoren die Ansicht, dass Einsparungen zunächst vor allem im Gebäudebereich getätigt werden sollten. Andere Autoren weisen darauf hin, dass durch verhaltensorientierte Maßnahmen, wie z.B. sparsames Fahren oder die Verschiebung des Modal Splits, auch im Verkehrsbereich deutliche Einsparungen mit vergleichsweise geringen Kosten erzielt werden können.

<sup>99</sup> Ein weiteres Problem des Schadenskostenansatzes ist die Notwendigkeit normativer Annahmen wie die Frage der Abdiskontierung künftiger Schäden, siehe dazu [TUD 2000b].



(5) [Infras/IWW 2000] arbeitet mit dem Ziel, die verkehrlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030 (bezogen auf 1990) um 50% zu senken und ermittelt für dieses Ziel einen Kostensatz von 135 € pro Tonne CO<sub>2</sub><sup>100</sup>. [IWW 1998, S. 58] schlägt einen Kostensatz von 200 € pro Tonne CO<sub>2</sub> vor. Dieser Wert beruht auf einem Reduktionsziel von 80% bis zum Jahr 2040 bezogen auf 1990. [EWS 1997, S. 21] arbeitet mit 90 € pro Tonne CO<sub>2</sub> als Mittelwert verschiedener Untersuchungen, ohne die Quellen und die zugrunde liegenden Reduktionsszenarien näher zu benennen. In [PLANCO 1999, S. 127] wird für die Überarbeitung der **BVWP** ein Kostensatz von 185 €/t CO<sub>2</sub> empfohlen. Zugrunde liegt hier das Ziel, die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2040 um 80% zu senken in Bezug auf 1987.

(6) In der vorliegenden Studie arbeiten wir in Anlehnung an [Infras/IWW 2000] mit einem **Vermeidungskostensatz von 135 €/t CO<sub>2</sub>**, da das diesem Kostensatz zugrunde liegende Minderungsziel gut mit dem in [LfUG 2001a, S. 17] formulierten Ziel harmoniert. Damit entsprechen wir dem der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegenden Vorsichtsprinzip, da die Vermeidungskosten wie oben bereits erwähnt eine Untergrenze der tatsächlich zu erwartenden Klimakosten darstellen<sup>101</sup>.

## 2.5.2 Eingangsdaten

(1) Als **Eingangsdaten** werden lediglich die CO<sub>2</sub>-Emissionen der verschiedenen Verkehrsarten benötigt, welche dem Emissionskataster entnommen werden. Tabelle 31 zeigt die CO<sub>2</sub>-Emissionen der verschiedenen Verkehrsträger.

[t]	CO <sub>2</sub> -Emissionen 1999
Straßenverkehr	8.749.000
Schienenverkehr	204.000
Binnenschifffahrt	46.700
Luftverkehr	37.800
Summe	9.037.500

Tabelle 31: CO<sub>2</sub>-Emissionen der verschiedenen Verkehrsträger im Freistaat Sachsen im Jahr 1999, Quelle: Emissionskataster Verkehr

## 2.5.3 Ergebnisse

(1) Mit den oben beschriebenen Kostensätzen ergeben sich die in Tabelle 32 aufgelisteten **Resultate** für den Freistaat Sachsen für das Jahr 1999.

<sup>100</sup> Bei einer Bandbreite von 70-200 € (siehe [Infras/IWW 2000, S. 41])

<sup>101</sup> Auf die in [TUD 2001b] vorgeschlagene parallele Verwendung eines Schadenskostensatzes von 300 €/t CO<sub>2</sub> wird aus eben diesem Grunde verzichtet, dem Vorsichtsprinzip zu entsprechen und im Zweifel immer eine Untergrenze der tatsächlich zu erwartenden externen Kosten anzugeben.



	Vermeidungskosten [Mio.€]
Straßenverkehr	1.182
Schieneverkehr	45
Binnenschifffahrt	6
Luftverkehr	5
Summe	1.238

Tabelle 32: Klimakosten 1999 im Freistaat Sachsen, mit Vermeidungskostenansatz ermittelt, eigene Berechnung

## 2.6 Externe Kosten vor- und nachgelagerter Prozesse

### 2.6.1 Methodik

(1) Die externen Kosten vor- und nachgelagerter Prozesse umfassen die Kosten, welche durch sämtliche über die eigentliche Beförderung hinausgehende, für den Verkehr aber notwendige Tätigkeiten verursacht werden. In [Infras/IWW 2000] werden drunter die Energieerzeugung sowie die Produktion der Fahrzeuge und der Infrastruktur gezählt. Zur Abschätzung der mit den genannten Prozessen verbundenen externen Kosten wird dabei auf den Ergebnissen von [Infras 1995] aufgebaut<sup>102</sup>, einer Studie, in der die betreffenden Effekte sehr aufwendig und detailliert untersucht wurden. In [Infras/IWW 2000] wurden die in [Infras 1995] erzielten Resultate zusammengefasst und verallgemeinert, um den zur Berechnung der Effekte notwendigen Datenaufwand zu begrenzen.

(2) Ermittelt werden in [Infras/IWW 2000], wie in Tabelle 33 dargestellt, die Kosten der Luftverschmutzung, Klimakosten sowie Kosten, die mit dem Nuklearrisiko der Energieerzeugung verbunden sind. Angegeben werden die Kosten der vor- und nachgelagerten Prozesse als **Prozentsatz** der bisher ermittelten externen Kosten des Betriebs. Die Methodik wird für alle Verkehrsmittel angewendet.

<sup>102</sup> Als Ergebnis liegen dort Emissionen und Umweltbelastungen pro Fahrzeugkilometer und Personen- bzw. Tonnenkilometer für den gesamten Lebenszyklus einer jeden Fahrzeugkategorie des Straßenverkehrs (teilweise wird sogar noch feiner unterteilt) vor. Analoge Tabellen wurden die anderen drei Verkehrsmittel erstellt (siehe Anhang 3 in [Infras 1995]).



	Air pollution (Percentage of air pollution costs)	Climate Change (Percentage of climate change costs)	Nuclear Risk (Shadow Factor) (Euro per kWh)
Car (PKW)	20%	32%	-
Motorcycle	20%	32%	-
Bus	10%	26%	-
LDV <sup>103</sup>	22%	30%	-
HDV <sup>104</sup>	13%	26%	-
Passenger Train	32%	30%	0,035
Freight Train	67%	35%	0,035
Airplane	24%	13%	-
Waterways Transport	14%	31%	-

Tabelle 33: Anteile der durch vor- und nachgelagerte Prozesse verursachten Luftverschmutzungs- bzw. Klimakosten an den während des gesamten Lebenszyklus verursachten Kosten (Quelle: [Infras 1995], zitiert nach [Infras/IWW 2000])<sup>105</sup>

(3) Bei der Diskussion um die verursachergerechte Anlastung der externen Kosten vor- und nachgelagerter Prozesse ist zu beachten, dass der eigentliche **Verursacher** dieser Effekte nicht der Verkehrsteilnehmer ist, sondern z.B. der **Produzent** des jeweiligen Fahrzeugs oder das Unternehmen, welches die Fahrzeuge entsorgt. Maßnahmen zur Internalisierung müssten daher bei den tatsächlichen Verursachern ansetzen, nicht bei den Verkehrsteilnehmern<sup>106</sup>. Wir führen die Kosten in der vorliegenden Studie aber mit, da es sich auch bei den durch die vor- und nachgelagerten Prozesse verursachten Umweltwirkungen um externe Effekte handelt, die die Verkehrsteilnehmer derzeit weder direkt noch indirekt zahlen und daher auch nicht in ihr Nutzenkalkül einbeziehen. Auch diese Externalitäten führen so zu Ineffizienzen, die durch staatliche Eingriffe vermindert werden könnten. In der **vorliegenden Studie** wird mit dem in [Infras/IWW 2000] entwickelten Verfahren gearbeitet, da es auf einer umfangreichen Studie beruht und so als gut abgesichert gelten kann.

## 2.6.2 Eingangsdaten

(1) Die Berechnung der externen Kosten vor- und nachgelagerter Prozesse beruht auf der Kenntnis der externen Kosten der **Luftverschmutzung** sowie der **Klimafolgen**, deren Berechnungsmethodik in Kapitel 2.3 bzw. Kapitel 2.5 erläutert wird. Weitere Eingangsdaten werden nicht benötigt.

<sup>103</sup> Leichte Nutzfahrzeuge (< 3,5 t, light duty vehicles)

<sup>104</sup> Schwere Nutzfahrzeuge (> 3,5 t, heavy duty vehicles)

<sup>105</sup> Die anderen Folgen wie z.B. Lärm durch vor- und nachgelagerte Prozesse sind gemäß [Infras/IWW 2000] im Vergleich zu den durch den Betrieb entstehenden Kosten zu vernachlässigen.

<sup>106</sup> Wobei die Betroffenen die Kosten der Internalisierung sicherlich durch erhöhte Kaufpreise der Fahrzeuge bzw. steigende Entsorgungspreise an die Verkehrsteilnehmer weitergeben würden und diese in jedem Fall die Träger der gestiegenen Kosten wären.



### 2.6.3 Ergebnisse

(1) Die sachsenweiten Ergebnisse der Rechnungen sind in Tabelle 34 dargestellt.

[Mio. €]	Externe Kosten vor- und nachgelagerter Prozesse
Straßenverkehr	1.117
Schienenverkehr	66
Flugverkehr	2
Binnenschifffahrt	6
Summe	1.191

Tabelle 34: Externe Kosten vor- und nachgelagerter Prozesse in Sachsen im Jahr 1999, eigene Berechnung

## 2.7 Natur und Landschaft

### 2.7.1 Methodik

(1) Zur Monetarisierung der verkehrlichen Wirkungen auf Natur und Landschaft wird der **biozentrische Ansatz** verwendet. Hierbei wird ausgehend von einer naturwissenschaftlich zu definierenden „Belastbarkeit“ der Natur bestimmt, inwieweit das gegenwärtige Verkehrssystem diese Belastbarkeit überschreitet und wie hoch die Kosten wären, um ein „naturverträgliches“ Verkehrssystem zu gestalten.

(2) Als **Ausgangszustand**, der als „natürlich“ und lohnenswert genug betrachtet wird, um im Rahmen eventueller Internalisierungsmaßnahmen zur verursachergerechten Anlastung externer Kosten von Natur und Landschaft angestrebt zu werden, wird der Zustand der Natur im Jahr 1950 betrachtet<sup>107</sup>. D.h., der damalige Zustand entspricht einem aus heutiger Sicht akzeptablen Eingriffsniveau in Natur und Landschaft. Seitdem verursachte Schäden wie die Größe zusätzlich versiegelter Verkehrsflächen sowie die dadurch zusätzlich belastete Fläche sollten kompensiert werden<sup>108</sup>.

(3) Dazu werden folgende **Verfahren** verwendet:

- **Entsiegelungskosten:** Um die durch die Versiegelung entstandenen Schäden zu kompensieren, muss die betroffene Fläche entsiegelt werden. Als Kosten hierfür wird als Ergebnis der Auswertung der Resultate verschiedener Studien der Durchschnittswert aus [IWW 1998] von 25 €/m<sup>2</sup> pro zusätzlich belasteter Verkehrsfläche angesetzt.

<sup>107</sup> Hierbei geht es vor allem um die Problematik der Flächeninanspruchnahme durch den Verkehr, welche im Folgenden als Indikator für die Wirkungen des Verkehrs auf Natur und Landschaft verwendet wird.

<sup>108</sup> Diese Operationalisierung des Ansatzes ist vor allem für den Straßenverkehr machbar, für die anderen Verkehrsmittel müssen zusätzliche Annahmen getroffen werden, wie im weiteren näher erläutert wird.



- **Wiederherstellungskosten** von Zielbiotopen: Ist die Fläche entsiegelt, so müssen die Biotope wiederhergestellt werden. Zur Bestimmung der Wiederherstellungskosten nutzen wir in Anlehnung an [Infras/IWW 2000] als Mittelwert über alle Biotope einen Wert von 10 €/m<sup>2</sup> pro zusätzlich belasteter Verkehrsfläche. Dieser Wert liegt an der unteren Grenze der in [IWW 1998] ermittelten Wiederherstellungskosten, welche in Abhängigkeit von der Art des Zielbiotops stark schwanken in der Annahme, dass Straßen selten durch besonders wertvolle Biotope führen.
- **Verschmutzung von Boden und Wasser:** Die Abschätzung dieser Kosten ist sehr schwierig: Auf Grund der Komplexität der Wirkungszusammenhänge ist es praktisch unmöglich, die ausschließlich vom Verkehr verursachten Schäden zu ermitteln. Auf der Basis einer Studie, in der die Kosten von Transport und Lagerung des verschmutzten Bodens ermittelt wurden, arbeitet [Infras/IWW 2000] mit einem durchschnittlichen Kostensatz von 35 €/m<sup>3</sup>. Auch diese Kosten sind mit hoher Wahrscheinlichkeit eine sehr vorsichtige Schätzung, da z.B. die Reinigung des Bodens nicht berücksichtigt wurde. Analog zu [Infras/IWW 2000] nehmen wir an, dass der Boden bis in eine Tiefe von 20 cm verschmutzt ist. Darüber hinaus wird angenommen, dass die Kosten zur Reinigung verschmutzten Wassers denen der Bodenreinigung entsprechen.
- **Andere Effekte:** Dazu zählen z.B. Barriereeffekte für Tiere oder auch visuelle Effekte. Auf der Grundlage einer qualitativen Studie, die zu dem Ergebnis kommt, dass die betreffenden Wirkungen beträchtlich sind, setzen [Infras/IWW 2000] 10 €/m<sup>2</sup> für alle in den obigen Punkten nicht berücksichtigten Wirkungen von Verkehr auf Natur und Landschaft an. Dieser Kostensatz wird für die vorliegende Studie übernommen.

(4) Um aus den mit den genannten Kostensätzen ermittelbaren seit 1950 entstandenen gesamten Kosten die jährlichen Kosten abzuleiten, wird der Gesamtbetrag durch die Anzahl der Jahre (= 49) geteilt. Auf die Verwendung einer **Diskontrate** wird aus zwei Gründen verzichtet: Zum einen wird neuere Infrastruktur aufgrund strengerer Umweltstandards und verbesserten Umweltwirkungsanalysen tendenziell als weniger umweltschädlich betrachtet als Ältere. Aus ökonomischer Sicht kann jedoch die umgekehrte Argumentation korrekt sein: Hier ist die alte Infrastruktur weniger schädlich, da das Gut „Natur“ auf Grund zunehmender Knappheit heute wesentlich mehr wert ist als vor fünfzig Jahren. Wir nehmen an, dass sich die beiden Effekte aufheben.

(5) Durch die Zusammenfassung der beschriebenen Kostenkomponenten ergibt sich ein Kostensatz von ca. 1 € pro Quadratmeter seit 1950 versiegeltem Boden<sup>109</sup>. Berechnet werden die Kosten nach diesem Verfahren für den **Straßenverkehr** sowie den **Schiene- und Luftverkehr**. In der Binnenschifffahrt entstehen Kosten für Natur und Landschaft nur, wenn umfangreiche wasserbauliche Maßnahmen vorgenommen werden, wie z.B. der Bau neuer Kanäle oder die Begradigung und Vertiefung vorhandener Flußläufe und Kanäle. Da uns solche Maßnahmen in Sachsen nicht bekannt sind, werden für die Binnenschifffahrt keine Kosten für Natur und Landschaft berechnet.

<sup>109</sup> Dieser Wert wurde im Vergleich zum 2. Zwischenbericht [TUD 2001b, S. 85] geändert, da der dortige Wert einen Berechnungsfehler enthielt.



(6) Zur **Plausibilisierung** der Rechnungen werden zusätzlich Vermeidungskosten sowie Zahlungsbereitschaften ermittelt. Als **Vermeidungskosten** werden die zusätzlichen Kosten, die aufgewendet werden müssen, um die Wirkungen von Neubauprojekten aus Natur und Landschaft so gering wie möglich zu halten, betrachtet. Mögliche Maßnahmen dafür sind z.B. die Umgehung von Schutzgebieten durch veränderte Linienführung oder bauliche Maßnahmen zum Schutz der betroffenen Gebiete. Im ersten Fall entstehen höhere Baukosten durch die zusätzlich notwendige Streckenlänge, im zweiten Fall z.B. für den Bau von Tunneln, Grünbrücken o.ä. In beiden Fällen ergeben sich höhere Betriebskosten für die Infrastruktur.

(7) Das **Ausmaß der Vermeidungskosten** wird als Prozentsatz der gesamten Infrastrukturkosten bestimmt. Diesen setzen wir für den Straßenverkehr mit 6 % und für den Schienenverkehr mit 4 % an<sup>110</sup>. Für den Flugverkehr und die Binnenschifffahrt sind Vermeidungskosten nicht relevant.

(8) Einen Überblick über Studien zur **Zahlungsbereitschaft** zur Verbesserung des Zustandes von Natur und Landschaft gibt [TUD 2001b, S. 86 ff.]. Wir arbeiten in Anlehnung an [Infraconsult 1999] mit einem einheitlichen Kostensatz von 17 € pro Person und Monat für alle Verkehrsträger. Dieser Kostensatz spiegelt die Zahlungsbereitschaft zur Bewahrung von Natur und Landschaft wieder und beruht auf einer umfangreichen Recherche vorhandener Studien zur Zahlungsbereitschaft.

(9) Zur Ermittlung des **Verkehrsanteils** wird angenommen, dass der Anteil verkehrlicher NO<sub>x</sub>-Emissionen an den NO<sub>x</sub>-Emissionen aller Emittenten dem Anteil verkehrsbedingter NO<sub>2</sub>-Immissionen an den durch alle Emittenten verursachten NO<sub>2</sub>-Immissionen entspricht. Dieser Anteil wird mit Hilfe von Angaben des LfUG in Tabelle 3 berechnet und beträgt für das Jahr 1999 ca. **60%**. Die Aufteilung der Kosten auf die einzelnen Verkehrsträger erfolgt demzufolge anhand der jeweiligen NO<sub>x</sub>-Emissionen.

(10) Zur Ermittlung des Verkehrsanteils wird auf die verkehrsbedingten Immissionsanteile an den gemessenen bzw. berechneten gesamten Schadstoffkonzentrationen zurückgegriffen und die gesamten Kosten entsprechend der Immissionsanteile auf die einzelnen Verkehrsmittel aufgeteilt. Dazu wird angenommen, dass der Anteil verkehrlicher Emissionen an den Emissionen aller Emittenten dem Anteil verkehrsbedingter Immissionen an den durch alle Emittenten verursachten Immissionen entspricht<sup>111</sup>. Dieser **Emissionsanteil** wird mit Hilfe der Angaben des LfUG in Tabelle 3 berechnet und beträgt für das Jahr 1999 für NO<sub>x</sub> ca. 60% und für PM<sub>10</sub> ca. 40%. Da in den Angaben zu PM<sub>10</sub> aber nur die reinen Auspuffemissionen enthalten sind, arbeiten wir mit dem NO<sub>x</sub>-Anteil und teilen die Kosten auf die einzelnen Verkehrsträger demzufolge anhand der jeweiligen NO<sub>x</sub>-Emissionen auf.

## 2.7.2 Eingangsdaten

(1) Die Ermittlung der seit 1950 **versiegelten Fläche** für verkehrliche Zwecke ist schwierig, zum einen, weil Daten für so lange Zeiträume kaum verfügbar sind, zum anderen,

<sup>110</sup> Zur Begründung dieser Werte siehe [TUD 2001b, S. 85]

<sup>111</sup> Zur Diskussion der Kritikpunkte dieses Ansatzes siehe Kapitel 2.3.2.1.



weil der Freistaat Sachsen in seiner derzeitigen Größe nicht über den gesamten Zeitraum existierte. Anfragen zur Bestimmung der Flächen z.B. beim Statistischen Landesamt Sachsen verliefen erfolglos. Auch in statistischen Jahrbüchern der DDR sind die benötigten Angaben nicht vollständig enthalten. Aus diesem Grund wird in Anlehnung an [Infras/IWW, S. 219 ff.] mit den folgenden Annahmen gearbeitet, um die Größe der seit 1950 versiegelten Verkehrsfläche zu ermitteln:

- Seit 1950 wurden 30% des derzeitigen **Straßennetzes** gebaut<sup>112</sup>. Die Länge des gegenwärtigen Straßennetzes bestimmen wir mit Hilfe des digitalen Streckennetzes der Firma DDS, da der Abgleich mit den offiziellen Streckenlängen des SMWA eine gute Übereinstimmung zeigte. Die durchschnittlichen Straßenbreiten sind von der Straßenkategorie abhängig und wurden [BMVBW 2000] entnommen. Zusätzlich zur direkten Flächeninanspruchnahme durch die Verkehrsinfrastruktur werden durch den Verkehr auch die angrenzenden Flächen belastet. In [IWW 1998] werden dazu Berechnungsfaktoren für Flächenzuschläge ermittelt, welche mit zunehmender Verkehrsmenge größer werden. Für die vorliegende Studie arbeiten wir vereinfachend mit einem zusätzlich belasteten Streifen beiderseits der Straße von 5m für das Nebennetz und 10m für das Hauptnetz inklusive Bundesautobahnen.
- Zur Bestimmung der Netzlänge für den **Schienenverkehr** arbeiten wir ebenfalls mit dem DDS-Netz, dessen Länge mit den offiziellen Angaben des SMWA abgeglichen wurde. Vom gesamten Schienennetz sind 63 % ein- und 37 % zweigleisig<sup>113</sup>. Die Breite der Schienenwege setzen wir wie [IWW 1998] mit 6 m für eingleisige und 13 m für zweigleisige Strecken an. Als relevant für die Bestimmung der Wirkungen auf Natur und Landschaft arbeiten wir in Anlehnung an [Infras/IWW 2000, S. 219] mit einem Anteil von 10%, da uns keine Informationen dazu vorliegen, welche Schienenstrecken welcher Länge seit 1950 gebaut bzw. stillgelegt wurden<sup>114</sup>. Die Versiegelungsrate der Schienenverkehrsinfrastruktur wird mit 50 % angenommen, da Schienenwege nicht mit dem totalen Verlust aller Bodenfunktionen verbunden sind<sup>115</sup>. Die Breite des zusätzlich belasteten Streifens wird mit 5 m beiderseits der Schienenwege angenommen.
- Zur Ermittlung der umweltrelevanten Flächen des **Flugverkehrs** nutzen wir ebenfalls die digitalen Daten der Firma DDS. Als zusätzlich belastete Fläche wird in Anlehnung an [Infras/IWW 2000] ein Streifen um die Flughäfen von 50 m angenommen. Analog zum Schienenverkehr arbeiten wir auch für den Flugverkehr mit einer Versiegelungsrate von 50 Prozent, da besonders die Flächen der Landeplätze nur teilweise versiegelt sind.

<sup>112</sup> Mit dem Straßenbau verbundene Aktivitäten wie der Bau von Tankstellen, Autobahnraststätten oder Parkplätzen bleiben dabei unberücksichtigt.

<sup>113</sup> Daten vom SMWA, Herr Dr. Körner, per E-Mail am 31.1.2002 zugesandt.

<sup>114</sup> Gemäß [BMVBW 2000, S. 53] hat die Länge des gesamten deutschen Schienennetzes seit 1950 abgenommen. Trotzdem hat die Schienenverkehrsinfrastruktur negative Auswirkungen auf Natur und Landschaft, besonders das Hochgeschwindigkeitsnetz, welches komplett nach 1950 errichtet wurde. Um diese Wirkungen zu berücksichtigen, wird mit dem genannten Wert gearbeitet.

<sup>115</sup> So kann z.B. Wasser teilweise noch versickern, siehe dazu [IWW 1998] und [Infras/IWW 2000, S. 219].



### 2.7.3 Ergebnisse

(1) Tabelle 35 zeigt die **Resultate** der mit den oben beschriebenen Verfahren durchgeführten Rechnungen. Die große Spannweite der Ergebnisse resultiert aus den Annahmen, die den Ansätzen zugrunde liegen: So beschreiben die Vermeidungskosten die Kosten, welche aufgebracht werden müssen, um bei Neubaumaßnahmen die Wirkungen auf die Umwelt zu verringern. Die Zahlungsbereitschaft beschreibt hingegen, wieviel die Menschen bereit wären, für den Erhalt bzw. die Verbesserung des Umweltzustandes auszugeben. Beide Größen beschreiben verschiedene Sachverhalte und können daher nicht verglichen werden.

(2) Gut möglich ist hingegen die Interpretation der beiden Größen als Unter- bzw. Obergrenze der Kosten auf Natur und Landschaft. Vermeidungskosten beschreiben demzufolge die untere, Zahlungsbereitschaften die obere Grenze der Bandbreite, innerhalb derer die Kosten von Natur und Landschaft liegen. Dazwischen liegen die Ergebnisse der Rechnungen mit dem **biozentrischen Ansatz**, welche die Kosten veranschaulichen, die nötig wären, um das gegenwärtige Verkehrssystem so zu verändern, dass seine Wirkungen im Hinblick auf die Flächeninanspruchnahme aus Umweltsicht als vertretbar bzw. akzeptabel gelten können. Mit diesem Ansatz wird im weiteren gearbeitet.

[Mio. €]	Biozentrisch	Vermeidung	Zahlungsbereitschaft
Straßenverkehr	203	28	499
Schienenverkehr	29	3	36
Flugverkehr	10	-	1
Binnenschifffahrt	-	-	9
Summe	242	31	545

Tabelle 35: Externe Kosten des Verkehrs auf Natur und Landschaft für den gesamten Freistaat Sachsen für das Jahr 1999, eigene Berechnung

## 2.8 Trennwirkungen

### 2.8.1 Methodik

(1) Die Trennwirkung von Straßen betrifft verschiedene **Bereiche**: Menschen und Tiere werden in ihrer Beweglichkeit eingeschränkt, evtl. ist das Überleben ganzer Tierpopulationen gefährdet, wenn die zwischen den Verkehrswegen verbleibenden Restflächen nicht für das Überleben der betroffenen Arten ausreichen. Die **Reaktionen** auf die trennende Wirkung von Verkehrswegen sind vielfältig: Zunächst vergrößert sich der Zeitaufwand für die gleichen Wege, da deren Querung Zeit in Anspruch nimmt. Überschreitet der zusätzliche Zeitaufwand



eine bestimmte Grenze, so kommt es zur Veränderung der Wege- und evtl. auch Zielwahl mit allen Konsequenzen.

(2) Die geschilderten Wirkungen sind durch hohe **Komplexität** gekennzeichnet, deren Quantifizierung mit großen Schwierigkeiten verbunden ist. Daher werden in fast allen Studien als Trennwirkung ausschließlich die **Zeitverluste** bewertet, welche Fußgänger durch Wartezeiten bzw. Umwege an stark befahrenen Straßen erleiden. Auch in der vorliegenden Studie wird dieser Weg mangels Informationen zu den anderen Aspekten der Trennwirkung gegangen. Die dazu getroffenen Annahmen sind an [EWS 1997] und [Infras/IWW 2000] angelehnt und in Tabelle 36 dargestellt: Das Straßennetz wird in drei Kategorien eingeteilt, für die jeweils typische Betroffenheiten, Wartezeiten sowie Querungshäufigkeiten festgelegt wurden. Schienenwege werden wie Straßen vom Typ C behandelt.

(3) Angewendet wird das Verfahren für sämtliche **bebaute Gebiete** des Freistaates Sachsen. Dazu zählen alle Regionen des Lärmkatasters, in denen die Einwohnerzahlen größer Null sind. Diese stimmen sehr gut mit den digitalen Bebauungsdaten der Firma DDS überein. Bewertet werden die Zeitverluste wie in [EWS 1997] und [Infras/IWW 2000] mit 5 € pro Person und Stunde.

Typ	Beschreibung	Zahl betroffener Einwohner pro 100 m Abschnittslänge <sup>116</sup>		Durchschnittliche Warte- bzw. Umwegzeit	Querungen pro Tag <sup>117</sup>
C	Stadtautobahnen, können nur über spezielle Brücken oder durch Tunnel gequert werden	0-5	Mittelwert: Gesamtzahl der Betroffenen pro Kilometer = Gesamtzahl der Betroffenen / Länge Straßennetz	9 Minuten	1,5
B	Hauptstraßen, mehr als eine Fahrspur pro Richtung; benötigt werden Ampeln zum Queren	0-10		135 Sekunden	2
A	Kommunale Straßen, eine Fahrspur pro Richtung	7-20		0 – 110 Sekunden <sup>118</sup> bei einem Mittelwert von 10 Sekunden	3

Tabelle 36: Annahmen zur Ermittlung der Trennwirkung von Straßen, nach [Infras/IWW 2000, S. 234]

(4) Kosten der Trennwirkung werden ausschließlich für den **Straßen- und Schienenverkehr** berechnet, da diese Größen im Flugverkehr und der Binnenschifffahrt nicht relevant sind.

<sup>116</sup> In [EWS 1997, S. 52] wird zusätzlich zur Differenzierung nach Straßentypen auch noch nach offener und geschlossener Bebauung unterschieden, für die jeweils unterschiedliche Betroffenheiten angesetzt werden.

<sup>117</sup> In [EWS 1997, S. 51] wird grundsätzlich von drei Überquerungen pro betroffenen Anwohner und Tag ausgegangen; die hier verwendeten Querungshäufigkeiten sind an [Infras/IWW 2000, S. 234] angelehnt, da wir diese für realistischer halten. Mit den Annahmen der EWS wird in der Sensitivitätsanalyse zum Vergleich gerechnet.

<sup>118</sup> Je nach DTV

## 2.8.2 Eingangsdaten

- (1) Notwendige **Eingangsdaten** zur Ermittlung der externen Kosten der Trennwirkung waren vor allem die Verkehrsnetze und Bevölkerungsdaten. Angaben zu Eigenschaften, Länge und Verkehrsbelastung des Straßennetzes können dem **Streckennetz** der Firma DDS entnommen werden, welches dem Emissionskataster zugrunde liegt. Die Zuordnung der Strecken zu Inner- bzw. Außerortsbereichen wird mit Hilfe des Lärmkatasters vorgenommen und mit den Bebauungsdaten der Firma DDS abgeglichen.
- (2) Die Zuordnung der Strecken zu den Typen A, B oder C erfolgt anhand der im Emissionskataster vorliegenden Einteilung des Straßennetzes in die Kategorien Bundesautobahn, Haupt- und Nebennetz. Abbildung 14 zeigt beispielhaft die Einteilung der Strecken für einen Ausschnitt der Stadt Dresden.



Abbildung 14: Einteilung des Straßennetzes in die Kategorien Bundesautobahn, Haupt- und Nebennetz, Quelle: Emissionskataster Verkehr



### 2.8.3 Ergebnisse

(1) Die mit Hilfe der in Tabelle 36 festgesetzten **typischen Betroffenheiten** ermittelten Bevölkerungszahlen wurden an die Bevölkerungsangaben des Lärmkatasters angepasst. Dazu mussten sie in den meisten Fällen nach unten korrigiert werden, was damit begründet werden kann, dass die typischen Betroffenheiten für große dicht bebaute Ballungsgebiete entwickelt wurden, die Siedlungsstruktur in Sachsen aber zum großen Teil durch kleinere Städte und Gemeinden mit einer geringeren Einwohnerdichte gekennzeichnet ist.

[Mio. €]	Trennwirkung
Straßenverkehr	1,4
Schienenverkehr	1,1
Flugverkehr	-
Binnenschifffahrt	-
Summe	2.5

Tabelle37: Externe Kosten der Trennwirkung für den gesamten Freistaat Sachsen für das Jahr 1999, eigene Berechnung

(2) Tabelle 37 zeigt die **externen Kosten** der Trennwirkung für den Freistaat Sachsen im Jahr 1999. Obwohl im Schienenverkehr die Zahl der Betroffenen nur ca. ein Viertel der Betroffenen im Straßenverkehr beträgt, sind externen Kosten der Trennwirkung für beide Verkehrsträger fast gleich groß. Der Grund dafür ist die Betrachtung der Schienenwege in Bezug auf die Trennwirkungen als Straße der Kategorie C. Daraus resultieren im Vergleich zu den anderen Straßenkategorien sehr hohe Umwegzeiten und damit verbunden große Zeitverluste.

(3) Die so ermittelten Trennwirkungen stellen mit Sicherheit eine **Untergrenze** der tatsächlichen durch diesen Effekt entstehenden Kosten dar. Nicht berücksichtigt werden z.B. die Auswirkungen der Zerschneidung landschaftlich geschlossener Gebiete und Biotope sowie der dadurch evtl. verstärkte Arten- und Biotoprückgang. Diese Frage wird in [BMV 1993, S. 18 ff.] behandelt. Allerdings werden nur qualitative Aspekte diskutiert, eine Quantifizierung der Effekte scheint nicht möglich.

(4) Nicht erfasst werden darüber hinaus **visuelle Effekte** wie die Veränderung des Landschaftsbildes durch die Verkehrsinfrastruktur. Die Bewertung dieser Wirkung ist mit besonderen Schwierigkeiten verbunden, da verkehrliche Bauten unterschiedlich bewertet werden. Teilweise wird ihnen sogar ein ästhetischer Reiz zuerkannt. Insgesamt spricht vieles dafür, dass Verkehrsinfrastruktur wesentlich häufiger mit Ästhetikeinbußen verbunden ist als mit Ästhetikgewinnen. Auf Grund der Unsicherheiten und der Schwierigkeiten der Bewertung muss aber auf deren Bewertung verzichtet werden.

(5) Verkehrswege in Erholungsgebieten beeinträchtigen deren **Erholungswert**. Auch auf die Bewertung dieses Effekts wird verzichtet, da uns keine Informationen zum Ausmaß vorliegen. Der Beeinträchtigung entgegengesetzt wirkt die bessere Erreichbarkeit der



Erholungsgebiete durch gute verkehrliche Erschließung. Welcher der beiden Effekte überwiegt, ist von den jeweiligen Umständen abhängig.

## 2.9 Flächeninanspruchnahme

### 2.9.1 Methodik

(1) Als externe Kosten der Flächeninanspruchnahme durch Verkehrsinfrastruktur sind zwei Aspekte zu benennen, die klar voneinander getrennt werden müssen: zum einen die (Ober-)fläche als Träger von Straßen, Gebäuden oder als Landwirtschafts- bzw. Waldfläche an sich, und zum anderen die Bodenfunktionen dieser Flächen z.B. als Wasserfilter, Lebensraum oder Klimaregulator. Der erste Effekt führt zur Konkurrenz der Oberflächennutzung und wird in der vorliegenden Studie unter dem Kostenpunkt der Wegekosten berücksichtigt<sup>119</sup>. Der zweite Punkt als Beeinträchtigung der Bodenfunktionen mit all seinen Folgen ist Teil der externen Kosten des Verkehrs auf Natur und Landschaft.

(2) In [EWS 1997] und daran angelehnt in [Infras/IWW 2000] wird ein alternativer Weg zur Bewertung des ersten genannten Aspekts, der Knappheit von Flächen, gewählt. Bewertet wird dort die eingeschränkte Flächenverfügbarkeit für Fahrradfahrer: Weil bei erhöhtem Verkehrsaufkommen weniger Platz für Fahrräder auf der Straße vorhanden ist, müssen Fahrradwege gebaut werden, für welche die Kosten dafür ermittelt werden. [EWS 1997, S. 9] schreibt dazu: „Diese Nutzenkomponente bildet grundlegende soziale Funktionen des Straßenraums ab. Die Annehmlichkeit des Aufenthaltes und der Fortbewegung von nichtmotorisierten Verkehrsteilnehmern wird durch einen Kostensatz zur Herstellung von Verkehrsflächen für Fußgänger und Radfahrer mit definierten Zielbreiten beschrieben.“ In [Infras/IWW 2000, S. 48] wird der Ansatz folgendermaßen begründet: „The legitimisation of these costs is based on a fairness principle: The road sector is leading to space scarcity in cities, which causes additional cost especially for non-motorised transport.“

(3) Diese externen Kosten der Flächeninanspruchnahme nach [EWS 1997] und [Infras/IWW 2000] werden in der **vorliegenden Studie** ermittelt und in den Auswertungen als externe Kosten mitgeführt. Ein solches Vorgehen halten wir für gerechtfertigt, da die Wegekosten, welche die Flächeninanspruchnahme mit dem ersten Verfahren bewerten, in den Auswertungen getrennt angeführt werden. So kommt es zu keiner Doppelzählung.

(4) In Anlehnung an [Infras/IWW 2000] werden hier ausschließlich die Kosten für den Bau von **Radwegen** berücksichtigt, in der **Annahme**, dass ausreichende Flächen für Fußgänger im Straßenraum des vorhandenen Netzes bereits vorhanden sind. Ermittelt werden die Kosten nur für Straßen mit einem durchschnittlichen Täglichen Verkehr von mehr als 3.000 Kfz pro Tag<sup>120</sup>. Bei weniger verkehrsreichen Straßen wird davon ausgegangen, dass

<sup>119</sup> Siehe Kapitel 2.11.

<sup>120</sup> Dieser Wert wurde auf Rat von Frau Dr. Verron, Umweltbundesamt, festgesetzt (E-Mail vom 25.2.2002).



dort keine Radwege benötigt werden, sprich, dass ausreichend Platz für alle Verkehrsteilnehmer vorhanden ist.

(5) In [EWS 1997] werden als **Kosten** pro zu bauendem Quadratmeter Radweg 6,5 € pro Quadratmeter und Jahr angesetzt. Bei einer ebenfalls in [EWS 1997] empfohlenen Zielbreite von zwei Metern für Radwege entspricht das Kosten von 13.000 € pro Kilometer zu bauendem Radweg und Jahr.

(6) Die beschriebene Methodik wird ausschließlich für den **Straßenverkehr** verwendet, eine Übertragung auf die anderen Verkehrsträger ist nicht möglich. Im Gegensatz zu [Infras/IWW 2000] werden die Kosten der Flächeninanspruchnahme sowohl für bebaute als auch für unbebaute Gebiete ermittelt<sup>121</sup>. Dem liegt die Überlegung zugrunde, dass auch auf stark befahrenen Außerortsstraßen Radwege notwendig bzw. wünschenswert sind.

### 2.9.2 Eingangsdaten

(1) Als Eingangsdaten zur Monetarisierung der Flächeninanspruchnahme werden die **Streckenlängen** des Straßennetzes ein einschließlich dem dazugehörigen **Verkehrsaufkommen** verwendet. Beide Größen können dem Emissionskataster Verkehr entnommen werden, welches in den Kapiteln 2.1.2 und 2.1.5 beschrieben wird.

### 2.9.3 Ergebnisse

(1) In Tabelle 38 sind die **Ergebnisse** der mit dem beschriebenen Verfahren ermittelten externen Kosten der Flächeninanspruchnahme aufgeführt. Sie sind durch die Länge des sächsischen Straßennetzes sowie dessen Verkehrsbelastung bestimmt.

[Mio. €]	Flächeninanspruchnahme
Straßenverkehr	92,8
Schienenverkehr	-
Flugverkehr	-
Binnenschifffahrt	-
Summe	92,8

Tabelle 38: Externe Kosten der Flächeninanspruchnahme für den gesamten Freistaat Sachsen für das Jahr 1999, eigene Berechnung

<sup>121</sup> Mit Ausnahme der Bundesautobahnen, hier ist die Anwendung des Ansatzes nicht sinnvoll.



## 2.10 Staukosten

### 2.10.1 Methodik

(1) Kaum ein Bereich der Auswirkungen von Verkehr wird so intensiv und **kontrovers** diskutiert wie das Thema der Staukosten<sup>122</sup>. Einige Studien zu externen Effekten berücksichtigen diese Kosten gar nicht<sup>123</sup>, andere Studien ermitteln immense Verluste, die durch Stauungen im Straßenverkehr entstehen<sup>124</sup>. Ursachen für diese großen **Bandbreiten** sind zum einen verschiedene Interessen, die hinter den jeweiligen Studien stehen verbunden mit unterschiedlichen Aufgaben und Problemen, welche die jeweilige Studie lösen soll, zum anderen aber auch begriffliche Unklarheiten.

(2) In der vorliegenden Studie werden die totalen Staukosten als **Wohlfahrtsverlust** der gegenwärtigen Überlastung der Infrastruktur mit allen damit verbundenen Folgen berechnet<sup>125</sup>. Diese Größe vermittelt eine Vorstellung von der Größenordnung der gesamtgesellschaftlichen Gewinne, die durch die verursachergerechte Anlastung der externen Staukosten erzielt werden können. Sie ist damit ein Maß für Ineffizienzen durch Überlastungen der Infrastruktur und damit verbundenen staatlichen Handlungsbedarf.

(3) Zwei **Schritte** sind zur Berechnung der hier zu betrachtenden Staukosten des Straßenverkehrs notwendig: Die Höhe der Zeitverluste als Differenz aus marginalen sozialen und privaten Zeitkosten muss bestimmt und im zweiten Schritt mit Geld bewertet werden<sup>126</sup>. In der vorliegenden Studie wird mit dem in [**Infras/IWW 2000**] entwickelten Verfahren gearbeitet, welches im Folgenden näher erläutert wird.

(4) Die Höhe der Zeitverluste (Schritt eins) wird mit Hilfe der sogenannten „**Level of Service**“ (LOS) bestimmt. Diese werden in [Schnabel/Lohse 1997, Bd.1, S. 95] als „Qualitätsmaß für die Abwicklung von Verkehrsströmen, ausgedrückt durch solche Faktoren wie Geschwindigkeit und Reisezeit, Freizügigkeit, Unterbrechungen des Verkehrsflusses, Komfort und Verkehrssicherheit“ beschrieben. Um die verschiedenen Wertigkeiten der Fahrzeugkategorien bei der Ermittlung des gesamten Verkehrsaufkommens pro Strecke berücksichtigen zu können, werden die Verkehrsmengen zunächst in **Pkw-Einheiten** umgerechnet und dann zum Verkehrsaufkommen pro Strecke zusammengefasst. Die Umrechnungsfaktoren sind in Tabelle 39 aufgelistet.

<sup>122</sup> Oft in Verbindung mit den Wegekosten.

<sup>123</sup> Siehe z.B. [Bickel 1995], [Infras/IWW 1995]

<sup>124</sup> Siehe z.B. im „Weißbuch“ der EU: „Faire Preise für die Infrastrukturnutzung“, KOM (98) 466

<sup>125</sup> Die verschiedenen Komponenten der Staukosten wurden in [TUD 2001] ausführlich diskutiert.

<sup>126</sup> Einen Überblick über die verschiedenen in der Literatur angewendeten Verfahren gibt [TUD 2000b, S 57 ff.].



Fahrzeugkategorie	Faktor zur Umrechnung in PKW-Einheiten [PkwE]
LI/LNF	1,5
PKW	1,0
Lbus	2,0
Rbus	2,0
LKW	2,0
LZ	3,5
SZ	3,5
MR	0,5
Mofa	0,5

Tabelle 39: Umrechnungsfaktoren in PKW-Einheiten, Quelle: [FGSV 1992, S. 18]

(5) Gearbeitet wird mit den **sechs** in Tabelle 40 beschriebenen **Nutzungsstufen**, wobei die Grenzen zwischen den Stufen nicht exakt gezogen werden können. „ $Q_{min}$ “ bezeichnet das Verkehrsaufkommen, von dem an der entsprechende LOS gültig ist. „ $Q_{mittel}$ “ steht für den Mittelwert einer jeden Nutzungsstufe. Für jede dieser Stufen wurden in [Infras/IWW 2000, S. 243] sogenannte „**Unit-Costs**“ bestimmt, die den Zeitverlust pro Stunde und Fahrzeugkilometer für jede Nutzungsstufe angeben. Durch die Verknüpfung dieser spezifischen Zeitverluste mit der jeweiligen Verkehrsmenge  $Q$  oberhalb der optimalen Infrastrukturnutzung unter Berücksichtigung der Zahlungsbereitschaft wird der Wohlfahrtsverlust abgeleitet.

LOS	Beschreibung	$Q_{min}$ [PkwE/h,FS]		$Q_{Mittel}$ [PkwE/h,FS]		Unit Costs [h/Fzkm]	
		BAB	Land- straßen	BAB	Land- straßen	BAB	Land- straßen
A	Freier Verkehrsfluss, geringe Dichten, keine Behinderungen, hohe Geschwindigkeiten möglich (Es kann mit Wunschgeschwindigkeit gefahren werden.)	0	0	400	300	0.0000	0.0000
B	Nahezu freier Verkehrsfluss, Freizügigkeit noch gegeben (Überholmöglichkeit vorhanden), Behinderungen sehr gering, noch hohe Geschwindigkeiten möglich	600	500	700	600	0.0004	0.0004
C	Stabiler Verkehrsfluss, Freizügigkeit merklich eingeschränkt, Fahrzeugpulk bilden sich	800	700	900	800	0.0021	0.0023
D	Eingeschränkte Freizügigkeit, grenzt an instabilen Bereich	950	850	1050	950	0.0057	0.0051
E	Durchlassfähigkeitsbereich wird erreicht, keine Freizügigkeit mehr, Kolonnenverkehr, Instabilitäten treten auf	1100	1000	1150	1050	0.0083	0.0065
F	Instabiler Verkehrsfluss, Stop-and-go-Verkehr, Durchlassfähigkeit wird nicht mehr erreicht	1200	1100	1500	1400	0.0112	0.0079

Tabelle 40: „Level-of-Service“ und „Unit costs“, nach: [Infras/IWW 2000, S. 248], [Schnabel/Lohse 1997, Bd.1, S. 94]

(6) Als „**optimale Infrastrukturnutzung**“ wird in [Infras/IWW 2000] LOS C vorgeschlagen als Nutzungsstufe, in der die Fahrzeuge beginnen, sich gegenseitig zu



behindern. Zeitverluste, die unterhalb des optimalen Nutzungsniveaus auftreten, werden damit von den Nutzern in Kauf genommen. Ihnen sind die jeweiligen Fahrten so wichtig, dass sie diese trotz der Erhebung der optimalen Staugebühr durchführen: Die marginalen externen Kosten sind für diese Nutzer im Optimum immer noch kleiner bzw. gleich den marginalen Nutzen der jeweiligen Fahrt.

(7) Das **stündliche Verkehrsaufkommen Q** wird aus dem im Emissionskataster vorliegenden Durchschnittlichen Täglichen Verkehr (DTV) abgeleitet. Dazu wird dieser mit Tages- und Wochenganglinien überlagert, so dass die Verkehrsmengen pro Stunde und Tag vorliegen. Dieses Vorgehen ermöglicht es, für eine Strecke verschiedene Nutzungsstufen zu bestimmen: In Abhängigkeit von der Tages- bzw. Wochenganglinie ergeben sich Zeitverluste nur für einige Stunden des Tages, besonders die Spitzenstunden sind betroffen.

(8) Liegen die Zeitverluste vor, so müssen diese im zweiten Schritt bewertet werden. Dazu existieren in der Literatur zahlreiche **Kostensätze**: pro Person und Stunde, pro Fahrzeugkilometer und Stunde, teilweise differenziert nach Verkehrszwecken oder Wochentagen. In der vorliegenden Studie wird auch für diesen zweiten Schritt das Verfahren nach

[Infras/IWW 2000] angewendet, da dieses u.E. das aktuellste und am breitesten abgestützte Verfahren darstellt<sup>127</sup>.

(9) Folgende Annahmen werden in [Infras/IWW 2000] als Ergebnis einer Literaturrecherche vor allem von Projekten der Europäischen Union wie z.B. PETS und FISCUS getroffen: Der Wert der Zeit variiert mit dem Verkehrszweck. Es wird angenommen, dass private Fahrten bei gleichen Zeitverlusten geringere Zeitkosten verursachen als geschäftliche Fahrten. Für eine Personenstunde im Geschäftsverkehr wird für Deutschland 19,72 € pro Person und Stunde angesetzt, für den Privatverkehr ein Wert von 5,92 € pro Person und Stunde [Infras/IWW 2000, S. 249].

(10) Angenommen wird darüber hinaus, dass 80% der PKW-Fahrten privater Natur sind, ebenso wie sämtliche Fahrten von Motorrädern und Bussen. Der **Besetzungsgrad** für Pkw wird der Auswertung des Systems repräsentativer Verkehrsumfragen (SrV) entnommen, er beträgt in Sachsen durchschnittlich 1,2 [SrV 1998]. Für Busse und Zweiräder liegen keine sächsischen Werte vor, so dass hier mit den bundesweiten Durchschnittswerten aus [Infras/IWW 2000, S. 249] gearbeitet wird: Der durchschnittliche Besetzungsgrad für Zweiräder beträgt demnach 1,0 Personen pro Fahrzeug, für Busse 18,54 Personen pro Fahrzeug<sup>128</sup>. Die Kostensätze für den Güterverkehr werden ebenso [Infras/IWW 2000] entnommen und basieren damit auch auf den Ergebnissen europäischer Studien.

(11) Um die in [Infras/IWW 2000] angegebenen Kostensätze an das in der vorliegenden Studie verwendete Bezugsjahr 1999 anzupassen, werden diese mit der Entwicklung der durchschnittlichen Bruttomonatsverdienste in Sachsen in diesem Zeitraum **fortgeschrieben**. Die Verdienste in dieser Zeit entwickelten sich in diesem Zeitraum für die verschiedenen

<sup>127</sup> Im Rahmen der Plausibilitätsanalyse wird darüber hinaus mit den Verfahren der Bundesverkehrswegeplanung [BMV 1993] und der „Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen“ [EWS 1997] gerechnet (siehe Kapitel 3.3).

<sup>128</sup> Recherchen nach sächsischen Angaben zu durchschnittlichen Besetzungsgraden von Bussen blieben ohne Erfolg.



Wirtschaftszweige und Leistungsgruppen unterschiedlich, auch zwischen Männern und Frauen sind Differenzen zu verzeichnen. Im Mittel ergibt sich ein Fortschreibungsfaktor von 1,1<sup>129</sup>, d.h. in der Zeit von 1995 bis 1999 stiegen die Bruttomonatsgehälter auf ca. 110 Prozent.

(12) Aus den aufgeführten Annahmen ergeben sich die in Tabelle 41 aufgeführten Kostensätze, mit denen die Zeitverluste im vorliegenden Projekt bewertet werden.

Fahrzeugkategorie	Zeitkosten 1995 [€/h]	Zeitkosten 1999 [€/h]
PKW, LNF	10,4	11,4
MR, Mofa	5,9	6,5
Rbus, Lbus	109,7	120,7
Personenverkehr Durchschnitt	12,93	14,2
LKW	23,2	25,5
LZ, SZ	42,9	47,2
Güterverkehr Durchschnitt	37,92	41,71

Tabelle 41: Zeitkosten 1995, nach: [Infras/IWW 2000, S. 249], [SrV 1998, S.], [Statistisches Landesamt 2000, S. 616]

(13) Mit dem beschriebenen Verfahren werden Staukosten ausschließlich für den Straßenverkehr ermittelt. Staukosten im **Schienen- und Luftverkehr** werden vernachlässigt, da dort auftretende Zeitverluste vor allem eine Folge ungenügender Abstimmung der Transportvorgänge sind. Wir betrachten diese Kosten daher nicht als Externalitäten, weil die Betreiber im Prinzip in der Lage sind, die Nutzung der knappen Infrastruktur so zu organisieren, dass keine Zeitverluste auftreten<sup>130</sup>. Darüber hinaus ist es sehr schwierig, Daten zum Ausmaß dieser Zeitverluste zu gewinnen. So kann die DB AG für den Schienenverkehr in Sachsen ebensowenig wie das sächsische Luftfahrtamt für den Luftverkehr in Sachsen zu diesem Thema Auskunft geben<sup>131</sup>.

(14) [Infras/IWW 2000, S. 241] schreibt zu dieser Problematik: „According to the welfare-definition, congestion costs can be interpreted as the costs users cause to each other because they do not take into consideration the preferences of others or as the price we pay for not behaving in a rationale way. This viewpoint implies that congestion costs are only occurring in individual transport because in scheduled transport services a „higher intelligence“ ensures an optimal use of existing infrastructure.“

(15) Zur Vermeidung von Mißverständnissen ist an dieser Stelle **zusammenfassend** festzuhalten:

- Staukosten werden in zahlreichen Studien für **verschiedene Zwecke** bestimmt. Oft dienen die Abschätzungen von Staukosten dazu, den Ausbau von Verkehrswegen zu begründen: „Weil soviel Stau ist, müssen

<sup>129</sup> Siehe [Statistisches Landesamt 2000, S. 616]

<sup>130</sup> Für die wohlfahrtstheoretische Argumentation zu dieser Frage siehe [Infras/IWW 2000, S. 117 f.]

<sup>131</sup> Auskunft Frau Härtling, DB AG, vom 5.10.2001 per Email; Auskunft von Herrn Andreas, Sächsisches Luftfahrtamt per Telefon



wir ausbauen, dann sinken die Kosten.“ Wir halten dieses Argument für kurzfristig und falsch: Attraktivere Verkehrswege führen zu mehr Verkehr (ggf. an anderer Stelle). Das neue Gleichgewicht stellt sich auf insgesamt höherem Niveau ein, es kommt zu noch mehr Staus und damit verbunden höheren volkswirtschaftlichen Verlusten.

- Staukosten sind aber da, sie sind ein **Maß für die Übernutzung** der Ressource Straße und damit ein Maß für **Ineffizienzen**. Ziel muss es sein, diese Ineffizienzen abzubauen. Das am besten geeignete Instrument dazu ist in einer Marktwirtschaft die Erhebung von Nutzergebühren: Mit Hilfe solcher Gebühren kann man einen optimalen Systemzustand bewirken. Wer Nutzergebühren nicht erhebt, nimmt Übernutzungen mit allen Folgen in Kauf.
- Die Schätzungen der Staukosten in dieser Studie dient also ausschließlich der Frage, wie hoch die Kosten der Entscheidung sind, Nutzergebühren NICHT einzuführen. Weil wir dieses Instrument NICHT nutzen, verschenken wir **Wohlfahrt**. Die Kosten werden damit so bestimmt, dass sie den dadurch vermeidbaren Verlusten entsprechen.

### 2.10.2 Eingangsdaten

(1) Als Eingangsdaten werden vor allem die **Verkehrsmengen** des sächsischen Straßennetzes benötigt. Diese liegen im Emissionskataster Verkehr streckenfein vor, so dass die Staukosten streckenfein berechnet und dann über die Gemeinden aufsummiert werden konnten<sup>132</sup>.

### 2.10.3 Ergebnisse

(1) Die mit dem beschriebenen Verfahren für den Freistaat Sachsen für das Jahr 1999 berechneten Staukosten betragen ca. 600 Mio. €. Hierbei handelt es sich wie bereits erwähnt, NICHT um die Summe aller Zeitverluste, sondern um den **Wohlfahrtsverlust**, welcher der Gesellschaft durch die derzeitige ineffiziente Nutzung der Straßeninfrastruktur entsteht. Das bedeutet, dass der Gesellschaft bei einer optimalen Nutzung der Straßeninfrastruktur, welche hier als LOS C festgelegt wurde, ca. 600 Mio. € weniger Zeitkosten im Straßenverkehr entstehen würden. Detailliert wird diese Frage in [TUD 2001b] diskutiert. Auf die obigen Ausführungen zur Verwendung der Ergebnisse wird nochmals verwiesen.

---

<sup>132</sup> Für die Beschreibung der verkehrlichen Ausgangsdaten siehe auch Kapitel 2.1.5.



## 2.11 Wegekosten

### 2.11.1 Methodik

(1) Zu den **Wegekosten** werden die Kosten für Bau und Unterhalt der Infrastruktur gezählt. Obwohl es sich dabei nicht um externe Effekte im eigentlichen Sinne handelt, wollen wir diese Kosten in die vorliegende Studie einbeziehen, da wir der Ansicht sind, dass für die Bewertung externer Effekte eine **Gesamtbetrachtung** notwendig ist. Die Kosten werden aber ausschließlich auf der Ebene des gesamten Freistaates Sachsen ermittelt und auch in den Auswertungen **im GIS nicht mitgeführt**. Ihre Kenntnis ist eine gute Voraussetzung, um verschiedene in verkehrlichen Diskussionen auftauchende Fragen beantworten zu können. Eine solche Diskussion wird in der vorliegenden Arbeit ansatzweise durchgeführt und sollte unserer Ansicht nach auch nach Abschluss der Arbeiten zum vorliegenden Projekt weiter vertieft werden<sup>133</sup>.

(2) In der vorliegenden Studie werden die Wegekosten, wie in [TUD 2000b] vorgeschlagen, mit dem System der **Wegekostenrechnung** ermittelt, welche auch die Grundlage der vom DIW in unregelmäßigen Abständen durchgeführten Wegekostenrechnung für Deutschland ist<sup>134</sup>. Bestimmt werden:

- Die **Kapitalkosten** für das Anlagevermögen in Form von Abschreibungen und Zinsen.
- Die **laufenden Kosten** für die Unterhaltung, den Betrieb und die Verwaltung der Infrastruktur.

(3) Um die Wegekosten für den **Freistaat Sachsen** zu bestimmen, werden die Angaben für die bundesdeutschen Verkehrsnetze auf die Länge des sächsischen Straßen- und Schienennetzes heruntergerechnet. Die Aktualisierung auf das Jahr 1999 geschieht zum einen, indem die Netzlänge des Jahres 1999 berücksichtigt wird und zum anderen, indem die Kosten für 1997 mit dem Faktor 1,035 multipliziert werden, welcher der Steigerung des Preisindex der allgemeinen Lebenshaltung in den Jahren 1997 bis 1999 in Sachsen entspricht<sup>135</sup>. Die Ergebnisse dieser Rechnungen sind in Tabelle 42 dargestellt.

<sup>133</sup> Siehe dazu auch [TUD 2000b]

<sup>134</sup> Siehe z.B. [DIW 2000], zu Kritikpunkten am Verfahren des DIW siehe [TUD 2001b, S. 71]

<sup>135</sup> Siehe [Statistisches Landesamt 2000b, S. 580]



	Straßenverkehr	DB AG	Quelle
BRD			
Wegekosten 1997 [Mio. €]	24.100	9.370	[DIW 2000, S. 49, 56]
Wegeerlöse 1997 [Mio. €]	35.650 <sup>136</sup>	5.160 <sup>137</sup>	[DIW 2000, S. 49, 60]
Kostendeckungsgrad [%]	147,9	55	[DIW 2000, S. 49, 63]
Netzlänge 1997 [km] BRD	231.100	38.400	[BMVBW 2000, S. 53, 111]
Wegekosten [€/km]	104.000	244.000	
Sachsen			
Netzlänge 1999 [km] Sachsen	13.765 <sup>138</sup>	2.630 <sup>139</sup>	
Wegekosten 1999 [Mio. €]	1.432	642	Eigene Berechnung
Wegeerlöse 1999 [Mio. €]	1.780	260	Ermittlung aus bundesdeutschen Werten anhand der Einwohnerzahlen Sachsens

Tabelle 42: Wegekosten und Wegeerlöse für den Straßen- und Schienenverkehr in der Bundesrepublik Deutschland und dem Freistaat Sachsen

(4) Eine Alternative zur Wegekostenrechnung ist die **Ausgabenrechnung**. Hier werden die Kosten an den Ausgaben gemessen, die die öffentliche Hand in einem bestimmten Zeitraum für den Verkehr aufwendet<sup>140</sup>. In Tabelle 43 werden die Ausgaben für die Infrastruktur der einzelnen Verkehrsmittel für das gesamte Bundesgebiet aufgelistet. Analoge Angaben sind für jede Verwaltungsebene vorhanden: Sowohl auf Landes- als auch auf kommunaler Ebene werden Gelder in verkehrliche Infrastrukturen investiert. Auch andere Gelder z.B. der Europäischen Union fließen in Infrastrukturinvestitionen im Freistaat Sachsen<sup>141</sup>. Eine vollständige Übersicht über die Höhe der Infrastrukturinvestitionen im Freistaat Sachsen im Jahr 1999 zu gewinnen, ist daher kaum möglich: Versuche, die Angaben in Tabelle 43 auf die anderen Ebenen zu erweitern, werden immer lückenhaft bleiben. Das ist der Grund, weshalb dieser Ansatz in der vorliegenden Studie nicht weiter verfolgt wird.

(5) Für den **Luftverkehr und die Binnenschifffahrt** sind Angaben zu Ist-Ausgaben die einzigen Informationen zu Infrastrukturkosten, für den Straßen- und Schienenverkehr geben sie zusätzlich zur im Rahmen der Wegekostenrechnung gemachten volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung Auskunft über tatsächlich getätigte Ausgaben. Letztere können als Folge verschiedener Einflussfaktoren wie z.B. der aktuellen Haushaltslage erheblichen Schwankungen unterworfen sein.

<sup>136</sup> Kraftfahrzeugsteuer, Mineralölsteuer des Kfz-Verkehrs, Autobahnbenutzungsgebühr für schwere Lastkraftfahrzeuge als in Deutschland erzielte Gebühren aus dem Vignetten-Verkauf, siehe dazu [DIW 2000, S. 58]

<sup>137</sup> Entgelte für Trassennutzung, Mineralölsteuer

<sup>138</sup> Zusendung per Mail vom 20.11.2001 durch Frau Bauer, SMWA

<sup>139</sup> Zusendung per Post vom 17.1.2002 durch Herrn Dr. Körner, SMWA

<sup>140</sup> Zur Kritik an diesem Verfahren siehe [TUD 2000b].

<sup>141</sup> Im Bereich des Schienenverkehrs wird ein Großteil der Investitionen durch die DB AG finanziert.



	Ausgaben des Bundes [Mio. €]
Straßen insgesamt	16.080
Eisenbahnen	11.120
Bundeswasserstraßen	1.650
Luftfahrt	500
Summe	29.350

Tabelle 43: Ist-Ausgaben des Bundes für die Verkehrswege 1999, Quelle: [BMVBW 2000, S. 126]

### 2.11.2 Eingangsdaten

(1) Tabelle 44 und Tabelle 45 zeigen die zugrunde liegenden Netzlängen für den Straßen- und Schienenverkehr.

Straßenklasse	Streckenlänge [km]
BAB	610
Bundesstraßen	2.465
Staatsstraßen	4.740
Kreisstraßen	5.950
Summe	13.765

Tabelle 44: Netzlängen pro Straßenklasse im Jahr 1999 für den Freistaat Sachsen, Quelle: SMWA<sup>142</sup>

	Streckenlänge [km]
Fern DB-AG	1.065
Regional DB-AG	1.483
Nichtbundeseigene Eisenbahnen	82
Summe	2.630

Tabelle 45: Länge des Schienennetzes im Jahr 1999 für den Freistaat Sachsen, Quelle: SMWA<sup>143</sup>

### 2.11.3 Ergebnisse

(1) Die Höhe der Wegekosten für den Straßen- und Schienenverkehr ist in Tabelle 46 aufgelistet. Der Berechnung der aufgeführten Größen liegen Berechnungs- und Zuordnungsverfahren des DIW zugrunde, welche eine Reihe **kontrovers diskutierter Annahmen** enthalten. Der Grund dafür ist, dass sowohl die Ermittlung der Wegekosten selbst

<sup>142</sup> Zusendung per Mail vom 20.11.2001 durch Frau Bauer, SMWA

<sup>143</sup> Zusendung per Post vom 17.1.2002 durch Herrn Dr. Körner, SMWA



als auch die Zurechnung der Kosten auf die verschiedenen Nutzergruppen mit erheblichen methodischen Schwierigkeiten verbunden sind und als Folge dessen in Wissenschaft und Politik keine Einigkeit über die „tatsächliche“ Höhe der Wegekosten herrscht.

(2) Einige der Kritikpunkte werden im Rahmen der **Sensitivitätsdiskussion** in Kapitel 3.3 behandelt, um eine Vorstellung von dem Bereich zu geben, in dem die „tatsächlichen“ Wegekosten liegen. Eine wichtige Schlußfolgerung dieser Unsicherheiten ist aber in jedem Fall, dass die vorliegenden Ergebnisse nicht als Grundlage einer verursachergerechten Anlastung der Wegekosten z.B. in Form von differenzierten Straßenbenutzungsgebühren dienen können. Sie sollen vielmehr die Größenordnung zeigen, in der die Wegekosten liegen, auch im Vergleich zur Höhe der Wegeeinnahmen, welche in Tabelle 42 mit aufgeführt wurden.

(3) Ob diese **Einnahmen als Entgelte** für die Infrastrukturen betrachtet werden können, ist eine weitere strittige Frage. Das DIW macht dazu die Bemerkung, „dass diese Steuern in den Infrastrukturkosten des Kraftfahrzeugverkehrs begründet sind und dass mit ihrem Aufkommen diese Kosten (partiell oder total) abgegolten werden (sollen).“ Die vom Kraftverkehr entrichteten speziellen Steuern werden demzufolge als „Entgelt für spezielle Leistungen“ betrachtet und daraus geschlussfolgert, dass „derartige Abgaben in deutlichem Gegensatz zu den Steuern“ stehen, „deren Einnahmen der Finanzierung allgemeiner Staatsaufgaben dienen sollen und die nach dem Leistungsprinzip erhoben werden, d.h. nach der individuellen Belastbarkeit der Steuerpflichtigen, und die lt. §3 Abgabenordnung keine Gegenleistungen für besondere Leistungen darstellen<sup>144</sup>.“ [DIW 2000, S. 37 f.]

(4) Gleichzeitig wird eingeräumt, dass die Kraftfahrzeugsteuern keiner **Zweckbindung** unterliegen. Das sei notwendig, um die „Flexibilität der Haushaltswirtschaft“ zu wahren, und die parlamentarische Kontrolle zu erleichtern, da diese „im Hinblick auf die Höhe einzelner Ausgabenarten durch Zweckbindungen vermindert würde.“ [DIW 2000, S. 39]

(5) Das **Umweltbundesamt** ist der Ansicht, dass der Staat bei der Erhebung der Mineralölsteuer ebenso wie bei anderen Verbrauchssteuern an den Verbrauch bestimmter Produkte als Ausdruck einer gewissen Leistungsfähigkeit der Steuerzahler anknüpft: „Damit ist keinerlei Anspruch auf Gegenleistung in Form öffentlicher Leistungen (z.B. Verkehrswegebau) verbunden. Der enge Zusammenhang von Kraftstoffverbrauch und Straßennutzung bedingt keine Zweckbindung der Kraftstoffsteuern zur Finanzierung von Verkehrswegen. Ebenso wenig wie aus der Biersteuer Kneipen subventioniert werden, wird aus Kfz- und Mineralölsteuern der Straßenbau finanziert. Die aus Steuern finanzierten Wegekosten stellen somit ebenso wie der Grundstückswert der Verkehrsflächen und die Kosten für kostenlos überlassene Parkplätze echte externe, d.h. nicht vom Verkehrsteilnehmer verursachergerecht finanzierte Kosten dar.“ [Huckestein 1995, S. 32]

(6) Aus rechtlicher Sicht halten wir die Position des Umweltbundesamtes für korrekt, da keine Zweckbindung für die Verwendung der Kraftfahrzeug- und Mineralölsteuer vorliegt<sup>145</sup>. Es besteht gemäß dem oben beschriebenen „Non-Affektationsprinzip“ daher auch keine

<sup>144</sup> Bemerkung der Verfasser: Hier handelt es sich um das sogenannte Zweckbindungsverbot oder auch „Non-Affektationsprinzip“.

<sup>145</sup> Für Teile des Mineralölsteueraufkommens liegen formale Zweckbindungen vor, die allerdings regelmäßig seit 1973 gesetzlich aufgehoben werden.“ Siehe dazu [DIW 2000; S. 39].



Pflicht zur Verwendung dieser Mittel für den Straßenbau bzw. –unterhalt. Aus **volkswirtschaftlicher Sicht** scheint die Betrachtung dieser Steuereinkünfte als Wegeentgelte hingegen durchaus sinnvoll, um eine Vorstellung von der Größenordnung des Verhältnis aus Wegekosten und Steuereinnahmen im Straßenverkehr zu erhalten.

(7) Diese Fragen sind Gegenstand der sogenannten „Wegkostendebatte“ und in zahlreichen Diskussionen zum Thema Verkehr präsent. Die im vorliegenden Bericht vorgelegten Zahlen und Argumentationen können dazu einige Anhaltspunkte geben. Sinnvoll und wichtig scheint uns aber in jedem Fall auch die **weitere Diskussion** dieser Problematik im Rahmen einer eventuellen Weiterführung der Arbeiten, um Argumentationshilfen für die tägliche Arbeit der verschiedenen Institutionen zu geben, welche mit diesen Fragen konfrontiert sind.



Name	Netzlänge Straße Gesamt [km]	Netzlänge Schiene Gesamt [km]	Wegekosten Straße [1000 €]	Wegekosten Schiene [1000 €]
Annaberg	296,6	58,9	30.844	14.372
Aue-Schwarzenberg	308,3	56,5	32.063	13.786
Bautzen	874,7	97,1	90.971	23.692
Chemnitz	198,1	88,6	20.606	21.618
Chemnitzer Land	353,3	56,9	36.747	13.884
Delitzsch	551,8	126,8	57.387	30.939
Döbeln	408,1	65,6	42.445	16.006
Dresden	269,1	73,2	27.981	17.861
Freiberg	643,8	131,5	66.958	32.086
Görlitz	60,4	23,4	6.279	5.710
Hoyerswerda	45,2	18,7	4.701	4.563
Kamenz	830,4	101,8	86.357	24.839
Leipzig	237,2	168,5	24.668	41.114
Leipziger Land	486,2	105,8	50.567	25.815
Löbau-Zittau	558,9	120,1	58.129	29.304
Meißen	569,7	122,1	59.252	29.792
Mittlerer Erzgebirgskreis	461,4	69,0	47.988	16.836
Mittweida	667,6	107,3	69.433	26.181
Muldentalkreis	718,8	112,4	74.755	27.426
Niederschlesischer Oberlausitzkreis	608,9	122,6	63.322	29.914
Plauen	110,5	30,5	11.488	7.442
Riesa-Großenhain	586,3	125,6	60.971	30.646
Sächsische Schweiz	674,6	123,8	70.160	30.207
Stollberg	221,9	55,8	23.080	13.615
Torgau-Oschatz	733,1	66,9	76.238	16.324
Vogtlandkreis	1170,8	214,2	121.759	52.265
Weißeritzkreis	582,2	91,3	60.550	22.277
Zwickau	94,6	36,7	9.838	8.955
Zwickauer Land	439,4	58,0	45.699	14.152
Summe	13.762	2.630	1.431.239	641.622

Tabelle 46: Netzlängen und Wegekosten in Sachsen im Jahr 1999 pro Kreis, Quelle: eigene Berechnung aus Angaben des SMWA



### 3 Vorstellung, Diskussion und Visualisierung der Ergebnisse

(1) Das folgende Kapitel dient der Zusammenführung der oben berechneten verschiedenen Komponenten der externen Kosten des Verkehrs. Dazu soll zunächst in Kapitel 3.1 eine Übersicht über die **Ergebnisse** der vorangegangenen Kapitel gegeben werden. Die einzelnen Kostenkomponenten werden zu den gesamten externen Kosten des Verkehrs in Sachsen aufaddiert und sodann beispielhaft erste Auswertungen durchgeführt.

(2) Diese Auswertungen stehen als Beispiele für mögliche Schlußfolgerungen aus den berechneten Ergebnissen und können durch den Auftraggeber durch die Nutzung der gemeindefeinen im GIS vorliegenden Ausgangsdaten und Ergebnisse beliebig fortgeführt und variiert werden. Folgende zwei Zwecke verfolgen wir mit dieser ersten Diskussion der Resultate: Zum einen sollen **Möglichkeiten** aufgezeigt werden, wie die Daten ausgewertet und strukturiert werden können, und zum anderen wollen wir darauf aufmerksam machen, dass die Diskussion und **Interpretation** der Ergebnisse sehr wichtig ist.

(3) Diesen zweiten Aspekt halten wir für entscheidend: Die berechneten externen Kosten sind ein Maß für Ineffizienzen des Verkehrs und als solches eine Information, die breit gestreut werden kann und sollte. Dazu muss aber zu den reinen Zahlenwerten der **Hintergrund** gegeben werden, sonst drohen Fehlinterpretationen und falsche Schlüsse: Es ist wichtig, dass alle wissen, was hinter den Zahlen steht. So ist z.B. der hohe Anteil der externen Unfallkosten auf den in der vorliegenden Studie verwendeten Ansatz des Risk Value zur Bewertung der immateriellen Kosten zurückzuführen. Diese Information muss berücksichtigt werden, will man die Zahlen der Unfallkosten richtig verstehen.

(4) An diese erste Diskussion der Ergebnisse anschließend werden diese zur Plausibilisierung in Kapitel 3.2 mit den Ergebnissen aus [Infras/IWW 2000] verglichen. In Kapitel 3.3 führen wir eine **Sensitivitätsanalyse** durch, in der wichtige der Berechnung der externen Kosten zugrunde liegende Eingangsgrößen und Annahmen variiert und die resultierende Bandbreite der externen Kosten dokumentiert werden.

(5) In Kapitel 3.4 führen wir eine sachsenweite **Inländerbetrachtung** durch. Dort berechnen wir die externen Kosten des Verkehrs, die durch die Einwohner Sachsens in- und außerhalb des Freistaates Sachsen verursacht werden. Diese Betrachtung ist besonders für den Flugverkehr relevant, da sich hier Inlands- und Inländerbetrachtung am deutlichsten unterscheiden.

(6) Kapitel 3.5 schließlich ist der **Visualisierung** der Ergebnisse gewidmet. Geschildert werden das Vorgehen sowie die technischen Details der Darstellung der Ausgangsdaten und Resultate im GIS. Die Daten selbst werden als „Geodatabase“ und „shape files“<sup>146</sup> dem Bericht beigelegt, so dass der Auftraggeber über die vollständigen Ausgangsdaten und Ergebnisse verfügt. Damit sind jederzeit weitere Variationen, Aufschlüsselungen oder Folgerungen möglich.

---

<sup>146</sup> Zur Erläuterung der beiden Begriffe siehe Kapitel 3.5.



### 3.1 Zusammenführung der Ergebnisse zu den gesamten externen Kosten des Verkehrs

(1) Die **Gesamtsumme** der externen Kosten aller Verkehrsträger in Sachsen im Jahr 1999 beträgt **ca. 8,7 Mrd. €**. Einen Überblick über die Ergebnisse gibt Tabelle 47. Dabei wird deutlich, dass diese beträchtlichen Kosten keinesfalls vernachlässigbar sind, im Gegenteil: Diese Zahl entspricht ca. zehn Prozent des sächsischen Bruttoinlandsprodukts von 1999<sup>147</sup>.

(2) Betrachtet man die **einzelnen Verkehrsträger**, so wird deutlich, dass der Straßenverkehr mit Abstand der größte Verursacher externer Kosten im Verkehrsbereich ist. Er ist für etwa 95 Prozent der externen Kosten verantwortlich. Der Schienenverkehr verursacht ca. vier Prozent der Kosten; die durch den Flugverkehr und die Binnenschifffahrt verursachten externen Kosten betragen je ca. ein halbes Prozent und sind im Vergleich zum Straßenverkehr vernachlässigbar<sup>148</sup>. Der Anteil des **Flugverkehrs** erhöht sich, legt man anstelle der Inlandsbetrachtung die in Kapitel 3.4 vorgenommene **Inländerbetrachtung** zugrunde, ein Vorgehen, das uns empfehlenswert scheint, da ein großer Teil des Flugverkehrsaufkommens der Einwohner Sachsens außerhalb von Sachsen und außerhalb von Deutschland erbracht wird.

[Mio. € für 1999]	Straßenverkehr	Schienenverkehr	Flugverkehr	Binnenschifffahrt	Alle Verkehrsträger
Unfälle	2.796	0	0	0	2.796
Lärm	695	102	2	0	799
Luftverschmutzung	2.271	85	0	13	2.369
Klimakosten	1.181	45	5	6	1.237
Natur und Landschaft	203	29	10	0	242
Flächeninanspruchnahme	93	0	0	0	93
Trennwirkung	1	1	0	0	2
Vor- und nachgelagerte Prozesse	1.117	66	2	6	1.191
Summe	8.357	329	19	25	8.730

Tabelle 47: Totale externe Kosten des Verkehrs in Sachsen im Jahr 1999

(3) Folgende erste wichtige Schlußfolgerungen können damit schon an dieser Stelle gezogen werden: Die **externen Kosten** des Verkehrs in Sachsen sind **beträchtlich**. Dividiert man die ermittelten absoluten Ergebnisse durch die Zahl der Einwohner Sachsens von 4,456 Millionen, so ergeben sich **pro Einwohner** für das Jahr 1999 externe Kosten von **ca. 2.000 €**. Jeder Sachse, jede Sächsin, vom Baby bis zum Greis, zahlt für die Schäden und Ineffizienzen des Verkehrs früher oder später diese Summen.

<sup>147</sup> Das Bruttoinlandsprodukt für den Freistaat Sachsen betrug 141,3 Mrd. DM im Jahr 1999, siehe dazu [Statistisches Landesamt 2000a].

<sup>148</sup> Diese Verhältnisse ändern sich, legt man das Inländerprinzip zugrunde, siehe dazu Kapitel 3.4.



(4) Das Ergebnis bildet die im Verkehrsbereich auftretenden **Ineffizienzen** monetär ab: Enthalten sind die Wirkungen des Verkehrs auf die natürliche Umwelt, aber auch Folgen, von denen nur bzw. vor allem die Menschen selbst betroffen sind. Beispiele dafür sind z.B. die Unfallfolgen.

(5) Der berechnete Wert stellt eine **Untergrenze** der tatsächlich zu erwartenden externen Kosten dar, da im Falle von Unsicherheiten stets vorsichtig geschätzt wurde. Unsicherheiten waren zum einen methodischer Natur. So ist die Monetarisierung der Trennwirkungen und der Flächeninanspruchnahme mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Der andere Aspekt sind Unsicherheiten in den Ausgangsdaten, wie sie z.B. im Lärmbereich für den Luft- und Schienenverkehr vorlagen.

(6) Mit Abstand für den größten Teil der externen Kosten ist der **Straßenverkehr** verantwortlich. Wie sich die Kosten hier auf die einzelnen Fahrzeugkategorien verteilen, zeigt Tabelle 48 sowie Abbildung 15. Für den größten Teil der Kosten sind die PKW sowie die Nutzfahrzeuge verantwortlich, wobei bei den PKW die Unfallkosten den größten Anteil ausmachen und bei den Nutzfahrzeugen die externen Kosten der Luftverschmutzung.

[Mio. €]	Pkw	Nutzfahrzeuge	Zweirad	Bus	Summe Straße
Unfälle	2.325	261	178	32	2.796
Lärm	569	110	12	4	695
Luftverschmutzung	694	1.503	0	74	2.271
Klimakosten	709	442	7	23	1.181
Natur und Landschaft	166	32	4	1	203
Flächeninanspruchnahme	75	15	2	1	93
Trennwirkung	1	0	0	0	1
Vor- und nachgelagerte Prozesse	630	462	5	20	1.117
Summe	5.169	2.825	208	155	8.357

Tabelle 48: Totale externe Kosten des Straßenverkehrs in Sachsen im Jahr 1999

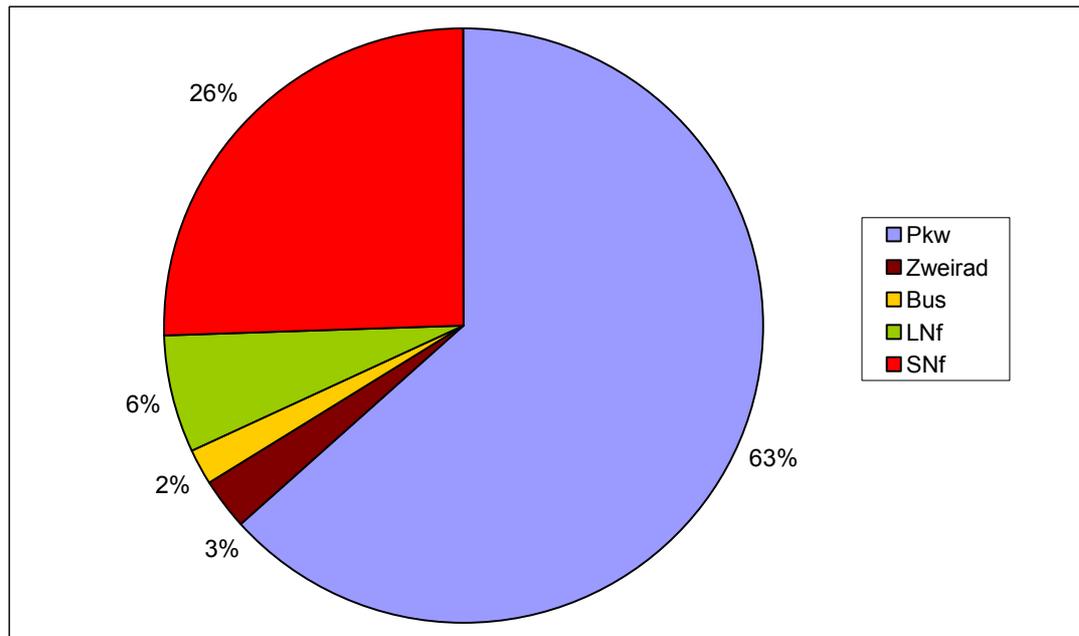


Abbildung 15: Anteile der Fahrzeugkategorien an den gesamten externen Kosten des Straßenverkehrs

(7) Die Auswertung getrennt nach den **einzelnen Kostenkomponenten** kann mit Hilfe von Tabelle 47 auch über alle Verkehrsträger vorgenommen werden: Die wichtigste Kostenkategorie sind die **Unfallkosten**, gefolgt von den Kosten der **Luftverschmutzung** und des **Energieverbrauchs** (als Klimakosten). Diese Verteilung ist durch den Straßenverkehr geprägt ist, da dieser den Hauptteil der externen Kosten verursacht. Dabei ist zu beachten, dass die Klimakosten mit Hilfe des Vermeidungskostenansatzes und damit sehr vorsichtig geschätzt wurden, es handelt sich bei den Klimafolgen demzufolge um eine sehr sensitive Komponente. Der hohe Anteil der Unfallkosten resultiert aus dem Ansatz des Risk Value<sup>149</sup>, mit dessen Hilfe die immateriellen Kosten bewertet wurden, eine Größe, welche auch in die Berechnung der luftverschmutzungsbedingten Kosten einfließt.

(8) Abbildung 16 verdeutlicht die **Größenordnungen** und zeigt gleichzeitig die Anteile der einzelnen Verkehrsmittel bzw. Fahrzeugkategorien im Straßenverkehr an den einzelnen Kostenkomponenten auf. Auch hier zeigt sich die Dominanz des Straßenverkehrs und dabei besonders des PKW- und Nutzfahrzeugverkehrs. Im Bereich der Unfälle sind auch die Zweiräder für einen großen Anteil der externen Kosten verantwortlich.

<sup>149</sup> Zum Begriff des Risk Value siehe Kapitel 2.2.

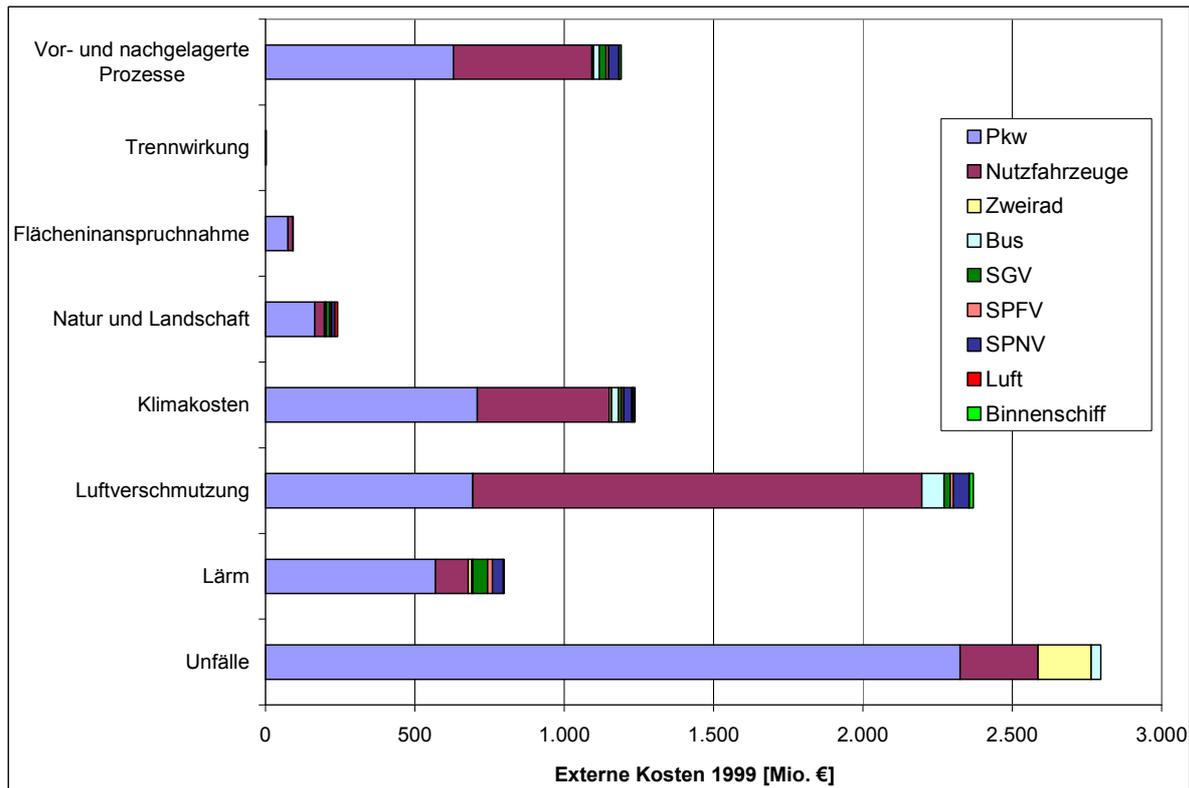


Abbildung 16: Anteile der Verkehrsträger an den externen Kosten in Sachsen 1999

(9) Interessant sind neben der Auswertung der absoluten Ergebnisse auch die **durchschnittlichen Kosten**, die die externen Kosten auf die jeweilige Verkehrsleistung beziehen. Im Straßenverkehr ist das Verkehrsaufkommen im Vergleich zu den anderen Verkehrsträgern mit Abstand am größten, deshalb ist es zwingend, die dortigen Kosten auch auf die jeweiligen Verkehrsleistungen umzulegen. Tabelle 49 und Abbildung 17 geben die relevanten Ergebnisse wieder.



	Pkw	Zwei- rad	Bus	Personen- verkehr	Nutzfahr- zeuge	SGV <sup>150</sup>	SPFV <sup>151</sup>	SPNV <sup>152</sup>	Flug <sup>153</sup>	Schiff
	[€/1000 Pkm]				[€/1000 tkm]	[€/1000 tkm]	[€/1000 Pkm]		[€/1Mio. Bew.]	[€/1000 tkm]
Unfälle	49	299	10	50	16	0	0	0	0	0
Lärm	12	20	1	11	7	7	7	7	10	0
Luftverschmu- tzung	15	0	23	15	93	3	5	10	1	53
Klimakosten	15	12	7	14	27	2	3	5	28	26
Natur und Landschaft	3	6	0	3	2	2	2	2	55	0
Flächeninans- pruchnahme	2	3	0	2	1	0	0	0	0	0
Trennwirkung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vor- und nachgelagert e Prozesse	13	8	6	13	29	3	4	7	8	25
Summe	109	348	47	108	174	17	22	32	103	104

Tabelle 49: Durchschnittliche externe Kosten der einzelnen Verkehrsträger in Sachsen im Jahr 1999

(10) Bei der Betrachtung der durchschnittlichen externen Kosten zeigen sich eine Reihe interessanter Aspekte. So sind z.B. die durchschnittlichen externen Kosten der **Zweiräder** mit Abstand am größten. Der Grund hierfür sind die externen **Unfallkosten**, welche durch Zweiräder verursacht werden. Es handelt sich hierbei um Unfallopfer aus allen Fahrzeugkategorien, welche durch Zweiräder verursacht werden. Hoch sind auch die durchschnittlichen externen Kosten der **Nutzfahrzeuge**, dort aber ist dies hauptsächlich auf die Luftschadstoffemissionen zurückzuführen. Auch die durchschnittlichen externen Kosten der **Binnenschifffahrt** sind durch die Luftverschmutzung geprägt. In diesem Bereich können sich aber bei einer für die nächste Zeit vorgesehenen Überarbeitung des Emissionskatasters Änderungen ergeben, wenn neue Emissionsfaktoren in die Berechnungen der Emissionen der Binnenschifffahrt einfließen.

(11) Der hohe Anteil des Effekts Natur und Landschaft im **Flugverkehr** ist auf die geringe Zahl der Starts und Landungen in Sachsen zurückzuführen, welche hier auch als Bezugsgröße dienen. Der Berechnung dieses Effekts liegen die Flächen der Flughäfen zugrunde, welche bezogen auf die Zahl der Flugbewegungen relativ groß ist. Der eigentlich kritische Effekt im Flugverkehr ist damit der Klimabereich. Die geringsten durchschnittlichen Kosten verursacht der Öffentliche Verkehr.

<sup>150</sup> Schienengüterverkehr

<sup>151</sup> Schienenpersonenfernverkehr

<sup>152</sup> Schienenpersonennahverkehr

<sup>153</sup> Die Bezugsgröße für den Flugverkehr ist die Zahl der Bewegungen auf den Flughäfen als Summe aus Starts und Landungen, da bei einer Inlandsbetrachtung die Angabe von Flugstrecken nicht sinnvoll ist.

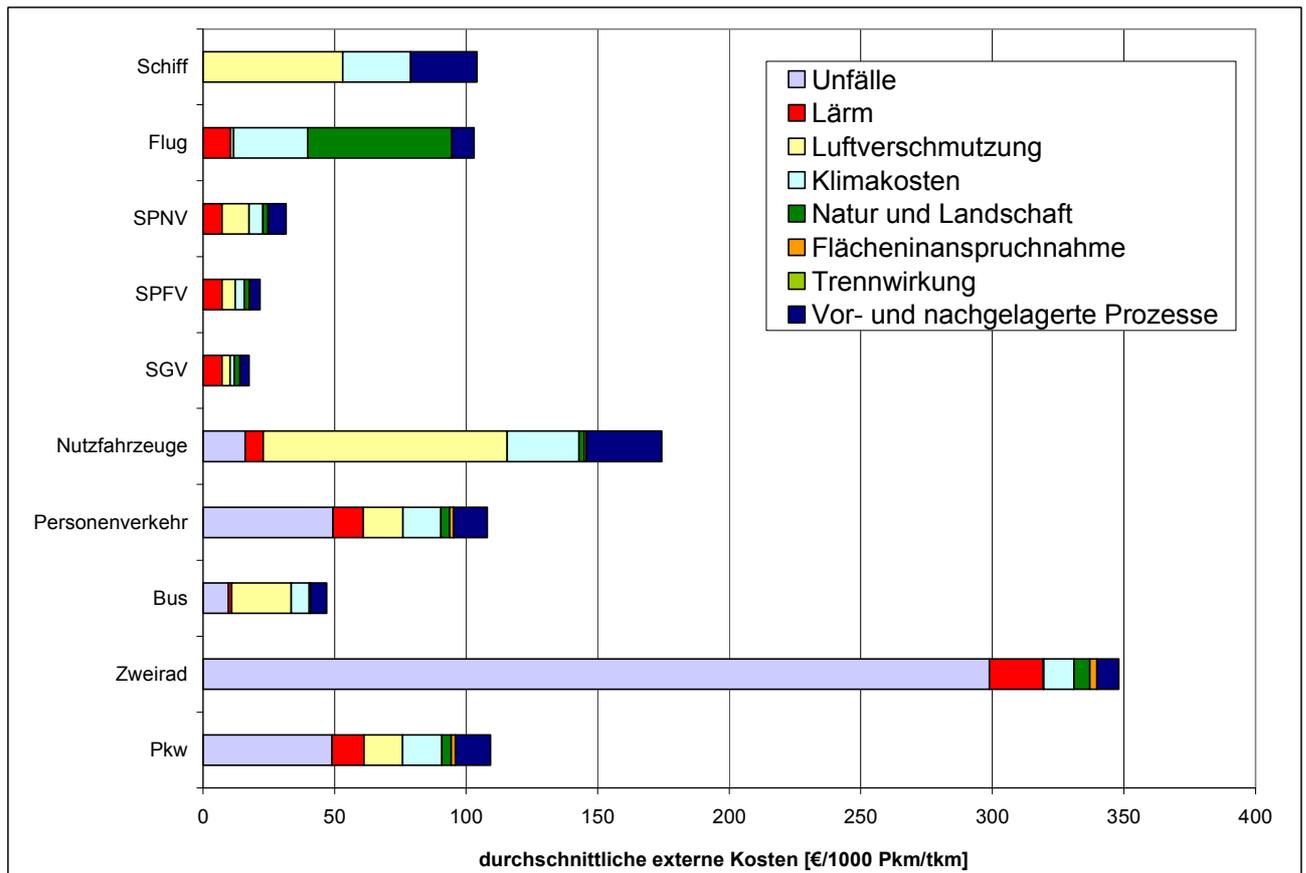


Abbildung 17: Durchschnittliche externe Kosten pro Fahrleistung in Sachsen 1999

(12) Der **Volkswirtschaft** entstehen demnach durch den Verkehr, wie er heute organisiert ist, erhebliche **Verluste** Verluste, die alle betreffen, denn einen großen Teil der Kosten zahlt die Gesellschaft als Ganzes und damit jedes Mitglied. Ein Teil der Kosten wird aber auch auf andere Regionen oder künftige Generationen verlagert. Ein Beispiel für den ersten Effekt sind die Kosten der sekundären Luftschadstoffe wie Ozon. Von der Verlagerung der Kosten in die Zukunft ist besonders der Klimabereich betroffen.

(13) **Möglichkeiten** zur Verringerung dieser Ineffizienzen, zur Verringerung der Kostenverlagerung auf andere Menschen, Länder und Generationen, werden in Kapitel 4 aufgezeigt.

### 3.2 Vergleich der Ergebnisse mit [Infras/IWW 2000]

(1) Zur **Plausibilisierung** der in den vorangegangenen Kapiteln berechneten externen Kosten werden diese im Folgenden den Ergebnissen von [Infras/IWW 2000] gegenübergestellt. Dieses Verfahren wurde aus zwei Gründen gewählt: Zum einen ist [Infras/IWW 2000] eine aktuelle und **breit abgestützte Studie**, in welche die Ergebnisse einer Vielzahl vorangegangener Untersuchungen eingegangen sind. Die hier ermittelten externen Kosten spiegeln den derzeitigen Stand der Forschung gut wieder.



(2) Zum anderen stützt sich die vorliegende Studie stark auf [Infras/IWW 2000]. Viele der berücksichtigten Effekte wurden mit den dort entwickelten Methoden erarbeitet, demzufolge sollten die Ergebnisse **harmonieren**. Einige signifikante Unterschiede gibt es aber zwischen den Studien: So wurden z.B. die externen Kosten des Verkehrs in [Infras/IWW 2000] für Europa ermittelt. Untersuchungsgebiet der vorliegenden Studie ist der Freistaat Sachsen. Dadurch konnten wir teilweise auf wesentlich feinere Daten zurückgreifen. Beispiele dafür sind das Emissionskataster Verkehr sowie das Lärmkataster. Hier liegen für den Freistaat Sachsen sehr gute räumlich tief disaggregierte Daten vor, wohingegen in [Infras/IWW 2000] gerade im Bereich der Emissionsberechnung auf recht pauschale Verfahren zurückgegriffen werden musste.

(3) Auch im Bereich der **Unfälle** wurden für die vorliegende Studie die tatsächlichen Unfallzahlen des Freistaates Sachsens ermittelt, wohingegen in [Infras/IWW 2000] mit verkehrsträgerspezifischen Durchschnittswerten gerechnet wurde<sup>154</sup>. Dabei zeigte sich, dass abgesehen vom Straßenverkehr für Sachsen praktisch keine Unfälle zu berücksichtigen waren. So ist der Schienenverkehr zwar in eine Reihe von Unfällen verwickelt, verursachte aber in den betrachteten Untersuchungsjahren 1999 und 2000 selbst fast keine Unfälle.

(4) Tabelle 50 zeigt die in [Infras/IWW 2000] ermittelten Ergebnisse für die externen Kosten des Verkehrs in Deutschland im Jahr 1999.

	[Mio. € pro Jahr]	Straße							Schiene		Luft		Binnen schiff
		Pkw	MR	Bus	PV	LNf	SNf	GV	PV	GV	PV	GV	GV
Unfälle	43.386	35.359	3.900	268	39.527	958	2.763	3.721	58	0	80	0	0
Lärm	10.021	5.691	265	112	6.068	331	2.283	2.614	403	325	553	59	0
Luftverschmutzung	32.603	15.576	121	1.657	17.354	1.256	12.257	13.513	392	441	115	12	777
Klimakosten	27.329	14.766	194	663	15.623	1.021	5.047	6.068	481	541	3.897	452	268
Natur und Landschaft	3.343	2.039	26	54	2.119	155	801	956	34	38	156	22	17
Urbane Effekte	2.363	1.480	19	39	1.538	113	581	694	65	65	0	0	0
Vor- und nachgelagerte Prozesse	13.425	7.877	87	341	8.305	583	2.858	3.441	302	553	543	63	189
Summe	132.470	82.788	4.611	3.134	90.533	4.417	26.590	31.007	1.735	1.963	5.344	608	1.251

Tabelle 50: Totale externe Kosten des Verkehrs in Deutschland 1995, Quelle: [Infras/IWW 2000, S. 273]

(5) Zum Vergleich der Ergebnisse geeignet sind durchschnittliche Werte pro Verkehrsleistung. Diese werden in Tabelle 51 für die beiden Studien gegenübergestellt. Insgesamt zeigt sich, so denken wir, eine **gute Übereinstimmung** zwischen den Ergebnissen. Tendenziell liegen die Resultate der vorliegenden Studie höher als die durchschnittlichen Werte aus [Infras/IWW 2000]. Das liegt vor allem in den Emissions- und Immissionswerten begründet, welche in die Rechnungen eingehen. Hier liegen die sächsischen Werte zum Teil deutlich über den bundesweiten in [Infras/IWW 2000] verwendeten Größen. Wie bereits erwähnt, können in diesem Fall die in der vorliegenden Studie verwendeten Werte als gut

<sup>154</sup> In welche auch große Unglücksfälle wie z.B. Eschede oder Brühl für den Schienenverkehr einfließen.



fundiert gelten: bedingt durch die vergleichsweise geringe Größe des Untersuchungsgebiets sind die Eingangsdaten wesentlich genauer.

(6) Deutliche **Abweichungen** liegen im Straßengüterverkehr sowie in der Binnenschifffahrt vor. Der Grund dafür sind die vergleichsweise hohen externen Kosten der Luftverschmutzung sowie die Klimakosten, welche wiederum auf den Emissionswerten des Emissionskatasters beruhen.

(7) Ein Vergleich der Ergebnisse der beiden Untersuchungen für den **Flugverkehr** ist nicht möglich bzw. sinnvoll, da die in der vorliegenden Studie nach dem Inlandsprinzip ermittelten externen Kosten des Flugverkehrs auf Grund der geringen Größe des Untersuchungsgebiets vernachlässigbar sind<sup>155</sup>.

	[Infras/IWW 2000, S. 273]	Eigene Berechnung
Personenverkehr [€ / 1000 Pkm]		
Pkw	113	109
Zweirad	360	348
Bus	37,4	47
Personenverkehr Straße Total	110	108
Schiene	25,3	27
Luft	47,8	-
Güterverkehr [€ / 1000 tkm]		
Güterverkehr Straße	95	174
Schiene	28,3	17
Luft	198,8	-
Binnenschiff	19,6	104

Tabelle 51: Durchschnittliche externe Kosten des Verkehrs: Vergleich der Ergebnisse der vorliegenden Studie mit denen aus [Infras/IWW 2000]

### 3.3 Sensitivitäten

(1) Im Folgenden werden für jede Kostenkategorie **sensible Annahmen** aufgezeigt und Auswirkungen der Variation dieser Annahmen auf die Ergebnisse ermittelt. In Kapitel 3.3.10 werden die Sensitivitäten der einzelnen Kostenkomponenten zusammengefasst, um einen Überblick über die Bandbreiten zu geben, welche sich durch die Sensitivitätsrechnungen ergeben.

(2) Für die externen Kosten der **vor- und nachgelagerten Prozesse** werden keine Sensitivitätsbetrachtungen durchgeführt, da diese als Prozentsatz der Kosten der

<sup>155</sup> Anders ist das bei einer Inländerbetrachtung, welche in Kapitel 3.4 vorgenommen wird. Da dort aber für den Flugverkehr mit den durchschnittlichen Werten aus [Infras/IWW 2000] gerechnet wird, ist auch hierbei ein Vergleich der beiden Studien nicht sinnvoll.



Luftverschmutzung sowie der Klimakosten berechnet werden. Es gelten demzufolge die in den betreffenden Kapiteln durchgeführten Betrachtungen.

### 3.3.1 Unfallkosten

(1) Die wichtigste Determinante für die Unfallkosten ist der **Risk Value**, welchen wir mit 1,5 Mio. € pro Todesfall ansetzen. Arbeitet man anstelle dessen wie in [Jones-Lee 1999] vorgeschlagen mit 0,5 Mio. €<sup>156</sup>, so sinken die Unfallkosten um ca. 50 Prozent, wobei sich die Verteilung der Kosten über die Fahrzeugkategorien nicht signifikant ändert. In [ExternE 1997] wird ein Wert von 3 Mio. € verwendet. Eine solche Annahme würde die Unfallkosten um ca. 80 Prozent auf fast 5 Milliarden Euro erhöhen.

### 3.3.2 Lärmkosten

(1) Bei den Lärmkosten wird der **Zielpegel** variiert, d.h. der Lärmpegel, für den eine Zahlungsbereitschaft von Null angenommen wird. Dieser wird im Rahmen der Sensitivitätsanalyse mit 45 dB(A), 55 dB(A) und 60 dB(A) angesetzt. Tabelle 52 zeigt die Ergebnisse der Rechnungen.

(2) Die Kostenwerte des **Flugverkehrs** reagieren sehr stark auf die Variation des Zielpegels, da zum einen die Zahl der Betroffenen stark schwankt in Abhängigkeit von der Höhe des Lärmpegels und zum anderen Angaben zu sehr hohen Lärmbelastungen gar nicht vorliegen.

(3) Die Variation der Zielpegel ist nur für den Straßen- und Flugverkehr möglich, da im **Schieneverkehr** mit durchschnittlichen Kostensätzen gearbeitet wird und die Lärmkosten der **Binnenschifffahrt** vernachlässigt werden.

	Straßenverkehr	Flugverkehr
45 dB(A)	+ 65%	+ 126%
55 dB(A)	- 48 %	-74%
60 dB(A)	- 78 %	-92%

Tabelle 52: Änderung der verkehrsbedingten Lärmkosten bei verschiedenen Zielpegeln, eigene Berechnung

(4) Von der Variation des **Risk Value**, welcher in die Berechnung der gesundheitlichen Lärmkosten einfließt, wird abgesehen, da diese Lärmkosten in den weiteren Auswertungen nicht mitgeführt werden. Sie dienen lediglich der Veranschaulichung möglicher Untergrenzen von lärmbedingten Gesundheitsschäden.

<sup>156</sup> Die Kostensätze für schwer und leicht Verletzte werden analog gemindert.



### 3.3.3 Luftverschmutzung

- (1) Die Gesundheitskosten der Luftverschmutzung hängen ähnlich wie die Unfallkosten in starkem Maße von der Bewertung der **immateriellen Kosten** ab<sup>157</sup>. Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse arbeiten wir mit einem Wert von 0,5 Mio. € sowie mit 3 Mio. € als Risk Value. Bei der Verwendung des ersten Kostensatzes verringern sich die Gesundheitskosten um ca. 50%, bei der Verwendung des zweiten Wertes erhöhen sie sich auf ca. 180%.
- (2) [Infras/IWW 2000] bezieht die **Waldschäden** auf Grund zu großer methodischer Unsicherheiten nicht mit in die Auswertungen ein. Dieses Vorgehen würde die Kosten der Luftverschmutzung nicht signifikant verändern, da die mit dem hier verwendeten Verfahren ermittelten Waldschäden im Vergleich zur Gesamthöhe der luftverschmutzungsbedingten Kosten vernachlässigbar sind.
- (3) Eine weitere kritische Eingangsgröße ist der **Anteil des Verkehrs** an den Immissionen aller Emittenten. Die zur Berechnung dieser Größe möglichen Verfahren werden in Kapitel 2.3.2.1 beschrieben. Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse wird das Verfahren nach **Lohmeyer** angewendet, welches zu deutlich niedrigeren Ergebnissen führt als das in der vorliegenden Studie verwendete Verfahren, welches mit Emissionsanteilen arbeitet. Die luftverschmutzungsbedingten externen Kosten nach Lohmeyer liegen bei ca. 55% der ausgewiesenen Kosten.

### 3.3.4 Klimakosten

- (1) Die Höhe der externen Klimakosten ist von der **Bewertung der CO<sub>2</sub>-Emissionen** abhängig. Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse wird mit dem in [TUD 2001] vorgeschlagenen Schadenskostensatz von 300 €/t CO<sub>2</sub> sowie mit dem in [EWS 1997] verwendeten Kostensatz von 90 €/t CO<sub>2</sub> gearbeitet. Die Klimakosten verändern sich proportional zur Änderung der Kostensätze, sprich: Sie sinken um ca. ein Drittel bei Verwendung des Kostensatzes aus [EWS 1997] und steigen auf mehr als das Doppelte bei der Nutzung des Schadenskostensatzes von 300 €/t CO<sub>2</sub>.

### 3.3.5 Natur und Landschaft

- (1) Zur Ermittlung der externen Kosten auf Natur und Landschaft arbeiten wir im Rahmen der vorliegenden Studie mit den drei in Kapitel 2.7.1 beschriebenen Verfahren. Die Ergebnisse des **biozentrischen Ansatzes** reagieren vor allem auf die **Straßenbreiten**, so verringern sich z.B. die externen Kosten auf Natur und Landschaft um 13%, wenn für alle Straßenkategorien einheitlich mit einem über die eigentliche Straßenfläche hinaus beanspruchten Streifen von 5 Metern beiderseits der Straße gerechnet wird.
- (2) Für den **Vermeidungskostensatz** ermitteln wir die Sensitivitäten, indem wir den Prozentsatz der gesamten Infrastrukturkosten variieren. Die Vermeidungskosten ändern sich

<sup>157</sup> Siehe Tabelle 17 auf S. 37.



proportional zum Vermeidungskostensatz: Wird dieser verdoppelt, so verdoppeln sich auch die Vermeidungskosten, wird dieser halbiert, so sinken auch die Vermeidungskosten auf die Hälfte.

(3) Die Höhe der **Zahlungsbereitschaften** ändern sich proportional zur Höhe der jeweils zugrunde liegenden spezifischen Zahlungsbereitschaften. Arbeitet man wie in [TUD 2001] vorgeschlagen vergleichsweise mit einem Kostensatz von 6 € pro Person und Monat, so sinken die sachsenweiten Zahlungsbereitschaften entsprechend um ca. 65%.

### 3.3.6 Trennwirkungen

(1) Die Kosten der Trennwirkung werden durch die **Zahl der Querungen** der betroffenen Einwohner pro Tag bestimmt. Nimmt man an, dass diese Größe für alle Straßenkategorien 1,5 beträgt, so verringern sich die Kosten um ca. ein Drittel. Setzt man durchgängig 3 Querungen pro Tag an, so erhöhen sich die Zeitverluste der querenden Fußgänger um ca. ein Drittel.

(2) Weitere Einflußgrößen sind die **Wartezeiten** und sowie die **Bewertung** der Wartezeiten mit Geld. Diese Größen verhalten sich proportional zu den Ergebnissen: Verdoppelt man z.B. die Wartezeiten, so verdoppeln sich auch die externen Kosten der Trennwirkung.

### 3.3.7 Flächeninanspruchnahme

(1) Die hier betrachteten Kosten der Flächeninanspruchnahme in Form von Kosten für den Bau von Radwegen variieren zum einen mit der **Grenzsetzung** für den DTV: In der vorliegenden Studie berechnen wir für alle Strecken mit einem DTV > 3000 Kfz pro Tag Kosten der Flächeninanspruchnahme. Setzt man diese Grenze bei 10.000 Kfz pro Tag, so verringern sich die Kosten um drei Viertel.

(2) Wendet man das Verfahren wie in [Infras/IWW 2000] ausschließlich für die bewohnten Gebiete des Lärmkatasters Sachsen an, so sinken sich die Kosten auf ca. die Hälfte. Der so zu berechnende Wert stimmt gut mit dem Ergebnis einer Rechnung mit dem in [Infras/IWW 2000] angegebenen Durchschnittswert für die externen Kosten der Flächeninanspruchnahme von 12 € pro (Stadt-)Person und Jahr überein<sup>158</sup>.

### 3.3.8 Staukosten

(1) Um die Plausibilität der Ergebnisse zu prüfen, wird wie in [TUD 2001] vorgeschlagen mit den Verfahren nach [BMV 1993] und [EWS 1997] gerechnet. Dabei bleibt das Vorgehen zur Ermittlung der Zeitverluste unverändert. Variiert werden System und Höhe der Kostensätze. Aufgelistet werden die entsprechenden Kostensätze in Tabelle 53 und Tabelle

<sup>158</sup> Hier wurden wiederum alle Einwohner einbezogen.



54. Beide Verfahren führen zu ca. 30% geringeren Staukosten als das für die vorliegende Studie verwendete Verfahren nach [Infras/IWW 2000].

	Normal- / Urlaubswerktags	Sonntags
Pkw	5,51	2,75
Lkw	21,02	21,02
Lastzug	30,03	30,03
Bus	62,56	62,56

Tabelle 53: Zeitkostensätze [Euro/(Kfz x h)], nach: [EWS 1997, S. 13]

	Zeitkosten [Euro / Person und Stunde]
Gewerblicher Personenverkehr	3,00
Nichtgewerblicher Personenverkehr	15,77

Tabelle 54: Zeitkostensätze, nach: [BMV 1993, S. 30f.]

### 3.3.9 Wegekosten

(1) Die Sensitivitätsbetrachtung für die Wegekosten wird analog zu [TUD 2001] durchgeführt, indem einige **Kritikpunkte** an der Wegekostenrechnung des DIW angesprochen und Bandbreiten aufgezeigt werden, welche sich für die Wegekosten bei Berücksichtigung dieser Kritik ergeben würden. Deutlich wird, dass die Berücksichtigung fast aller Kritikpunkte die durch das DIW ermittelten Wegekosten erhöhen würde. Eine Ausnahme bildet lediglich die Höhe der Ausgaben für verkehrsfremde Funktionen. Die Methodik des DIW führt demnach zu einer eher vorsichtigen Schätzung der tatsächlichen Wegekosten.



Kritikpunkt	Quantifizierung	Veränderung der bundesdeutschen Wegekosten 1997 bei Berücksichtigung der Kritik
Der Wert der <b>Verkehrsgrundstücke</b> wird in [DIW 2000] mit dem amtlichen Preisindex für sonstiges Bauland bewertet. Kritiker halten dem entgegen, dass zumindest innerorts teilweise Preise für baureifes Land zugrunde gelegt werden müssten. [Huckestein 1995]	Bei Berücksichtigung dieser Kritik stiegen die jährlichen Kapitalkosten um ca. 5% <sup>159</sup> [Huckestein 1995]	Schieneverkehr: 9.595 Mrd. € (ca. 102 %), Straßenverkehr: 25.025 Mrd. € (ca. 104%)
Das DIW berücksichtigt für seine Rechnungen nur die reine befestigte <b>Straßenfläche</b> , dazu sollten aber auch Böschungen, Bankette, Mittel- und Trennseln gezählt werden.	Erhöhung der gesamten Wegekosten um ca. 33% [eigene Berechnung nach Huckestein 1995]	Straßenverkehr: 32.053 Mrd. € (133 %)
Das DIW erfasst keine Kosten für die Bereitstellung von <b>Parkplätzen</b> im privaten Bereich <sup>160</sup> .	Keine Quantifizierung	
Nach Ansicht verschiedener Autoren unterschätzt das DIW die Kosten der Verkehrsverwaltungen.	Keine Quantifizierung <sup>161</sup>	
Diskutiert wird in der Literatur außerdem über die Höhe der <b>kalkulatorischen Zinsen</b> . Das DIW arbeitet mit einem Wert von 2,5%. [DIW 2000, S. 12]	Keine Quantifizierung	
Schwierig ist die Bestimmung des Anteils der Kosten für <b>verkehrsfremde Funktionen</b> <sup>162</sup> an den gesamten Kosten.	Dieser Anteil schwankt in der Literatur zwischen 6% und 30%. [DIW 2000, S. 16]. Das DIW arbeitet mit 6%.	Bei einem Anteil von 30% der gesamten Wegekosten für verkehrsfremde Funktionen ergibt sich für die dem Verkehr zurechenbaren Kosten ein Wert von ca. 17.800 Mrd. € (74 %). Die Obergrenze unter Annahme dieses Anteils als 6% beträgt wie in der offiziellen Wegekostenrechnung des DIW angegeben 24.100 Mrd. € (100 %).

Tabelle 55: Kritikpunkte an der Wegekostenrechnung des DIW

<sup>159</sup> Die Kapitalkosten für die Schienenwege der DB AG betragen für das Jahr 1997 4.440 Mrd. € und für das Straßennetz 18.655 Mrd. €.

<sup>160</sup> So werden die Kosten für im Mietwohnungsbau errichtete Tiefgaragen teilweise auch autofreien Haushalten angelastet.

<sup>161</sup> [Welfens 1995, S. 29] schätzt die Höhe „Pkw-bezogener“ Verwaltungsleistungen bundesweit auf 27 Mio. €.

<sup>162</sup> Als Kosten für die „allgemeine Kommunikationsfunktion“ von Innerortsstraßen [DIW 2000, S. 48].



### 3.3.10 Zusammenfassung der ermittelten Sensitivitäten

(1) Tabelle 56 gibt einen **Überblick** über die berücksichtigten Sensitivitäten. Den größten Einfluß auf die Höhe der externen Kosten hat die Höhe des Risk Value, welches in die Berechnung der Unfallkosten sowie der Kosten der Luftverschmutzung einfließt.

(2) Die Größe der angegebenen Bandbreiten stehen hierbei mit Ausnahme der Klimafolgen weniger für Unsicherheiten: Die Datenbasis ist gut und die Methoden zur Ermittlung der externen Kosten gut abgesichert. Die Spannweite der Ergebnisse verdeutlicht vielmehr, dass jede Berechnung externer Kosten auch **normative Komponenten** enthält, was besonders auch am Beispiel des Risk Value deutlich wird.

(3) Die Sensitivitätsbereiche variieren in beide Richtungen, die tatsächlichen Kosten können sowohl höher als auch niedriger liegen. Die Änderungen für die einzelnen Kostenkomponenten können sich gegenseitig aufheben, so dass wir über das **Gesamtmaß der Bandbreite** für alle Kostenkomponenten keine Aussagen treffen können. In jedem Fall sind aber die Bandbreiten der Effekte am dominantesten, welche den größten Anteil an der Gesamtsumme der externen Kosten haben.

Kostenkomponente	Anteil an gesamten externen Kosten	Berücksichtigte Sensitivitäten	Bandbreite der Ergebnisse
Unfälle	33%	Risk Value von 0,5 und 3 Mio. €	-50% - +80%
Lärm	7%	Variation Zielpegel Straße und Flugverkehr	-78% - +65%
Luftverschmutzung	28%	Risk Value von 0,5 und 3 Mio. €	-50% - +80%
Klimafolgen	14%	Variation Kostensatz auf 90 €/t CO <sub>2</sub> und €/t CO <sub>2</sub>	-30% - +120%
Natur und Landschaft	3%	Einheitliche Breite des zusätzlich belasteten Seitenstreifens von beiderseits 5m	-13%
Trennwirkung	0%	Zahl der Querungen 1,5 bzw. 3 pro (keine Rechtschreibvorschläge) und Tag	-30% - +30%
Flächeninanspruchnahme	1%	Berücksichtigung von Strecken mit einem DTV > 1000 Kfz pro Tag Anwendung nur auf bewohnte Gebiete	-75% -50%
Stau	-	Anwendung Kostensätze BVWP und EWS	-30%
Wegekosten	-	Diskussion verschiedener Annahmen, siehe Kapitel 3.3.9	

Tabelle 56: Überblick über die Bandbreiten der Sensitivitätsanalysen für die verschiedenen Kostenkomponenten, eigene Berechnung

### 3.4 Inländerbetrachtung

(1) Im bisherigen Text war das **Inlandsprinzip** zugrunde gelegt worden. Bestimmt wurden die externen Kosten des Verkehrs in Sachsen, unabhängig davon, ob die Verursacher dieser externen Kosten Einwohner des Freistaats Sachsens sind oder nicht: Im folgenden



Kapitel werden nun die externen Kosten untersucht, welche die „**Inländer**“, sprich die Einwohner Sachsens innerhalb und außerhalb von Sachsen verursachen.

(2) Voraussetzung für die Ermittlung dieser Kosten ist die Kenntnis des **Inländerverkehrs-aufkommens** als Verkehrsmenge, welche die Sachsen weltweit erzeugen. Diese Größe wurde im Rahmen von [TUD 1999b] für das Jahr 1996 ermittelt. Ergebnis dieser Studie ist, dass die Unterschiede zwischen der Inlands- und der Inländerfahrleistung für den Straßen- und Schienenverkehr vernachlässigbar sind.

(3) Große Unterschiede ergeben sich aber für den **Flugverkehr**, da nur ein kleiner Teil der von Sachsen zurückgelegten Flugkilometer wirklich auf dem Gebiet des Freistaats Sachsen erbracht wird. Als Ergebnis von [TUD 1999b] liegt das Personenverkehrsaufkommen des Flugverkehrs vor, das Güterverkehrsaufkommen wurde für die vorliegende Studie mit Hilfe der bundesdeutschen Angaben aus [BMVBW 2002] bestimmt. Diese wurden anhand des Anteils der sächsischen Bevölkerung an der gesamten bundesdeutschen Bevölkerung heruntergerechnet in der Annahme, dass das Flugverkehrsaufkommen pro Einwohner in der gesamten Bundesrepublik Deutschland in etwa gleich ist.

(4) Auch das Inländerverkehrsaufkommen der **Binnenschifffahrt** weicht deutlich von dem Verkehr der Binnenschifffahrt in Sachsen selbst ab, was darauf zurückzuführen ist, dass auf der Elbe viele Güter aus Tschechien in Richtung Nordsee und umgekehrt transportiert werden. Tabelle 57 zeigt die für die vorliegende Studie verwendeten Eingangsgrößen.

	Inlandsprinzip		Inländerprinzip	
	Personenverkehr [Mio. Pkm]	Güterverkehr [Mio. tkm]	Personenverkehr [Mio. Pkm]	Güterverkehr [Mio. tkm]
Straßenverkehr	37.574	13.463	37.574	13.463
Schienenverkehr	7.400	7.200	7.400	7.200
Flugverkehr	-	-	10.320 <sup>163</sup>	354
Binnenschifffahrt	-	245	-	90

Tabelle 57: Inländerverkehrsaufkommen der Sachsen pro Verkehrsträger für das Jahr 1999, Quelle: Emissionskataster Verkehr, [TUD 1999b], [BMVBW 2002]

(5) Zur **Berechnung** der externen Kosten wurden die jeweiligen Verkehrsaufkommen mit durchschnittlichen Kostensätzen pro Kostenkomponente multipliziert. Für den Schienen- und Straßenverkehr sowie die Binnenschifffahrt wurden die Ergebnisse der vorliegenden Studie verwendet. Für den Luftverkehr wurde mit den in [Infras/IWW 2000] erarbeiteten Kostensätzen gearbeitet<sup>164</sup>, da eine Übertragung der in der vorliegenden Studie externen

<sup>163</sup> Die Angaben in [TUD 1999b] wurden anhand der Entwicklung des bundesweiten Luftverkehrsaufkommens auf das Jahr 1999 fortgeschrieben, siehe [BMVBW 2002].

<sup>164</sup> Für die externen Kosten des Luftverkehrs wurden in [Dings 2001] sehr detailliert für verschiedene Flugzeugtypen aktuelle Kostensätze erarbeitet. Da uns aber keine Informationen zum Flottenmix vorliegen, arbeiten wir mit den durchschnittlichen Werten aus [Infras/IWW 2000].



Kosten auf das Inländerverkehrsaufkommen nicht möglich ist<sup>165</sup>. Abbildung 18 und Tabelle 58 zeigen die **Ergebnisse** der Inländerbetrachtung.

[Mio. €]	Straßenverkehr	Schieneverkehr	Flugverkehr	Binnenschifffahrt	Summe
Unfälle	2.796	0	7	0	2.803
Lärm	695	102	57	0	854
Luftverschmutzung	2.274	85	12	5	2.375
Klimakosten	1.181	45	413	2	1.642
Natur und Landschaft	202	29	17	0	249
Flächeninanspruchnahme	93	0	0	0	93
Trennwirkung	1	1	0	0	3
Vor- und nachgelagerte Prozesse	1.117	66	57	2	1.242
Summe	8.360	329	564	9	9.261
Anteile:	90%	4%	6%	0%	100%

Tabelle 58: Externe Kosten für Sachsen 1999 berechnet nach Inländerprinzip, eigene Berechnung

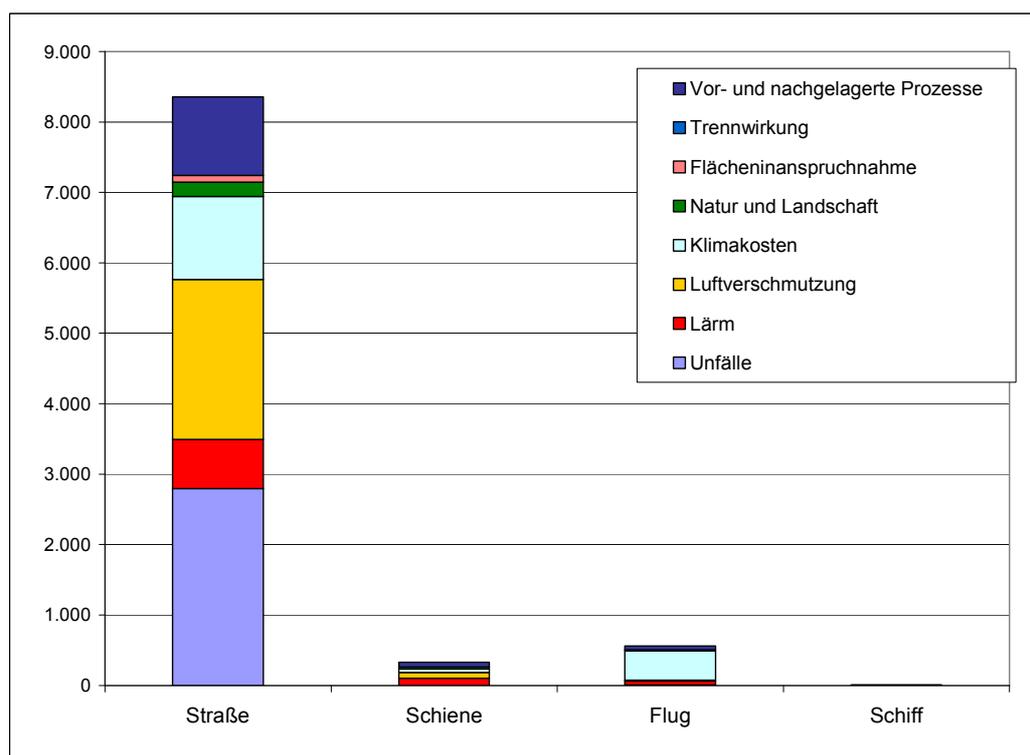


Abbildung 18: Externe Kosten in Sachsen 1999 nach Inländerprinzip [Mio. €], eigene Berechnung

<sup>165</sup> Daten zum Inlandsverkehrsaufkommen des Luftverkehrs liegen uns nicht vor, so dass die durchschnittlichen externen Kosten in der vorliegenden Studie pro Zahl der Bewegungen auf den Flughäfen angegeben werden, siehe dazu auch Kapitel 2.1.5.

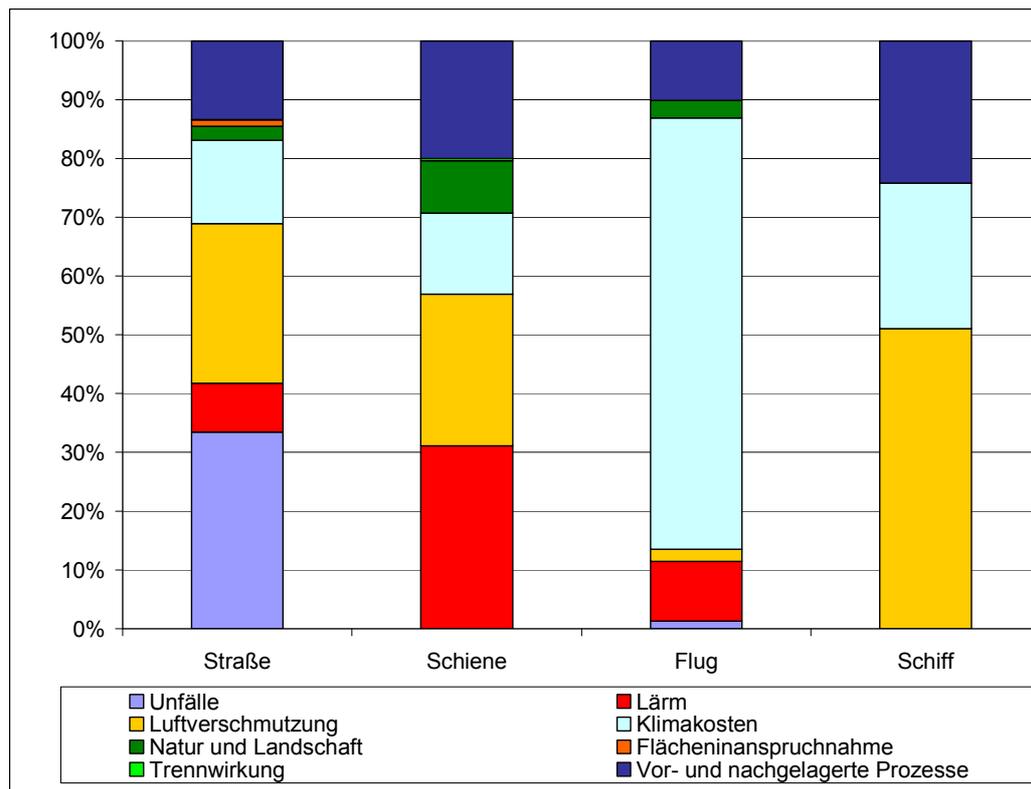


Abbildung 19: Anteile der Kostenkomponenten an den externen Kosten der Verkehrsträger, eigene Berechnung nach Inländerprinzip für Sachsen 1999

(6) Der Anteil des Flugverkehrs erhöht sich durch die Inländerbetrachtung auf 6% der gesamten Kosten, die externen Kosten der Binnenschifffahrt sind vernachlässigbar. In Abbildung 19 sind die Anteile der verschiedenen Kostenkomponenten an den gesamten externen Kosten dargestellt. Deutlich wird der große Anteil der Klimakosten im Flugverkehr. Die externen Kosten der Binnenschifffahrt sind komplett auf Luftschadstoffemissionen zurückzuführen.

### 3.5 Visualisierung

#### 3.5.1 Allgemeine Beschreibung der Visualisierung

(1) Die Visualisierung der Ausgangsdaten und Ergebnisse erfolgt im Programm **ARC GIS / ARC VIEW** der Firma Esri. Das Programm liegt in der aktuellen Version beim Auftraggeber vor. Ein Großteil der Daten wird in einer sogenannten **GEODATABASE** verwaltet. Dabei handelt es sich um ein neues Datenformat für raumbezogene Daten im Programmsystem ARC GIS<sup>166</sup>.

<sup>166</sup> Bisher kamen im wesentlichen die Datenformate coverage oder shape-file, welche auch weiterhin in ARC GIS verwendet werden können, zum Einsatz.



(2) Bei den Ausgangsdaten wird in einigen Fällen auf shape-files zurückgegriffen. Wo und in welcher Form die Daten abgelegt sind, wird in den folgenden Kapiteln genau beschrieben. Die GEODATABASE ist eine MS-ACCESS-Datenbank<sup>167</sup>. Die raumbezogenen Daten werden von ARC GIS in Form von Tabellen in dieser Datenbank abgelegt. Gleichzeitig ist es möglich, alle weiteren Funktionalitäten von MS-ACCESS zu nutzen<sup>168</sup>. Damit können Ausgangsdaten und Ergebnisse aus dem Projekt aufbereitet aber ggf. auch aktualisiert bzw. ergänzt werden.

(3) Der Lehrstuhl für Verkehrsökologie übergibt dem Auftraggeber eine Datenbank mit dem Namen *extEffekteVSA\_ERG.mdb*. Darin sind alle Ergebnisse und ein Großteil der Ausgangsdaten enthalten.

(4) Die raumbezogenen Daten, und damit der Bezug zum GIS, werden in Tabellen abgelegt. Alle Tabellennamen, die mit „GDB“ beginnen sowie die nachfolgend aufgelisteten Tabellen enthalten raumbezogenen Informationen. An diesen Tabellen sollten **keine Veränderungen**, insbesondere keine Datensatzänderungen (z.B. Datensatz anfügen, Datensatz löschen) durchgeführt werden! Dies kann zu **Fehlern bei der Darstellung**, evtl. sogar zu einer **Zerstörung des Raumbezugs** führen!

Tabellenname
AD_gde2001_Bev
AD_gde2001_Bev_Shape_Index
AD_gde2001_Emi
AD_gde2001_Emi_Shape_Index
AD_gde2001_Unfälle
AD_gde2001_Unfälle_Shape_Index
AD_Kreisegde2001_Lärm
AD_Kreisegde2001_Lärm_Ant
AD_Kreisegde2001_Lärm_Ant_Shape_Index
AD_Kreisegde2001_Lärm_Shape_Index
gde2001
gde2001_Shape_Index

Tabelle 59: Tabellen mit geographischem Bezug in der Geodatabase. Bitte nicht ändern!

(5) Die Datenbank enthält **zusätzlich** verschiedene Abfragen, Makros und ein Formular, mit denen die Aufbereitung der Daten für die Darstellung im GIS erfolgt. Eine Verwendung dieser Module durch den Auftraggeber ist nicht vorgesehen. Sie werden trotzdem mitgeliefert, um evtl. nachfolgende Aktualisierungen zu vereinfachen. Des Weiteren sind noch Originaltabellen mit den Ausgangsdaten und Ergebnissen enthalten, aus denen dann mittels

<sup>167</sup> mdb-Datei ab Version 2000

<sup>168</sup> weitere Tabellen anlegen, importieren, einbinden; Abfragen benutzen, mit Formularen und Makros arbeiten, usw.



geeigneter Abfragen eine Verbindung mit den unterschiedlichen Raumdaten (Gemeinden, Kreise) als Grundlage für die Darstellung durchgeführt wird.

(6) Die **Visualisierung** selbst erfolgt im Programmbaustein ARC MAP des Programmsystems ARC GIS. Dazu übergibt der Lehrstuhl für Verkehrsökologie dem Auftraggeber zwei mxd-Dateien, in denen alle relevanten Informationen für die Darstellung der Daten in ARC MAP enthalten sind<sup>169</sup>.

(7) Bei beiden mxd-Dateien handelt es sich jeweils ein vollständiges Projekt zur Darstellung der Ausgangsdaten und Ergebnisse des Forschungsprojektes. Die beiden Projekte heißen:

- EKV\_SA\_V1 (**E**xterne **K**osten **V**erkehr, **S**achsen, **V**ariante **1**)
- EKV\_SA\_V2 (**E**xterne **K**osten **V**erkehr, **S**achsen, **V**ariante **2**)

(8) **Variante 1** enthält eine angepaßte Oberfläche, mit der die Auswahl der einzelnen Layer übersichtlicher erfolgen kann. Dazu werden beim Öffnen der Datei EKV\_SA\_V1.mxd in ARC MAP neben der Standard-Oberfläche zusätzlich zwei Schaltflächen *Auswerteoberfläche laden* und *Auswerteoberfläche deaktivieren* geladen.

(9) Dem Anwender bleiben somit alle Möglichkeiten von ARC MAP zur eigenen Darstellung und Auswertung der Daten erhalten. Durch Betätigen der Schaltfläche *Auswerteoberfläche laden* werden zwei zusätzliche Menüs (Ausgangsdaten, Ergebnisse) zur Auswahl der definierten Layer angeboten. Diese Menüs sind selbsterklärend und dienen dem Aufruf sämtlicher in der Datenbank verfügbaren Ausgangsdaten sowie Ergebnisse. Mit Betätigen der Schaltfläche *Auswerteoberfläche deaktivieren* werden diese Schaltflächen entfernt. Die zusätzlichen Menüs zeigt Abbildung 20. Diese Variante der Darstellung ist bzgl. der Layerauswahl komfortabler, der Layerwechsel dauert aber länger. Außerdem wird jeweils nur ein Layer dargestellt.

---

<sup>169</sup> Eine mxd-Datei ist in etwa vergleichbar mit einem ARC VIEW – Projekt.

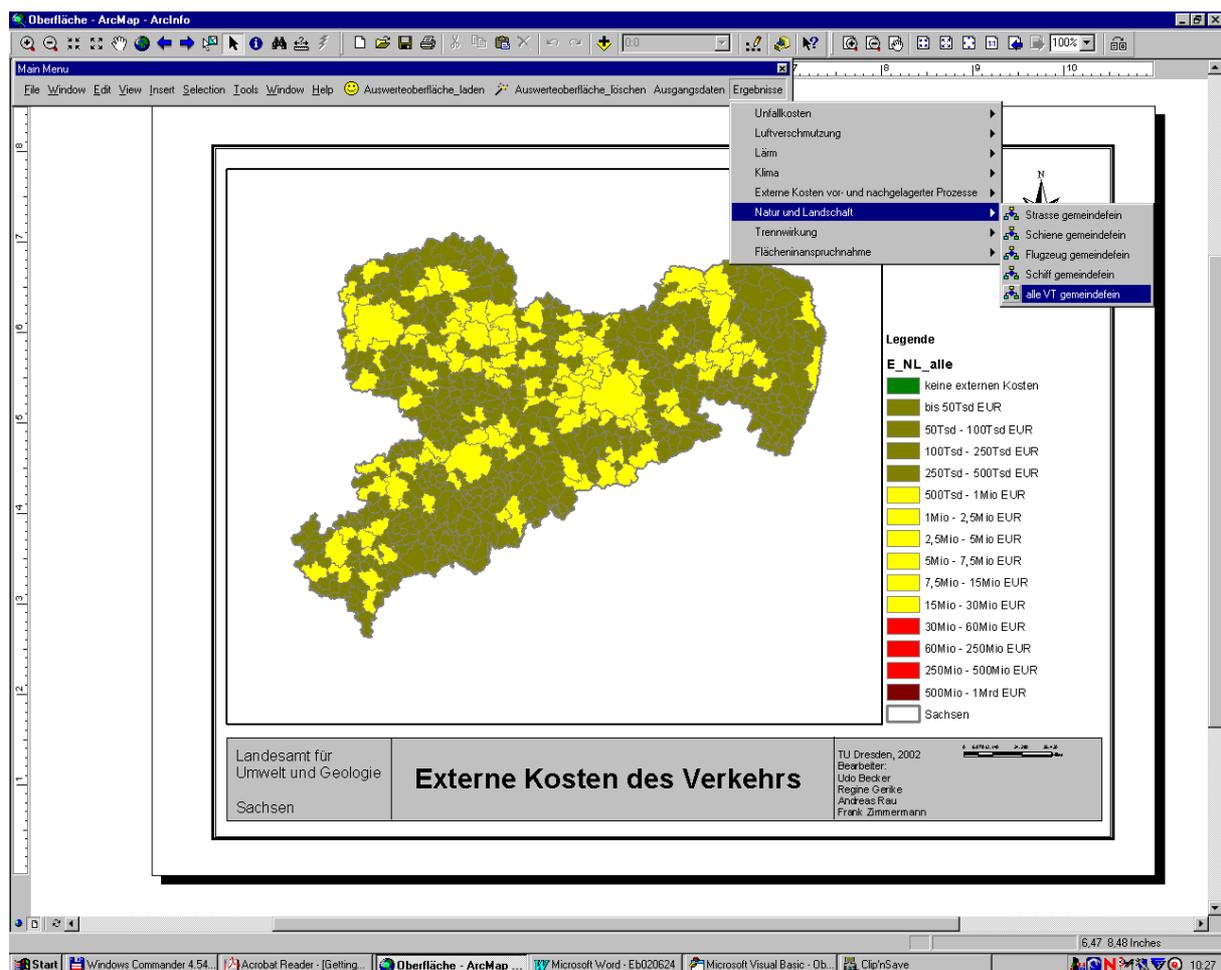


Abbildung 20: Beispiel für die Visualisierung

(10) Für den geübten Nutzer, der sich auch in die Bezeichnung der Layer eingearbeitet hat, wird **Variante 2** angeboten. Hier erfolgt die Layerauswahl manuell über die **Table of Contents**. Diese Form der Darstellung eignet sich besser für Bearbeitung der Layer.

### 3.5.2 Wichtiger Hinweis

- (1) Für sechs sächsische Gemeinden ist die Fläche im GIS auf **zwei Polygone** aufgeteilt. Bei den Berechnungstabellen ergibt jeweils die Summe aus beiden das Gesamtergebnis der Gemeinde. Für die Darstellung ist es in verschiedenen Bereichen günstig, wenn für eine Gemeinde eine einheitliche Anzeige verwendet wird.
- (2) Aus programmtechnischen Gründen ist es dabei erforderlich, für beide Polygone jeweils die gesamten Gemeindedaten zu hinterlegen.
- (3) Diese Tabellen sind daher nur für die Darstellung zu verwenden. Die Ergebnisse dürfen auf **keinen Fall zur quantitativen Auswertung** verwendet werden, da sonst ein Teil der Werte doppelt gezählt wird.



(4) Es handelt sich dabei um die oben genannten Tabellen der ACCESS-Datenbank, die für die Darstellung im GIS verwendet werden (In ARC MAP erscheinen diese als Attributtabelle der Layer!).

(5) Für evtl. Berechnungen oder Auswertungen sind die Originaltabellen (teilweise ebenfalls in der ACCESS-Datenbank enthalten, dort alle nicht in Tabelle 59 genannten Tabellen, für die Kosten insbesondere T\_ERG\_org) bzw. die dbf-Dateien der shape-files zu verwenden.

### 3.5.3 Ausgangsdaten

(1) Die Darstellung der Ausgangsdaten basiert auf verschiedenen shape-files und geodatabase-Objekten. In der folgenden Tabelle werden zunächst die auf shape-files beruhenden Daten näher erläutert.

Ausgangsdatengruppe	Untergruppe Beschreibung	Layer – Name	Herkunftsdatei
Gebäudedaten	Dresden	AD_Geb_DD1	TUsüdli_gk4.*
		AD_Geb_DD2	TUnord2li_gk4.*
		AD_Geb_DD3	TUnord1li_gk4.*
		AD_Geb_DD4	TUmitte3li_gk4.*
		AD_Geb_DD5	TUmitte2li_gk4.*
		AD_Geb_DD6	TUmitte1li_gk4.*
	Chemnitz	AD_Geb_C	GEBAEUDE.*
		AD_Geb_C_Block	Block_EWO.*
Lärmdaten	Fluglärmteppiche FH Dresden	AD_Lärm_Flug_DD60	Flug60_DD_G4.*
		AD_Lärm_Flug_DD65	Flug65_DD_G4.*
	Lärmkataster Sachsen	AD_Lärm_K	Laerm.*
	Schienenlärm Dresden, t - Tag, n - Nacht	AD_Lärm_Sch_DD_t	bahn_t_g4
		AD_Lärm_Sch_DD_n	bahn_n_g4
Immissionsdaten	Immissioskataster Sachsen	AD_Immi_PM10	Raster_n.*
		AD_Immi_NO2	Raster_n.*
Zusätzliche Layer ohne weiterverwendbare Attribute			
		Straßennetz	Dds_us.*
		Bahnstrecken	261198.*
		Waldfläche	Wald.*

Tabelle 60: Ausgangsdaten – shape files

(2) \* - shape-files bestehen mindestens aus drei Dateien mit jeweils gleichem Namen aber unterschiedlichem Anhang (.shp, .shx, .dbf). Alle drei Dateien sind zur Anzeige im GIS erforderlich!



(3) Es folgt die Beschreibung der Ausgangsdaten, die als Geodatabase–Objekte abgelegt sind. Dabei kann eine Datenbank durchaus mehrere Objekte enthalten. Für die Darstellung der Ausgangsdaten und Ergebnisse wird lediglich mit einer ACCESS–Datenbank gearbeitet: *extEffekteVSA\_ERG.mdb*.

(4) Bei allen Objekten ist die feature class: *poly*.

Datengruppe	Layer – Name	Beschreibung	Feature class (in der mdb)
Unfälle	AD_Unfälle_Alk/EW99 AD_Unfälle_ABS99 AD_Unfälle_ABS00 AD_Unfälle_AbsHG99 AD_Unfälle_AbsHG00 AD_Unfälle_PSSS... AD_Unfälle_*	Alk/EW - Alkoholunfälle pro EW ABS – absolute Zahlen Abs – absolute Zahlen, Verwendung als Hintergrund Aufteilung in Personenschaden und Sachschaden, plus Jahresangabe *: T – Getötete Personen SV – Schwerverletzte LV – Leichtverletzte P – Personen insgesamt plus Jahresangabe	AD_gde2001_Unfälle
Lärmdaten	AD_Lärm_Tag AD_Lärm_Nacht AD_LärmAnteil_Tag AD_LärmAnteil_Tag	Bezogen auf Kreise	AD_Kreisegde2001_Lärm
Emissionen	AD_Emi_*_** * - Schadstoff ** - Verkehrsart	Emissionen aus dem Dynamisierten Emissionskataster für 1999 jeweils für verschiedene Schadstoffe und verschiedene Verkehrsarten bezogen auf Gemeinden	AD_gde2001_Emi
Bevölkerung	AD_Bev* * - Bezugsjahr	Bevölkerung pro Gemeinde, * - Bezugsjahr	AD_gde2001_Bev

Tabelle 61: Ausgangsdaten - Geodatabase

(5) Zu allen Ausgangsdaten wurden Layer erstellt, die diese Daten in möglichst anschaulicher und aussagekräftiger Art und Weise darstellen. Diese Formen der Darstellung sind ein Angebot an den Auftraggeber und können von diesem frei verändert bzw. erweitert werden. Die Auswahl der verschiedenen Ausgangsdaten zur Darstellung kann wieder in beiden Projekten mit den in Kapitel 3.5.1 erläuterten Mechanismen erfolgen.



### 3.5.4 Ergebnisse

- (1) Alle Ergebnisse des Projektes werden gemeindefein<sup>170</sup> dargestellt. Bei den visualisierten Ergebnissen handelt es sich ausnahmslos um **Kosten in EURO pro Jahr**.
- (2) Für die Darstellung der Kosten wurde eine **Farbskala** gewählt, deren Skalierung und Grenzen für alle Kostenträger **identisch** ist. Damit wird bereits anhand der farblichen Abstufung ein Vergleich der Kosten nicht nur zwischen den einzelnen Gemeinden sondern auch zwischen verschiedenen Kostenträgern möglich.
- (3) Für folgende Layer mit den in der sich anschließenden Tabelle beschriebenen Kostenarten wurde die Visualisierung durchgeführt.

Layer <sup>171</sup>	Beschreibung
Luft_*	Kosten durch Luftverschmutzung
Lärm_*	Lärmkosten
Klima_*	Klima – Vermeidungskosten
VN_*	Kosten für vor- und nachgelagerte Prozesse
NL_*	Kosten für Natur und Landschaft
TW_*	Kosten für Trennwirkung
FL_*	Kosten für Flächenverbrauch
Unfälle_Str_**_***	Unfallkosten
GK_*	Gesamtkosten, Summe über alle Kostenarten

Tabelle 62: Ergebnisse - Geodatabase

- (4) Für die **Erweiterung** und Veränderung der Darstellung gilt Selbiges wie für die Ausgangsdaten.

<sup>170</sup> Gebietsstand 2001

<sup>171</sup> \* - beschreibt jeweils die Verkehrsart (Str – Straßenverkehr, Sch – Schienenverkehr, Flug – Luftverkehr, Schiff – Binnenschifffahrt); \*\* - mot – motorisierter Straßenverkehr, alle – gesamter Straßenverkehr einschl. Unfälle mit nichtmotorisierten Verkehrsteilnehmern; \*\*\* - Bezugsjahr



## 4 Maßnahmenempfehlungen zur Verringerung externer Kosten

### 4.1 Allgemeines

#### 4.1.1 Aufbau des Kapitels

(1) Das folgende Kapitel hat zum Ziel, **Internalisierungsstrategien** für die externen Verkehrskosten in Sachsen aufzuzeigen und Maßnahmenbündel zu entwickeln, mit deren Hilfe die Internalisierung effizient umgesetzt werden kann. Der Bericht ist folgendermaßen aufgebaut: In Kapitel 4.1 wird die Vorgehensweise bei der Entwicklung der einzelnen Internalisierungselemente erläutert. Es wird beschrieben, mit welchen Bewertungskriterien bzw. mit welchen Maßstäben diese beurteilt werden.

(2) Ab Kapitel 4.2 werden für die einzelnen Kostenarten Internalisierungsstrategien entwickelt. Dies geschieht in folgenden **Arbeitsschritten**:

- In Frage kommende Internalisierungsmaßnahmen werden vorgestellt und auf ihre Eignung hin bewertet.
- Anschließend erfolgt eine zusammenfassende Darstellung der vorgestellten Maßnahmen. In diesen Abschnitten werden bereits Handlungsempfehlungen für unserer Ansicht nach besonders geeignete Internalisierungsstrategien gegeben.

(3) Dieses Vorgehen wird für die Kostenarten Unfälle, Lärm, Schadstoffe, Klima sowie für Stau- und Wegekosten durchgeführt. Die beiden letztgenannten werden im Unterschied zur Berechnung der externen Kosten in einem gemeinsamen Kapitel behandelt, da für beide ähnliche Internalisierungsstrategien angewendet werden können.

(4) Im Kapitel 4.7 werden die restlichen untersuchten Kostenarten (Auswirkungen des Verkehrs auf Natur und Landschaft, urbane Effekte und externe Kosten von vor- und nachgelagerten Prozessen) zusammenfassend auf mögliche Internalisierungsstrategien untersucht.

(5) Ab Kapitel 4.8 werden Maßnahmenpakete zur Internalisierung der externen Effekte des Verkehrs entwickelt. Hierfür werden alle beschriebenen Maßnahmen getrennt nach Verkehrsträgern, zuständiger Verwaltungsebene sowie differenziert zwischen kurz- und längerfristig umsetzbaren Elementen in Tabellenform aufgelistet.

(6) Kapitel 4.9 enthält zusammenfassende Empfehlungen mit den unserer Ansicht nach wichtigsten Maßnahmen für die Senkung und Internalisierung der einzelnen Kostenarten.



#### 4.1.2 Unterteilung der Maßnahmen

(1) In der Vorstudie "Ermittlung der Kosten und Nutzen von Verkehr in Sachsen" [TUD 2000] erfolgte bereits eine Einführung in das Thema der Internalisierungsstrategien. Deshalb soll dieses an dieser Stelle nur zusammengefasst wiedergegeben werden. Für weitergehende Informationen wird auf die Vorstudie verwiesen.

(2) Bei der Entwicklung der Internalisierungsstrategien soll zwischen

- Maßnahmen zur eigentlichen Internalisierung und
- Maßnahmen zur Senkung der externen Kosten

unterschieden werden.

(3) **Internalisierungsmaßnahmen** (preisliche Maßnahmen) stellen die Methoden zur Internalisierung externer Kosten aus rein ökonomischer Sicht dar: Jeder Verursacher soll alle Kosten, die er verursacht, tragen. Dieses Prinzip wird auch als Prinzip der Kostenwahrheit bezeichnet: Der Verkehrsteilnehmer soll mit den wahren Kosten konfrontiert werden. Ein Beispiel für solche Maßnahmen sind z. B. Zuschläge auf die Mineralölsteuer in Abhängigkeit von den externen Kosten.

(4) Zur Internalisierung der externen Effekte existieren generell **zwei Wege**. Zum einen kann der Preis ("Kosten des Schadens") festgelegt und damit internalisiert werden. Der Markt legt dann die „optimale“ Menge fest. Zum anderen kann die Menge mittels Zertifikaten festgelegt werden (z.B. CO<sub>2</sub>-Reduktionsziel, Lärmpegel, usw.). Der Markt legt dann den Gleichgewichtspreis für dieses Gut fest. Aus ökonomischer Sicht werden Zertifikatslösungen oft als effizienter betrachtet: Sie vermeiden Preis- und Maßnahmenfestlegung durch Experten, beides wird durch den Markt geregelt.

(5) Beide Ansätze kommen c.p. zum gleichen Ergebnis. Deshalb erwähnen wir im folgenden Zertifikatslösungen nicht mehr getrennt. Sie sind ein gut geeigneter Ansatz zur Internalisierung und als solcher Teil der im Folgenden zu beschreibenden Internalisierungsmaßnahmen.

(6) Maßnahmen zur **Senkung der externen Kosten** sind darüber hinausgehende Strategien zur Verringerung der Umweltwirkungen des Verkehrs. So kann z. B. mittels einer Geschwindigkeitsbeschränkung die Lärmemission einer Straße reduziert werden. Streng wissenschaftlich betrachtet sind diese Maßnahmen eigentlich keine Internalisierungsstrategien<sup>172</sup>. Da es aber u.a. das Ziel dieses Forschungsvorhabens ist, Wege aufzuzeigen, wie die Umweltwirkungen des Verkehrs vermindert werden können und dafür alle Maßnahmen wichtig sind, weichen wir den Begriff der Internalisierung in seiner reinen ökonomischen Definition an dieser Stelle etwas auf.

---

<sup>172</sup> Der Begriff der Internalisierung bedeutet, sich Werte, Namen, Auffassungen zu Eigen zu machen (dem Begriff nach), also bei uns: sich die externen Kosten "zu Eigen" zu machen.



### 4.1.3 Tinbergen - Regel

(1) Die Aufstellung geeigneter Internalisierungsstrategien erfolgt unter Beachtung der Tinbergen - Regel<sup>173</sup>. Diese besagt, dass für jedes Problem eine speziell dafür geeignete Lösung gefunden werden muss, wenn das Problem effektiv gelöst soll. Ein Lösungsansatz wird desto uneffektiver, je mehr Probleme mit diesem gleichzeitig gelöst werden sollen.

(7) So ist z. B. eine allgemeine Mineralölsteuererhöhung als universeller Lösungsansatz zur Internalisierung der externen Effekte im Verkehr nicht zielführend, da u.a. das Ausmaß der Lärmemissionen nur sehr indirekt mit der Menge des verbrauchten Kraftstoffes zusammenhängt. Deshalb werden in den nachfolgenden Kapiteln die einzelnen Kostenarten separat betrachtet und für jede Kostenart eigene Instrumente entwickelt.

### 4.1.4 Auswahlkriterien für die Instrumente

(1) Neben der Entwicklung der Internalisierungsinstrumente sind geeignete **Auswahlkriterien** zu formulieren, mit denen diese auf ihre Praxistauglichkeit überprüft werden können. Hierfür wurden im Rahmen von anderen Forschungsarbeiten bereits eine Reihe von Ansätzen entwickelt. Wir haben in dieser Studie vor allem auf

- European Conference of Ministers of Transport; Efficient Transport for Europe; Policies for Internalisation of External Costs; Paris, 1998 und
- IWW Karlsruhe, INFRAS AG; Externe Kosten des Verkehrs; Studie im Auftrag des Internationalen Eisenbahnverbandes; Paris, 1995

zurückgegriffen.

(2) Eine **Beurteilung** der Internalisierungselemente gestaltet sich schwierig, da viele Maßnahmen komplexe Wirkungen im Verkehrssystem hervorrufen und die Beurteilungskriterien zudem nie voneinander unabhängig sind. Deshalb ist es hier nicht möglich, alle Wirkungen der vorgeschlagenen Internalisierungsinstrumente quantitativ zu bewerten. Dennoch wird eine Beurteilung der Internalisierungselemente als unabdingbar angesehen. Aus diesem Grund werden die Instrumente verbal beurteilt. Nachfolgend werden die verwendeten Auswahlkriterien kurz vorgestellt:

#### Effektivität

Das ausgewählte Instrument muss in der Lage sein, die Ziele der Internalisierung wirkungsvoll umzusetzen. Dies gelingt nur, wenn zwischen dem Internalisierungsinstrument und dem gewünschten Effekt ein direkter Zusammenhang besteht. Die Beurteilung erfolgt mittels der nachfolgenden drei Kriterien:

<sup>173</sup> Tinbergen, J.; Wirtschaftspolitik, Verlag Rombach & Co; Freiburg, 1968 S. 98 ff.



Kriterium	Beschreibung
+	Effektivität ist sehr gut: Zwischen dem Element und dem Internalisierungsziel bestehen direkte Abhängigkeiten.
o	Effektivität ist gut: Zwischen dem Element und dem Internalisierungsziel bestehen direkte Abhängigkeiten, jedoch besitzen andere Einflussgrößen einen wesentlich stärkeren Einfluss auf die Höhe der externen Kosten.
-	Effektivität ist ungenügend: Zwischen dem Element und dem Internalisierungsziel bestehen nur indirekte und verschwommene Abhängigkeiten.

### Kosten der Maßnahme

Die Kosten einer Internalisierungsmaßnahme lassen sich grob in Kosten für Einführung, Überwachung und Vollstreckung unterteilen. Wie bereits erwähnt, ist es nicht möglich, eine monetäre Bewertung der Internalisierungsmaßnahmen vorzunehmen. Deshalb möchten wir an dieser Stelle nur Tendenzen aufzeigen:

Kriterium	Beschreibung
+	Die Maßnahme verursacht geringe Kosten.
o	Die Maßnahme verursacht moderate Kosten.
-	Die Maßnahme verursacht hohe Kosten.

### Gerechtigkeit

Viele Internalisierungsmaßnahmen können nur eingeführt werden, wenn die Menschen diese als gerecht empfinden. Das bedeutet, dass insbesondere die Verursachergerechtigkeit gewährleistet sein muss: Die Wirkung der Maßnahme soll nur die Verkehrsteilnehmer treffen, die die externen Kosten verursachen. Die Verursachergerechtigkeit soll an dieser Stelle folgendermaßen abgeschätzt werden:

Kriterium	Beschreibung
+	Verursachergerechtigkeit ist gewährleistet.
o	Verursachergerechtigkeit ist in den meisten Fällen gewährleistet.
-	Verursachergerechtigkeit ist oft nicht gewährleistet.



### Transparenz der Maßnahme

Zudem müssen die Menschen in der Lage sein, die Sinnhaftigkeit der Internalisierungsinstrumente zu verstehen. Nur dann werden diese als gerecht und notwendig angesehen. Deshalb sollten die Maßnahmen in ihrer Wirkungsweise überschaubar und transparent angelegt sein:

Kriterium	Beschreibung
+	Wirkungsweise der Maßnahme ist sofort nachvollziehbar.
o	Wirkungsweise der Maßnahme ist nicht sofort nachvollziehbar.
-	Wirkungsweise der Maßnahme wird erst bei Beschäftigung mit der Materie verständlich.

### Durchsetzbarkeit / Überwachungsaufwand der Maßnahme

Die Internalisierungsinstrumente können ihre gewünschte Wirkung nur entfalten, wenn sie von den Verkehrsteilnehmern nicht umgangen werden können, d. h., wenn die Einhaltung der Regeln gegenüber den Verkehrsteilnehmern durchgesetzt werden kann. Bei einem entsprechend aufwendigen Kontrollprogramm ist theoretisch jede Maßnahme durchsetzbar. Die gewünschte Wirkung der Maßnahme und der dafür eingesetzte Überwachungsaufwand sollten sich aber aus Gründen der Effizienz in einem angemessenen Verhältnis zueinander befinden.

Kriterium	Beschreibung
+	Durchsetzbarkeit ist gegeben, es ist kein zusätzlicher Aufwand notwendig.
o	Durchsetzbarkeit ist mit geringem zusätzlichem Aufwand möglich.
-	Durchsetzbarkeit ist nur mit erhöhtem Aufwand möglich.

### Nebeneffekte

Jede Maßnahme kann neben dem gewünschten Effekt ebenso unbeabsichtigte Effekte entwickeln. Diese können in positiver als auch in negativer Richtung wirken. Da sie nicht bei allen Internalisierungselementen auftreten und verschiedenster Art sein können, werden sie bei der Vorstellung des Elements im Text zwar erwähnt, auf die Beurteilung mittels eines allgemeinen Bewertungsmaßstabes wird aber verzichtet.

### Einführungszeitraum / Dauer bis zur Wirkungsanwendung

Jede neu einzuführende Maßnahme benötigt einen Zeitraum, in dem sie in das bestehende Verkehrssystem eingeführt wird. Nach der Einführung vergeht zudem bei einzelnen Maßnahmen noch eine Zeitspanne, bis das gewünschte Ergebnis der Maßnahme erkennbar wird. Zum Beispiel kann ein Programm zur Umrüstung von Fahrzeugen relativ schnell



beschlossen werden, es dauert aber einige Zeit, bis so viele Fahrzeuge umgerüstet worden sind, dass eine Veränderung in der Fahrzeugflotte bemerkbar wird. In diesen Bericht werden die beiden Zeiträume zusammen betrachtet.

Bei vielen Internalisierungsmaßnahmen müssen vor deren Einführung rechtliche Grundlagen oder technische Voraussetzungen geschaffen werden. Es ist an dieser Stelle nicht möglich vorauszusagen, wieviel Zeit für diesen Gesetzgebungs- oder Entwicklungsprozess benötigt wird; insbesondere ist die Dauer politischer Entscheidungsfindungen, die die Grundlage dafür bilden, schlecht kalkulierbar. Deshalb soll in diesem Bericht lediglich nach kurzfristigen und längerfristigen Maßnahmen unterschieden werden. Alle genaueren Abschätzungen würden eine Genauigkeit vortäuschen, die in der Realität nicht gegeben ist.

Kriterium	Beschreibung
kurzfristig	Die Maßnahme kann sofort eingesetzt werden und sofort nach der Einführung ist die Wirkung erkennbar.
längerfristig	Für die Einführung der Maßnahme sind zunächst rechtliche oder technische Voraussetzungen zu schaffen oder / und die Maßnahme zeigt nur langfristig Wirkung.

### Verantwortliche Planungsebene

Jede Maßnahme sollte aus Effizienzgründen von der speziell dafür geeigneten Planungsebene eingeführt und verwaltet werden. So z. B. kann eine Mineralölsteuererhöhung niemals auf kommunaler Ebene eingeführt werden. Eine Parkraumbewirtschaftung dagegen ist als Internalisierungselement vorwiegend für die kommunale Ebene geeignet. In diesem Bericht wird in drei Planungsebenen unterteilt:

Kriterium	Beschreibung
Bund, EU	Planungsebene der Bundesrepublik Deutschland und der Europäischen Union
Land	Planungsebene der Bundesländer
Kommune	Planungsebene der Kommunen und Landkreise

(3) Alle vorgestellten Internalisierungsinstrumente werden mit Hilfe der dargestellten Kriterien beurteilt. Zusammenfassend wird zusätzlich eine **Empfehlung** zur Anwendung gegeben, die folgendermaßen gestaffelt ist:

Kriterium	Beschreibung
+	Die Maßnahme ist zur Internalisierung der jeweiligen Kostenkomponente sehr gut geeignet.
o	Die Maßnahme ist zur Internalisierung der jeweiligen Kostenkomponente gut geeignet.
-	Die Maßnahme ist zur Internalisierung der jeweiligen Kostenkomponente bedingt geeignet.



(4) Für die Bewertung wird nachfolgende **Mustertabelle** verwendet und jedem Internalisierungsinstrument zugeordnet.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	o	+	mittelfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: sehr gut geeignet Schiene: sehr gut geeignet Luft: sehr gut geeignet Wasser: sehr gut geeignet

(5) Werden einzelne Verkehrsträger in der Tabelle nicht erwähnt, wird das entsprechende Internalisierungselement als nicht zweckmäßig dafür angesehen. Bei verschiedenen Internalisierungselementen sind ebenso einzelne Bewertungskriterien mit dem Hinweis "keine Aussage" versehen und zwar immer dann, wenn das entsprechende Bewertungskriterium in diesem speziellen Fall als nicht absehbar angesehen wird.

(6) Bei vielen Maßnahmen zur Senkung der externen Kosten wird die **Lenkungswirkung** über finanzielle Anreize erreicht. Diese Anreize können alle als Bonus / Malus System gestaltet werden, d. h., zum einen können Kraftfahrer, die sich in der gewünschten Weise verhalten, belohnt werden, indem diese im Vergleich zu den restlichen Kraftfahrern weniger bezahlen müssen (z. B. durch eine Reduktion der Kraftfahrzeugsteuer). Für alle anderen Kraftfahrer ändert sich nichts. Als zweite Möglichkeit dagegen können Kraftfahrer, die nicht auf die gewünschte Art reagieren mit höheren Zahlungen belastet werden und für alle anderen Nutzer, die auf die Maßnahme in der gewollten Art reagieren, ändert sich nichts. In den nachfolgenden Erläuterungen wird nicht noch einmal extra auf diese verschiedenen Ausgestaltungsmöglichkeiten verwiesen. Bei konkreten Planungen sollten diese Optionen jedoch immer Berücksichtigung finden.

#### 4.1.5 Verwendung der eingenommenen Mittel

(1) Die **Verwendung** der aus den Internalisierungsmaßnahmen eingenommenen Gelder muss im Wesentlichen folgende Zielstellungen erfüllen:

- Die Art der Verwendung muss die Akzeptanz der Internalisierungsmaßnahme in der Bevölkerung stärken.
- Die Gelder sollen zu einer Minimierung der schädlichen Umweltwirkungen beitragen.
- Die Art der Verwendung muss die gesellschaftliche Wohlfahrt fördern.
- Die Verwaltungskosten der Internalisierungsmaßnahme sollten gedeckt werden.

(2) Es ist an dieser Stelle nicht möglich, konkrete Empfehlungen für die Verwendung der eingenommenen Mittel zu geben. Dies kann nur dann geschehen, wenn die Mittel in einem Simulationsmodell auf ihre volkswirtschaftlichen Wirkungen hin untersucht worden sind. Es



existieren eine Reihe von Forschungsarbeiten,<sup>174</sup> die belegen, dass je nach Verwendungszweck und Schärfe der Anwendung sowohl positive als auch negative Wirkungen auf die gesamtgesellschaftliche Wohlfahrt hervorgerufen werden können. Für solche Untersuchungen wurden in der Vergangenheit bereits eine Reihe von Modellen<sup>175</sup> entwickelt, die für eine Analyse der Wirkungen der Internalisierungsmaßnahmen bei verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten der eingenommenen Gelder herangezogen werden könnten. Trotz der beschriebenen Schwierigkeiten lassen sich für die einzelnen Kostenkomponenten dennoch einige allgemeine grundsätzliche Empfehlungen<sup>176</sup> formulieren:

- Die Gelder zur Internalisierung der ungedeckten Unfallkosten sollten zur Abdeckung von diesen und / oder für Verkehrssicherheitsmaßnahmen verwendet werden.
- Gelder aus der Internalisierung von Schadstoff- und Lärmbelastungen könnten für Maßnahmen zur Verringerung derselben eingesetzt werden, z. B. für Forschungs- oder Lärmschutzprogramme.
- Gelder aus dem Bereich Klima könnten für Programme zur Reduzierung der Treibhausgase eingesetzt werden und - analog dem Ökosteuergedanken - zur Reduzierung der Lohnnebenkosten.
- Einnahmen aus der Bewirtschaftung der Infrastruktur sollten zur Instandhaltung der vorhandenen Infrastruktur eingesetzt werden.
- Gelder aus der Internalisierung der Staukosten sollten zum Abbau der Staus eingesetzt werden, z. B. für begleitende Maßnahmen zur Erhöhung des Modal-Split-Anteils der umweltverträglicheren Verkehrsmittel.

(3) **Zusammenfassend** lässt sich feststellen, dass die richtige Verwendung der eingenommenen Gelder entscheidend für den Erfolg der Internalisierungsmaßnahmen ist. Es können verschiedene Wirkungen auftreten, die sowohl positiv als auch negativ sein können.

---

<sup>174</sup> Siehe z. B.: Meyer, B.; et. al.: Marktkonforme Umweltpolitik; Wirkungen auf Luftschadstoffemissionen. Wachstum und Struktur der Wirtschaft; Umwelt und Ökonomie Nr. 28; Physica-Verlag, 1999.

<sup>175</sup> So wird z. B. mit dem Modell PANTA RHEI, das von der Universität Osnabrück entwickelt wurde, momentan im Auftrag des Umweltbundesamtes das Forschungsprojekt "Ökonometrische Modellierung der Wirkungen umweltpolitischer Instrumente" durchgeführt. Analog könnten damit ebenso alle Internalisierungsmaßnahmen auf ihre Wirkung bei unterschiedlicher Verwendung der eingenommenen Mittel untersucht werden.

<sup>176</sup> Hierbei handelt es sich um eine Liste, die noch erweiterbar ist.



## 4.2 Unfallkosten

### 4.2.1 Vorgehensweise

(1) Die einzelnen **Komponenten** der Unfallkosten werden in Kapitel 2.2 beschrieben. Die Schwere der Unfälle und die damit verbundenen Kosten hängen hauptsächlich von folgenden Größen ab:

- Fahrverhalten,
- Geschwindigkeit,
- Fahrzeugkategorie und
- Infrastrukturqualität.

(2) Die mit Abstand höchsten Kosten werden durch den **Straßenverkehr** verursacht. Im Schienenverkehr gab es 1999 vergleichsweise wenig Unfälle, die zudem in vielen Fällen auf nicht dem Schienenverkehr zuzurechnende Gründe zurückzuführen sind<sup>177</sup>.

(3) Aufgrund ihrer Geringfügigkeit können die Unfälle in der **Binnenschifffahrt** vernachlässigt werden. Wir führen aber trotzdem mögliche Internalisierungsstrategien an, da wir der Ansicht sind, dass auch wenige Unfälle zu viele sind und Maßnahmen zur weiteren **Senkung** der Unfallkosten und -schwere gerechtfertigt und wichtig sind.

(4) Im **Luftverkehr** ist die Unterscheidung zwischen Inlands- und Inländerprinzip wichtig. Bei einer Inlandsbetrachtung sind die Unfälle im Luftverkehr vernachlässigbar. Anders ist dies bei der Inländerbetrachtung, weswegen auch im Luftverkehr Maßnahmen zur Verringerung der Unfallkosten sehr wichtig sind<sup>178</sup>.

(5) Unfallkosten sollten mit Hilfe des **Versicherungsprinzips** internalisiert werden. Der Grund dafür ist, dass die Wahrscheinlichkeit besonders von schweren Unfällen zwar gering ist, die damit verbundenen Kosten aber so groß sind, dass die tatsächlichen Unfallverursacher diese in den meisten Fällen nicht begleichen können.

---

<sup>177</sup> Suizidfälle, Tiere, durch den Straßenverkehr verursachte Unfälle an Bahnübergängen etc. Quelle: Angaben der Bundesgrenzschutzinspektion Kriminalitätsbekämpfung Halle, Herr Schreiber und der Bundesgrenzschutzinspektion Koblenz, Herr Lebkücher

<sup>178</sup> Diese Überlegung ist im Luftverkehr analog auch auf alle anderen Kostenarten übertragbar.



## 4.2.2 Maßnahmen zur Senkung der externen Kosten

### Geschwindigkeitsbegrenzungen

Mit zunehmender Geschwindigkeit nehmen Häufigkeit und Schwere der Unfälle zu [Klebelsberg 1982, S 130]. Deshalb sind Geschwindigkeitsbegrenzungen ein geeignetes Mittel, Unfälle und deren Folgen zu verringern. Diese Maßnahme hat zudem noch die Vorteile, dass sie schnell wirksam, nicht kostenintensiv und auf andere externe Kostenarten ebenso reduzierend wirkt.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	-	kurzfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land	Straße: +

### Verkehrsüberwachung

Mittels Verkehrsüberwachung können potentiell gefährliche Situationen schnell erkannt und Maßnahmen zu deren Beseitigung ergriffen werden. Ein Beispiel ist hier die Überwachung des Sicherheitsabstandes auf Autobahnen.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	-	kurzfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Land	Straße: +

### Örtliche Fahrverbote / Trennung von Verkehrsmitteln

An besonders konfliktreichen oder unfallträchtigen Punkten oder Straßenabschnitten können Fahrverbote für bestimmte Verkehrs- oder einzelne Kraftfahrzeugarten eingeführt werden, um die Konfliktpunkte zu entschärfen. Als weniger strenge Reglementierung, aber dafür kostenintensivere Möglichkeit bietet sich die räumliche Trennung bestimmter Verkehrsarten an.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	o	+	o	kurzfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land	Straße: o



### Konstruktive Änderungen beim Bau von neuen Fahrzeugen / Flugzeugen / Schiffen

Durch die Verbesserung der Fahrzeugkonstruktion können Unfälle generell bzw. die Unfallschwere vermindert werden. Je nach gewollter Interventionsstärke reicht die Palette der Vorgehensweise von der freiwilligen Vereinbarung bis zur gesetzlichen Regelung.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	-	+	+	-	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: + Schiene: + Luft: + Wasser: +

### Umbau und Nachrüstung von Fahrzeugen, Flugzeugen und, Schiffen

Mit Hilfe von Nachrüstprogrammen können bereits im Einsatz befindliche Binnenschiffe, Fahr- und Flugzeuge konstruktive Änderungen erfahren, die eine Steigerung der Verkehrssicherheit ermöglichen. Aus Effizienzgründen (Lebensdauer der Fahrzeuge) sollten sich Nachrüstprogramme auf Binnenschiffe, Schienen-, Luftfahrzeuge beschränken.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: - Schiene: + Luft: + Wasser: +

### Verkehrssicherheitsvorschriften

Eine weitere Möglichkeit zur Verringerung von Unfällen oder Unfallfolgen besteht in der Verschärfung von Verkehrssicherheitsvorschriften z. B. generelles Fahren mit Licht, höhere Strafen bei Geschwindigkeitsüberschreitungen, generelles Verbot für Fahren unter Alkoholeinfluss usw.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: + Schiene: + Luft: + Wasser: +



### Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)

Eine Raumordnungspolitik mit dem Ziel der Reduzierung der Fahrleistungen ist eine langfristig zielorientierte Maßnahme. Zwischen Fahrleistung und Unfällen gibt es aber keine eindeutige Korrelation, so dass die Anzahl und Schwere der Unfälle nicht zwangsläufig bei einer Verringerung der Fahrleistungen zurückgehen muss<sup>179</sup>.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
-	keine Aussage	+	o	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: -

### Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)

Unfallgefahren lassen sich ebenso durch eine gezielte Bereitstellung der Verkehrsinfrastrukturen verringern. So können z. B. durch bauliche Maßnahmen unfallträchtige Konfliktpunkte entschärft werden. Die Reichweite der Maßnahmen kann von generellen Konstruktionsvorschriften für Verkehrswege bis hin zu lokalen Maßnahmen wie z. B. niveaufreie Übergänge über Schienenwege, Straßeneinengungen oder Aufpflasterungen zur Geschwindigkeitsreduktion gehen.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	-	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: +
	Schiene: +

### Förderung der Forschung zur Verbesserung der Verkehrssicherheit

Mit Förderprogrammen kann die Forschung nach Potentialen zur Reduzierung von Häufigkeit und Unfallschwere unterstützt werden. Die Reichweite der Forschung kann sich von der Verbesserung der Fahrzeugkonstruktion und Verkehrsinfrastruktur bis hin zu rechtlichen Vorschriften erstrecken.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	keine Aussage	keine Aussage	keine Aussage	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: +
	Schiene: +
	Luft: +
	Wasser: +

<sup>179</sup> Hinweis von Frau Dr. Verron vom Umweltbundesamt.



### Fahrzeug-Prüfaktionen / Lichttests

Durch regelmäßige Kontrollen der Fahrzeuge können Verkehrssicherheitsmängel erkannt und somit potentiell gefährliche Situationen im Vorfeld entschärft werden. Beispiele hierfür sind der "Safety-Check" für junge Fahrer in Sachsen (Autofahrern bis 25 Jahre wird die Möglichkeit gegeben, ihre oftmals älteren Fahrzeuge kostenlos technisch untersuchen zu lassen), der Lichttest für Kfz (Kraftfahrer können im Oktober die Lichtenanlage ihres Fahrzeuges überprüfen lassen) oder Sicherheitskontrollen von Zweirädern<sup>180</sup>.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
o	+	+	+	-	kurzfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Land, Bund	Straße: +

### Fahrer Ausbildungsprogramme

In Fahrer Ausbildungsprogrammen (z. B. als Teil der Fahrschul Ausbildung) können Fahrer gegenüber möglichen Gefahrenquellen sensibilisiert und im Umgang mit gefährlichen Situationen geschult werden. Ebenso könnte eine zweite Fahrer Ausbildung für Fahranfänger, z. B. nach Beendigung der Führerscheinprobezeit in Erwägung gezogen werden. Damit könnte auf gefährliches Fahrverhalten, das sich durch wachsende Fahrpraxis zu verfestigen droht, korrigierend eingewirkt werden<sup>181</sup>.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	o	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: + Schiene: + Luft: + Wasser: +

### Ausbildung / Schulung von gefährdeten Verkehrsteilnehmern

Ebenso sollten Risikogruppen (z. B. Kinder) intensiver über die Gefahren im Straßenverkehr aufgeklärt werden. Es müssen Verhaltensweisen trainiert werden, die gefährliche Situationen gar nicht erst entstehen lassen.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	-	+	o	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: +

<sup>180</sup> Weitere Programme und Aktionen sind z. B. im Internet unter: <http://www.sachsen.de/de/wu/smwa/verkehr/strassenverkehr/sicherheit/index.html> zu finden.

<sup>181</sup> Siehe dazu z. B. [Ellinghaus 1999]



### 4.2.3 Maßnahmen zur Internalisierung der externen Kosten

#### Erweiterter Umfang der Zwangsversicherung

Mit einer Versicherung, die analog zur Haftpflichtversicherung für alle Fahrzeuge vorgeschrieben ist, können die heute nicht abgedeckten Unfallkosten internalisiert werden. Bei der Ausgestaltung der Versicherung bieten sich vielfältige Möglichkeiten. Ähnlich der heutigen Vorgehensweise der Haftpflichtversicherer können Beiträge nach verschiedenen Kriterien gestaffelt werden, z. B. nach Fahrzeugkategorien oder der vorhandenen Fahrpraxis.

In [INFRAS/IWW 1995] wird zudem noch die Einführung eines **Bonus-Malus-Verfahren** vorgeschlagen. Die Höhe der Versicherungsprämien richtet sich dabei nach dem Fahrverhalten des Fahrers in der Vergangenheit. Fährt dieser unfallfrei, liegen die Prämien entsprechend niedrig. Nach einem verursachten Unfall steigen die Versicherungsbeiträge entsprechend. Auf diese Weise kann das Verursacherprinzip in die Internalisierungsmaßnahme integriert werden, ohne dabei einen Unfallverursacher finanziell zu ruinieren. Das Prinzip der erweiterten Haftpflicht kann vom Straßenverkehr auch auf den Schienen- Schiffs- und Flugverkehr übertragen werden. In diesen Bereichen sollte die Differenzierung der Beitragshöhen nach Zuggattungen, Flugzeugtypen bzw. nach der Gefährlichkeit der transportierten Güter erfolgen.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: + Schiene: + Luft: + Wasser: +

#### Straßenbenutzungsgebühren auf einzelnen Straßenabschnitten

Auf Straßen mit besonders hoher Unfallhäufigkeit könnte zudem eine Straßenbenutzungsgebühr eingeführt werden, welche die auf diesem Abschnitt entstehenden Unfallkosten abdeckt. Diese kann je nach gewünschter Differenzierung pauschal für alle Fahrzeuge oder nur für besonders risikoreiche Fahrzeuggruppen erhoben werden. Der Nachteil bei dieser Maßnahme ist, dass das individuelle Fahrverhalten keinen Einfluss auf die Höhe der zu entrichtenden Gebühr besitzt<sup>182</sup>.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
o	-	-	-	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: -

<sup>182</sup> Straßenbenutzungsgebühren werden in Kapitel 4.5 ausführlich beschrieben.



### Zuschlag zu den Trassenpreisen

Analog zu den Straßenbenutzungsgebühren können im Schienenverkehr Unfallkosten als Zuschlag zu den Trassenpreisen umgelegt werden. Da die Differenzierung der Beitragshöhen im Schienenverkehr nicht von der Fahrweise der Lokführer abhängig ist, sondern von der Zuggattung (bzw. Gefährlichkeit der Güter) erscheint eine Erhebung über die Trassenpreise sinnvoll. Diese hätte den Vorteil, dass Kosten pro zurückgelegten Kilometer erhoben werden können und nicht, wie im Falle gewöhnlicher Versicherungsbeiträge, pauschal über einen Zeitraum.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Schiene: +

#### 4.2.4 Zusammenstellung der Maßnahmen

(1) Für die Internalisierung der externen Unfallkosten des Straßenverkehrs ist im preislichen Maßnahmenbereich die Erweiterung des Umfanges der **Zwangsversicherung** (Haftpflicht) für alle Fahrzeuge das am besten geeignete Mittel. Dieses kann jedoch nicht unterhalb der Bundesebene implementiert werden. Auf kommunaler oder Landesebene sind preisliche Internalisierungsmaßnahmen im Unfallbereich nicht möglich.

(2) Im Bereich der **Unfallprävention** kann dagegen vieles auf kommunaler oder Landesebene geschehen. Die Palette der Maßnahmen reicht dabei von der Schulung der Verkehrsteilnehmer bis hin zu staatlichen Eingriffen wie z. B. Geschwindigkeitsbegrenzungen oder dem Bau einer unfallvermeidenden Verkehrsinfrastruktur. In besonderen Situationen können auch örtliche Fahrverbote in Erwägung gezogen werden.

(3) Besonderes Augenmerk sollte auf die Planung der **Raum- und Verkehrsinfrastruktur** gelegt werden, da diese für die Verkehrsentstehung und Modal-Split-Aufteilung mitverantwortlich ist.

(4) Der **Freistaat Sachsen** sollte im Hinblick auf eine Verringerung der externen Unfallkosten des Straßenverkehrs in Maßnahmen analog zu den Maßnahmenpaketen der Verkehrssicherheitsprogramme intensivieren<sup>183</sup>.

(5) Auf **Bundes- und EU-Ebene** sollte der Freistaat versuchen, eine Ausweitung der Haftpflichtversicherung durchzusetzen, die alle heute nicht abgedeckten Kosten beinhaltet. Zusätzlich könnten Bundes- oder EU-Programme die Verkehrssicherheitsaktivitäten der Kommunen und Bundesländer unterstützen, die u.a. Bewusstseinsbildung, Forschung und Verkehrsinfrastrukturprogramme beinhalten können.

<sup>183</sup> Siehe hierfür z. B. die sächsischen Leitlinien unter:  
<http://www.sachsen.de/de/wu/smwa/verkehr/strassenverkehr/sicherheit/programm/index.html>



(6) Im **Schiene-, Flug-, und Binnenschiffsverkehr** sollte der Freistaat Sachsen bundesweite Bemühungen unterstützen, die eine Erweiterung des Umfangs der Zwangsversicherung analog zum Straßenverkehr zum Ziel haben und sich für eine Ausweitung bzw. Beibehaltung der Forschungsaktivitäten, die eine Steigerung der Verkehrssicherheit zum Ziel haben, einsetzen. In den nachfolgenden Tabellen sind die verschiedenen Internalisierungselemente bezogen auf die einzelnen Verkehrsträger noch einmal zusammengefasst dargestellt.

<b>Internalisierungselemente für die externen Unfallkosten des Straßenverkehrs</b>				
	<b>Kommune / Landkreise</b>	<b>Land</b>	<b>Bund / EU</b>	
sehr gut geeignet	Geschwindigkeitsbegrenzungen	Geschwindigkeitsbegrenzungen	erweiterter Umfang der Zwangsversicherung	
	Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)	Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)	Verkehrssicherheitsvorschriften	
	Fahrerbildungsprogramme	Fahrerbildungsprogramme	Konstruktive Änderungen beim Bau von neuen Fahrzeugen	
	Ausbildung / Schulung von gefährdeten Verkehrsteilnehmern	Verkehrsüberwachung	Ausbildung / Schulung von gefährdeten Verkehrsteilnehmern	Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)
			Fahrerbildungsprogramme	Förderung der Forschung zur Verbesserung der Verkehrssicherheit
			Fahrerbildungsprogramme	Förderung der Forschung zur Verbesserung der Verkehrssicherheit
gut geeignet	örtliche Fahrverbote, Trennung von Verkehrsmitteln	örtliche Fahrverbote, Trennung von Verkehrsmitteln		
bedingt geeignet	Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)	Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)	Straßenbenutzungsgebühren auf einzelnen Straßenabschnitten	
			Umbau und Nachrüstung von Fahrzeugen	
			Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)	



<b>Internalisierungselemente für die externen Unfallkosten des Schienenverkehrs</b>			
	Kommune / Landkreise	Land	Bund / EU
sehr gut geeignet	Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)	Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)	Zuschlag zu den Trassenpreisen
			erweiterter Umfang der Zwangsversicherung
			Verkehrssicherheitsvorschriften
			Konstruktive Änderungen beim Bau von neuen Fahrzeugen
			Umbau und Nachrüstung von Fahrzeugen
			Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)
			Förderung der Forschung zur Verbesserung der Verkehrssicherheit
			Fahrer Ausbildungsprogramme

<b>Internalisierungselemente für die externen Unfallkosten des Luftverkehrs</b>			
	Kommune / Landkreise	Land	Bund / EU
sehr gut geeignet			erweiterter Umfang der Zwangsversicherung
			Verkehrssicherheitsvorschriften
			Konstruktive Änderungen beim Bau von neuen Flugzeugen
			Umbau und Nachrüstung von Flugzeugen
			Förderung der Forschung zur Verbesserung der Verkehrssicherheit
			Fahrer Ausbildungsprogramme

<b>Internalisierungselemente für die externen Unfallkosten der Binnenschifffahrt</b>			
	Kommune / Landkreise	Land	Bund / EU
sehr gut geeignet			erweiterter Umfang der Zwangsversicherung
			Verkehrssicherheitsvorschriften
			Konstruktive Änderungen beim Bau von neuen Schiffen
			Umbau und Nachrüstung von Schiffen
			Förderung der Forschung zur Verbesserung der Verkehrssicherheit
			Fahrer Ausbildungsprogramme



### 4.3 **Kosten der Luftverschmutzung**

#### 4.3.1 **Vorgehensweise**

(1) Verkehrsbedingte Luftverschmutzungen werden durch eine Gruppe von Schadgasen verursacht. Dazu gehören u.a:

- Stickoxide (NO<sub>x</sub>),
- flüchtige, organische Kohlenwasserstoffe (VOC),
- Kohlenmonoxid (CO),
- Partikel (PM).

(2) Neben diesen direkten Verkehrsemissionen werden durch das **bodennahe Ozon**, welches durch Reaktionen der Schadgase untereinander gebildet wird, noch zusätzliche externe Kosten verursacht.

(3) Die Schadwirkungen der Luftverschmutzung sind vielfältig und komplex. In der vorliegenden Untersuchung werden die folgenden Gruppen gebildet<sup>184</sup>:

- Gesundheitliche Wirkungen,
- Gebäudeschäden und
- Schäden an der Vegetation (Wald, Landwirtschaft).

(4) Bei der Gestaltung der Internalisierungsstrategien muss im Schienenverkehr zwischen Diesel- und elektrischem Antrieb unterschieden werden, da die externen Kosten der Stromerzeugung möglichst nicht im Verkehrsbereich internalisiert werden sollten, sondern aus Effektivitätsgründen direkt bei den Kraftwerksbetreibern als den Verursachern.

---

<sup>184</sup> Siehe dazu Kapitel 2.3.



### 4.3.2 Maßnahmen zur Senkung der externen Kosten

#### Förderung von schadstoffarmen Kraftstoffen

Durch spezielle Förderprogramme kann die Entwicklung von schadstoffarmen Kraftstoffarten und deren Verbreitung gefördert werden. Möglich wäre eine Unterstützung bei der Forschung (längerfristige Wirkung) oder die Schaffung von Preisunterschieden zur Förderung des Absatzes am Markt (kurzfristige Wirkung).

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	+	kurz-/längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: + Schiene: + Luft: + Wasser: +

#### Förderung der Einführung von schadstoffarmen Motoren / Technologien

Neben der Förderung von schadstoffarmen Kraftstoffen ist auch eine Förderung und verstärkte Einführung von schadstoffarmen Motoren und Abgasreinigungstechnologien sinnvoll.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: + Schiene: + Luft: + Wasser: +

#### Umbau und Nachrüstung von Fahrzeugen

Mit Hilfe von Nachrüstprogrammen könnten bereits im Einsatz befindliche Binnenschiffe, Fahr- und Flugzeuge mit neueren schadstoffärmeren Motoren und Abgasreinigungstechnologien ausgerüstet werden. Aus Effizienzgründen (Lebensdauer der Fahrzeuge) sollten sich Nachrüstprogramme auf Binnenschiffe, Schienen-, Luftfahrzeuge beschränken.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: - Schiene: + Luft: + Wasser: +



### Regelmäßige Abgasuntersuchungen der Fahrzeuge

Durch regelmäßige Fahrzeugabgasuntersuchungen könnten Defekte schneller entdeckt und somit erhöhte Schadstoffemissionen früher beseitigt werden, als dies bisher der Fall ist. Mittels der On-Board-Diagnose Technik ist es möglich, den Zustand der Abgasreinigungsanlagen in Kraftfahrzeugen dauerhaft zu überwachen. Die Einführung dieser Technik sollte deshalb unterstützt werden. Bei den Schienen-, Luftfahrzeugen und Schiffen könnten diese Untersuchungen im Rahmen von regelmäßigen Wartungsarbeiten durchgeführt werden bzw. die Entwicklung der On-Board-Diagnose Technik ebenfalls auf diese Bereiche ausgedehnt werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	-	+	-	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: O Schiene: O Luft: O Wasser: O

### Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)

Eine geschickte Raumordnungspolitik, die eine Reduzierung der Fahrleistungen bewirkt und damit die Schadstoffemissionen verringert, ist eine langfristig wirkende Maßnahme. Eine Umsetzung ist allerdings nur bei einer deutlichen Anhebung der Transportpreise möglich, da bei geringen Transportkosten die potentiell möglichen kurzen Wege nicht in Anspruch genommen werden, sondern auch weiterhin längere Wege per Kraftfahrzeug zurückgelegt werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	keine Aussage	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: +

### Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)

Durch eine gezielte Bereitstellung von Verkehrsinfrastrukturen lässt sich die Modal-Split-Aufteilung positiv in Richtung der umweltschonenderen Verkehrsträger verschieben. So kann z. B. eine Förderung des Radverkehrs durch die Schaffung von Radverkehrsanlagen erfolgen. Bei der Planung der Verkehrsanlagen ist darauf zu achten, dass kein Parallelausbau von Vermehren Verkehrsträgern erfolgt.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: +



### Kontrollen am Straßenrand

Durch regelmäßige Fahrzeugkontrollen am Straßenrand können Autos mit besonders hohen Emissionskennwerten (z. B. auf Grund eines defekten Katalysators) erkannt und der Fahrzeughalter zu einer Reparatur aufgefordert werden. Der Aufwand der Maßnahme dürfte jedoch im Verhältnis zum erzielbaren Nutzen als hoch eingeschätzt werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
-	+	-	+	+	kurzfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: -

### Emissionsstandards für neue Fahr-, Flugzeuge und Binnenschiffe

Eine weitere Verschärfung der Emissionsstandards für Neuwagen, Schienenfahrzeuge, Binnenschiffe und Flugzeuge senkt die spezifischen Emissionen pro zurückgelegten Kilometer. Dieses Instrument hat sich bereits in der Vergangenheit als erfolgreich erwiesen (siehe z. B. Euro-Normen) und sollte deshalb auch in Zukunft weiter genutzt werden. So könnte z. B. bei Einführung einer neuen Grenzwertstufe für schwere Nutzfahrzeuge und Pkws die NO<sub>x</sub>- und Partikelemissionen des Verkehrs um 86% und 90% gesenkt werden (bezogen auf das Jahr 1990)<sup>185</sup>.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
EU	Straße: + Schiene: + Luft: + Wasser: +

<sup>185</sup> Hinweis von Frau Dr. Verron aus dem Umweltbundesamt



### Vorgabe von Umweltstandards bei der Ausschreibung von ÖPNV- und SPNV-Leistungen

Bei der Vergabe von ÖPNV und SPNV-Leistungen können durch die Aufgabenträger Umweltstandards vorgegeben werden, die von den Verkehrsunternehmen eingehalten werden müssen. Durch dieses sehr einfache und wirkungsvolle Instrument können Schadstoffemissionen ebenso wie Lärm- und Klimakosten im Bereich der öffentlichen Verkehrsmittel reduziert werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	+	kurzfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune	Straße: + Schiene: +

### Fahr- und Flugverbote für Fahr- und Flugzeuge mit bestimmten Emissionswerten

Die Einfahrt in sensible Gebiete (Stadtzentren o.ä.) oder auch generell der Betrieb wird nur für Fahrzeuge gestattet, die bestimmte Schadstoffgrenzwerte einhalten. Ebenso können Start- und Landeverbote für Flugzeugtypen verhängt werden, deren Emissionen festgelegte Grenzwerte überschreiten. Die Durchsetzung wird auf Grund von rechtlichen Problemen als äußerst problematisch angesehen, da einmal zum Betrieb zugelassenen Fahr- und Flugzeugen nicht ohne weiteres der Betrieb untersagt werden kann.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	o	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
(Kommune, Land) <sup>186</sup> , Bund, EU	Straße: - Schiene: - Luft: - Wasser: -

<sup>186</sup> Kommunen und Bundesländer können über ihre Funktion als Aufgabenträger für den ÖV oder als Anteilseigner von Flughäfen indirekt Einfluß auf die im Einsatz befindlichen Fahrzeuge bzw. auf Landeverbote für bestimmte Flugzeuge nehmen.



### Geschwindigkeitsbeschränkungen

Geschwindigkeitsbeschränkungen sind in Bezug auf eine Schadstoffreduktion innerorts umstritten, da kein linearer Zusammenhang zwischen der Menge der emittierten Schadstoffe und den innerorts gefahrenen Geschwindigkeitsbereichen existiert. Tempolimits auf Autobahnen können Schadstoffe reduzieren helfen. Die Reduktionen sind jedoch stark von der vorhandenen Fahrzeugflotte abhängig.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
o	+	+	+	-	kurzfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: o

### Verkehrsflusssteuerung

Durch eine geschickte Verkehrsflusssteuerung kann der Verkehr mit einer Geschwindigkeit geführt werden, bei der besonders wenig Schadstoffe erzeugt werden. Bei der Anwendung dieser Mittel ist jedoch darauf zu achten, dass dadurch keine zusätzlichen Verkehre induziert werden, die an anderer Stelle (z. B. beim Klima) zu einer Steigerung der externen Verkehrskosten führen können. Ebenso sind Konfliktpunkte im Bereich der externen Unfallkosten zu erwarten, wenn die optimale Geschwindigkeit stadunverträgliche Werte annimmt.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
o	o	+	o	-	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land	Straße: -

### Förderung der Forschung zur Verringerung der Emissionen

Die Forschung nach noch schadstoffärmeren Motoren und Kraftstoffen stellt die Grundlage für den Bau und Einsatz von schadstoffarmer Antriebstechnik dar und sollte aus diesem Grund gefördert werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	keine Aussage	keine Aussage	keine Aussage	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: + Schiene: + Luft: + Wasser: +



## Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung

Öffentlichkeitsarbeit und Bewusstseinsbildung sollte, von der Landesebene aus betrachtet, in drei verschiedenen Stoßrichtungen wirksam werden:

### 1. Aufklärung und Bereitstellung von Information über die realen Kosten des Verkehrs

Zuallererst sollten die Verkehrsteilnehmer über die realen Kosten des Verkehrs informiert werden. Hierfür müssen die Zusammenhänge aufgezeigt werden, die zur Entstehung von externen Kosten führen, gleichzeitig können mögliche Internalisierungsmaßnahmen vorgestellt werden. Da es sich hierbei um eine allgemeine Öffentlichkeitsarbeit handelt, sollten alle wichtigen Maßnahmen mit all ihren Vor- und Nachteilen aufgezeigt werden; also auch diejenigen Maßnahmen, die nicht auf der Ebene der Kommunen oder des Landes umgesetzt werden können. Diese Informationsmaterialien sollten dann zum einen für die Bürger, ohne deren Akzeptanz eine Internalisierung nicht möglich ist, und zum anderen für die kommunalen Verwaltungen aufbereitet werden, ohne deren Bereitschaft sich viele Maßnahmen auf kommunaler Ebene nicht umsetzen lassen werden.

### 2. Hinweise für eine Verminderung der negativen Umweltwirkungen

Weiterhin sollten Empfehlungen und Hinweise für die Verkehrsteilnehmer entwickelt werden, mit welchen Maßnahmen diese die negativen Umweltwirkungen reduzieren können. Hierfür könnten Schulungen (z. B. während der Fahrschulung) durchgeführt werden. Dazu sollten Informationsmaterialien entwickelt werden, die konkrete Möglichkeiten zur Verringerung von Unfällen, Lärm, Klimagasen und Schadstoffen im Verkehr aufzeigen.

### 3. Flankierende Maßnahmen zur Steigerung der Akzeptanz einzelner Internalisierungsmaßnahmen

Als dritter Punkt sollte mittels Öffentlichkeitsarbeit die Akzeptanz der Menschen bei der Umsetzung einzelner Internalisierungsmaßnahmen als flankierende Maßnahme unterstützt werden. Hierbei sollte die Öffentlichkeitsarbeit immer von der Ebene ausgehen, die für die Realisierung der jeweiligen Internalisierungsmaßnahme zuständig ist. So sollten z. B. konkrete Lärmschutzmaßnahmen vom Land oder von der Kommune kommuniziert werden, Zuschläge auf die Mineralölsteuer dagegen vom Bund oder der EU-Ebene.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
o	o	keine Aussage	+	keine Aussage	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: + Schiene: + Luft: + Wasser: +



### 4.3.3 Maßnahmen zur Internalisierung der externen Kosten

#### **Parkraumbewirtschaftung, Straßenbenutzungsgebühren (flächendeckend, im Ballungsraum, für einzelne Straßen oder Stadtteile)<sup>187</sup>**

Durch eine Bewirtschaftung der zur Verfügung stehenden Parkplätze und des Straßenraumes ist es möglich, die Nachfrage zu regulieren und damit indirekt Einfluss auf die Höhe der Schadstoffemissionen zu nehmen. Die Höhe der Gebühren könnte pauschal auf der Grundlage von durchschnittlichen Fahrweiten und Schadstoffemissionen pro Parkplatz festgesetzt werden<sup>188</sup>.

Straßenbenutzungsgebühren eignen sich ebenfalls, um Schadstoffkosten zu internalisieren. Mit größer werdender Genauigkeit der Erfassung der zurückgelegten Strecke nimmt dabei die Verursachergerechtigkeit zu.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
o	-	o	-	+	kurz-/längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: o bis - <sup>189</sup> :

#### **Emissionsabhängige Kraftfahrzeugsteuern**

Kraftfahrzeugsteuern könnten mit Hilfe der Emissionskennwerte der Neufahrzeuge differenziert werden. Diese Methode ist einfach zu handhaben, hat aber den Nachteil, dass die Abgaben unabhängig von den tatsächlich erzeugten Emissionen und dem tatsächlichen Zustand des Fahrzeuges gezahlt würden. Eine bessere Differenzierung wäre gegeben, wenn die jährlichen Kfz-Steuern auf der Grundlage von Abgasuntersuchungen festgelegt (z. B. auf der Basis der Abgasuntersuchungen des TÜV) würden. Als weitere Differenzierungen, mit denen aber jeweils auch immer der Verwaltungs- und Kontrollaufwand steigt, würden sich das Alter und die Laufleistung des Fahrzeuges anbieten.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Land <sup>190</sup> , Bund, EU	Straße: +

<sup>187</sup> Zu den einzelnen Modifizierungsmöglichkeiten der Straßenbenutzungsgebühren werden im Kapitel 4.5 Aussagen getroffen.

<sup>188</sup> Eine Berechnungsgrundlage der Gebührenhöhe ist z. B. in [INFRAS 1992] zu finden.

<sup>189</sup> Die Eignung des Systems nimmt mit steigender Genauigkeit der Erfassung der zurückgelegten Strecke zu. Deshalb kann an dieser Stelle keine einheitliche Aussage getroffen werden.

<sup>190</sup> Der Bund hat bei der Kfz-Steuer die Gesetzgebungskompetenz, verwaltet wird diese Steuer aber durch die Bundesländer.



### Ermittlung der Steuern mittels Emissionsmessgerät

Jedes Straßenfahrzeug wird mit einem mobilen Emissionsmeßgerät ausgestattet, welches die erzeugten Emissionen direkt im Fahrzeug bestimmt. Auf dessen Grundlage sind Abgaben für die erzeugten Emissionen zu zahlen. Diese Methode ist die gerechteste und für die Fahrzeugführer am besten nachvollziehbare Variante. Allerdings ist ein solches Gerät in nächster Zukunft nicht verfügbar und die Einführung und Kontrolle der Geräte würde einen immensen Verwaltungsaufwand erfordern. Weitergehende Informationen sind hierzu in [TUD 1999] zu finden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	-	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: +

### Zusätzliche Abgabe auf die Kraftstoffpreise

Ebenso könnte auf die Kraftstoffpreise eine zusätzliche Steuer aufgeschlagen werden, mit der die externen Kosten der Luftverschmutzung internalisiert werden könnten. Dies ist aber wenig effizient, da die verschiedenen Fahrzeuge sehr unterschiedliche Emissionskennwerte besitzen und somit kein direkter Zusammenhang zwischen dem Kraftstoffverbrauch und den erzeugten Schadstoffemissionen existiert.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
o	o	o	o	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: - Schiene: - Luft: - Wasser: -



### Emissionsabhängige Abgabe für Schienenfahrzeuge und Binnenschiffe

Emissionsabhängige Abgaben für Schienenfahrzeuge und Binnenschiffe könnten analog den emissionsabhängigen Kraftfahrzeugsteuern eingeführt werden. Die Höhe richtet sich nach den Emissionskennwerten der Neufahrzeuge oder kann durch jährliche Messungen den realen Bedingungen angepasst werden, was aber wiederum einen hohen Verwaltungs- und Kontrollaufwand erfordern würde. In [INFRAS/IWW 1995] wird zudem vorgeschlagen, diese Abgabe mit der Menge des verbrauchten Kraftstoffs zu kombinieren, da für jede Lokomotive bzw. jedes Binnenschiff ein Fahrtenbuch geführt wird, aus dem diese Angaben entnommen werden könnten. In [INFRAS/IWW 1995] wird der Verwaltungsaufwand, bedingt durch die geringe Anzahl der Lokomotiven, als vertretbar angesehen.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	o	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Schiene: + Wasser: +

### Zuschlag zu den Trassenpreisen

In [ECME 1998] wird angeregt, in Räumen mit schienenverkehrsbedingter hoher Luftverschmutzung, diese mittels einer Gebühr in den Trassenpreisen zu internalisieren. Diese Vorgehensweise lässt sich ebenso das gesamte Schienennetz ausdehnen. Hierfür würde für jede Lokomotive in Abhängigkeit von Trassierung und Zugart eine Emissionsabgabe pro Zugkilometer berechnet.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	o	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Schiene: +

### Zuschlag zu den Start- und Landegebühren

Im Luftverkehr könnten Zuschläge zu den Start- und Landegebühren erhoben werden, die nach den Emissionskennwerten der jeweiligen Flugzeugtypen gestaffelt sind. Die Höhe der Start- und Landegebühren wird von den Flughäfen festgelegt, muss jedoch momentan aufkommensneutral beschaffen sein. Durch eine Änderung der Gesetze auf EU-Ebene (theoretisch auch auf Bundesebene vorstellbar) könnte ein Internalisierungszuschlag auf die Start- und Landegebühren erhoben werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
(Bund), EU	Luft: +



#### 4.3.4 Zusammenstellung der Maßnahmen

- (1) Auf **kommunaler Ebene** bietet sich im Straßenverkehr als einziges preisliches Internalisierungselement die Einführung oder Ausweitung bereits bestehender Straßenbenutzungsgebühren oder der Parkraumbewirtschaftung an. Durch die nur schwachen Zusammenhänge zwischen der Menge der emittierten Schadstoffe und der Höhe der zu entrichtenden Gebühren, ist dieses Element allerdings nur bedingt geeignet.
- (2) Auf **Bundes- und EU-Ebene** sind emissionsabhängige Kraftfahrzeugsteuern oder die Ermittlung der Steuern mittels eines Emissionsmessgerätes möglich. Wegen der stärkeren Zusammenhänge zwischen Gebührenhöhe und Schadstoffmenge sind diese Maßnahmen als Internalisierungselemente gut geeignet. Der Freistaat Sachsen sollte sich deshalb auf Bundes- und EU-Ebene für eine schnelle Einführung eines dieser Instrumente engagieren.
- (3) Im Bereich der **nicht preislichen Instrumente** können auf kommunaler und Landesebene vorrangig Instrumente der Raumordnungspolitik (zur Verringerung der Fahrleistungen des Autoverkehrs) und der Verkehrsinfrastrukturbereitstellung (zur Förderung von ÖV, Rad- und Fußverkehr) eingesetzt werden. Auf Bundes- und EU-Ebene sollte sich der Freistaat Sachsen für eine weitere Verschärfung der Emissionskennwerte einsetzen. Als unterstützendes Element sollte zudem mit Hilfe von Informationskampagnen die Sensibilisierung der Verkehrsteilnehmer für die Problematik der externen Schadstoffkosten weiter vertieft werden.
- (4) Im **Schienen- und Binnenschiffsverkehr** können preisliche Internalisierungsstrategien nur auf Bundes- oder EU-Ebene durchgesetzt werden. Hier bieten emissionsabhängige Abgaben für Schienenfahrzeuge und Binnenschiffe, die aufgrund der begrenzten Anzahl der Fahrzeuge und Schiffe noch mit dem verbrauchten Kraftstoff differenziert werden können, eine interessante Möglichkeit. Im **Flugverkehr** sollten Zuschläge zu den Start- und Landegebühren als Internalisierungsinstrument gewählt werden. Für die Einführung dieser Instrumente sollte sich ebenfalls der Freistaat Sachsen bei Bund, EU und den Flughafenbetreibern einsetzen.
- (5) Auf Bundes- und EU-Ebene bietet sich im Bereich der nicht preislichen Elemente bei Schienen-, Flug-, und Binnenschiffsverkehr analog zum Straßenverkehr eine Verschärfung der **Emissionskennwerte** und die Förderung von **schadstoffarmen Kraftstoffen** bzw. die Einführung von schadstoffarmen Motoren und Technologien an. Nachfolgend sind die einzelnen Elemente noch einmal aufgelistet.



<b>Internalisierungselemente für die externen Schadstoffkosten des Straßenverkehrs</b>			
	<b>Kommune / Landkreise</b>	<b>Land</b>	<b>Bund / EU</b>
sehr gut geeignet	Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)	Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)	Emissionsabhängige Kraftfahrzeugsteuern
	Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)	Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)	Ermittlung der Steuern mittels Emissionsmessgerät
	Vorgabe von Umweltstandards bei der Ausschreibung von ÖPNV- und SPNV-Leistungen	Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung	Emissionsstandards für neue Fahrzeuge
	Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung		Förderung von schadstoffarmen Kraftstoffen
			Förderung der Einführung von schadstoffarmen Motoren / Technologien
			Förderung der Forschung
			Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)
			Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)
Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung			
gut geeignet	Geschwindigkeitsbeschränkungen	Geschwindigkeitsbeschränkungen	Geschwindigkeitsbeschränkungen
	Straßenbenutzungsgebühren (für einzelne Straßen oder Stadtteile),	Straßenbenutzungsgebühren (Ballungsraum)	Straßenbenutzungsgebühren (flächendeckend)
bedingt geeignet	Parkraumbewirtschaftung	Verkehrsflusssteuerung	Fahrverbote für Fahrzeuge mit bestimmten Emissionswerten
			zusätzliche Abgabe auf die Kraftstoffpreise
	Verkehrsflusssteuerung		Umbau und Nachrüstung von Fahrzeugen
			Kontrollen am Straßenrand



<b>Internalisierungselemente für die externen Schadstoffkosten des Schienenverkehrs</b>			
	Kommune	Land	Bund / EU
sehr gut geeignet	Vorgabe von Umweltstandards bei der Ausschreibung von ÖPNV- und SPNV-Leistungen		Zuschlag zu den Trassenpreisen
			Emissionsstandards für neue Fahrzeuge
			Emissionsabhängige Abgabe für Schienenfahrzeuge
			Förderung der Einführung von schadstoffarmen Motoren / Technologien
			Umbau und Nachrüstung von Fahrzeugen
			Förderung von schadstoffarmen Kraftstoffen
			Förderung der Forschung
gut geeignet			regelmäßige Abgasuntersuchungen der Fahrzeuge
			Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung
bedingt geeignet			Fahrverbote für Fahrzeuge mit bestimmten Emissionswerten
			zusätzliche Abgabe auf die Kraftstoffpreise

<b>Internalisierungselemente für die externen Schadstoffkosten des Luftverkehrs</b>			
	Kommune	Land	Bund / EU
sehr gut geeignet			Zuschlag zu den Start- und Landegebühren
			Emissionsstandards für neue Flugzeuge
			Förderung der Einführung von schadstoffarmen Motoren / Technologien
			Umbau und Nachrüstung von Fahrzeugen
			Förderung von schadstoffarmen Kraftstoffen
			Förderung der Forschung
			Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung
gut geeignet			regelmäßige Abgasuntersuchungen der Fahrzeuge
bedingt geeignet			Flugverbote für Flugzeuge mit bestimmten Emissionswerten zusätzliche Abgabe auf die Kraftstoffpreise



Internalisierungselemente für die externen Schadstoffkosten der Binnenschifffahrt			
	Kommune	Land	Bund / EU
sehr gut geeignet			Emissionsabhängige Abgabe für Binnenschiffe
			Emissionsstandards für neue Binnenschiffe
			Förderung der Einführung von schadstoffarmen Motoren / Technologien
			Umbau und Nachrüstung von Fahrzeugen
			Förderung von schadstoffarmen Kraftstoffen
			Förderung der Forschung
			regelmäßige Abgasuntersuchungen der Fahrzeuge
			Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung
gut geeignet			jährliche Abgasuntersuchungen der Fahrzeuge
bedingt geeignet			Fahrverbote für Fahrzeuge mit bestimmten Emissionswerten
			zusätzliche Abgabe auf die Kraftstoffpreise

#### 4.4 Lärmkosten

##### 4.4.1 Vorgehensweise

- (1) Lärm und somit externe Kosten des Verkehrslärms werden hauptsächlich von:
- Fahrzeugart,
  - Geschwindigkeit,
  - Fahrverhalten,
  - Fahrweg und
  - dem Verkehrsfluss beeinflusst.

Die Gesamtlärmemissionen eines Fahrzeuges hängen zudem noch von den zurückgelegten Entfernungen ab.

- (2) Lärm wird unterschiedlich wahrgenommen. So kann derselbe Lärmpegel zu unterschiedlichen Tageszeiten (Mittag oder Mitternacht) und in verschiedenen Umgebungen (Raumstruktur) unterschiedliche **subjektive Reaktionen** hervorrufen. Dies ist bei den Internalisierungsmaßnahmen zu berücksichtigen.



#### 4.4.2 Maßnahmen zur Senkung der externen Kosten

##### Lärmmindernde Fahrbahndecken

Die Lärmemissionen von Straßen können durch den Einbau von lärmarmen Asphaltbelegen reduziert werden. Große Lärmreduktionspotentiale gibt es bei Straßen mit Kopfsteinpflaster. Dort kann bereits ein Austausch des Kopfsteinpflasters durch Asphalt Lärmreduktionen bis zu 3 dB(A) bei Geschwindigkeiten von 30 km/h und bis zu 6 dB(A) bei Geschwindigkeiten über 50 km/h bewirken [RLS 90]. Die Maßnahme sollte im Verbund mit anderen Maßnahmen durchgeführt werden, da durch die Verbesserung der Straßenoberfläche eine Steigerung der Geschwindigkeit und somit negative Rückkopplungen (z. B. Klima- und Unfallkosten) möglich sind.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land	Straße: +

##### Geschwindigkeitsbegrenzungen

Lärmemissionen nehmen mit zunehmender Geschwindigkeit des Verkehrs zu. Deshalb stellen Geschwindigkeitsbegrenzungen ein geeignetes Mittel zur Lärmreduzierung dar.<sup>191</sup> Die Maßnahme ist im Gegensatz zu anderen Möglichkeiten sehr preiswert und wird schnell wirksam. Wichtig sind geeignete Kontrollmechanismen, um die Einhaltung der Geschwindigkeiten zu gewährleisten.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	-	kurzfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune	Straße: +

<sup>191</sup> Genauere Lärmminderungspotentiale sind in [RLS 90] zu finden.



### Verkehrsflusssteuerung

Brems- und Beschleunigungsvorgänge verursachen besonders hohe Lärmemissionen<sup>16</sup>. Maßnahmen zur Sicherung eines stetigen Verkehrsflusses (z. B. mit Hilfe von koordinierten Lichtsignalanlagen ("Grüner Wellen", Pfortnerampeln) können deshalb einen Beitrag zur Verringerung der Lärmemissionen leisten. Bei der Anwendung dieser Mittel ist jedoch darauf zu achten, dass durch diese keine zusätzlichen Verkehre induziert werden, die wiederum an anderer Stelle (z. B. Klima) zu einer Steigerung der externen Verkehrskosten führen können.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	-	-	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune	Straße: -

### Förderung der Einführung von lärmarmen Motoren / Technologien

Durch Förderprogramme könnten lärmarme Motoren und Technologien verstärkt bei Neufahrzeugen eingesetzt werden, wodurch es zu einer schnelleren Veränderung der Fahrzeugflotte kommt.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: + Schiene: + Luft: + Wasser: +

### Fahr- und Startverbote für Fahr- und Flugzeuge mit bestimmten Emissionswerten

Die Einfahrt in sensible Gebiete (Stadtzentren o.ä.) könnte nur für Fahrzeuge gestattet werden, deren Lärmemissionen festgelegte Grenzwerte nicht überschreiten. Ebenso könnten Start- und Landeverbote für Flugzeugtypen mit zu hohen Lärmemissionskennwerten verhängt werden. Die Durchsetzung dieser Maßnahme wird aufgrund der einmal erteilten Betriebsgenehmigung als rechtlich äußerst problematisch angesehen.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	-	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
(Kommune, Land) <sup>186</sup> , Bund, EU	Straße: - Schiene: - Luft: -



### Vorgabe von Umweltstandards bei der Ausschreibung von ÖPNV- und SPNV-Leistungen

Bei der Vergabe von ÖPNV und SPNV-Leistungen können durch die Aufgabenträger Umweltstandards bis zur maximal zulässigen Lärmemission der eingesetzten Fahrzeuge festgesetzt werden (siehe auch S. 126).

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	+	kurzfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune	Straße: + Schiene: +

### Durchfahrverbote für Fahrzeuge mit bestimmten Emissionswerten

In besonders sensiblen Gebieten oder Zeiten (z. B. Nachtfahrten für Lkws oder Güterzüge in lärmsensiblen Gebieten) könnte die Durchfahrt durch diese Gebiete für Fahrzeuge mit hohen Lärmemissionskennwerten verboten werden. Die betroffenen Fahrzeuge müssten dann auf Umleitungen die lärmsensiblen Gebiete umfahren.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	+	kurzfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune	Straße: + Schiene: +

### Umbau bzw. Nachrüstung von Fahrzeugen

Durch Förderprogramme, freiwillige Vereinbarungen und strengere Lärmemissionsvorschriften (siehe unten) könnten Fahrzeugbesitzer animiert werden, an ihren Fahrzeugen lärmindernde Nachrüstungen (z. B. Motorkapselungen, lärmarme Reifen, lärmarme Triebwerke, Verkleidung von Drehgestellen oder Schmiervorrichtungen für Kurvenfahren an den Fahrgestellen, Ersatz der Graugussklotzbremsten durch Bremsklötze aus Kunststoff usw.) vornehmen zu lassen. Dies dürfte aus Effizienzgründen in erster Linie für Schienen-, Luft- und Wasserfahrzeuge in Betracht kommen.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: - Schiene: + Luft: + Wasser: +



### Lärmreduzierende Start- und LandeprozEDUREN bei Flugzeugen

Durch eine Optimierung des Aufstiegswinkels, der Schubkraft oder der Einstellungen der Flugzeugklappen usw. wird bereits heute der Fluglärm verringert. Diese Verfahren könnten weiter optimiert werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Luft: +

### Nachtflüge beschränken

Durch ein Nachflugverbot bzw. durch dessen Ausweitung könnten die Lärmemissionen in den besonders kritischen Nachtstunden reduziert werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	+	kurzfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung:
Land	Luft: +

### Festlegung von strengeren Emissionsstandards

Die Festlegung von strengeren Lärmemissionsvorschriften ist ein einfaches, sehr wirkungsvolles und für den Staat kostengünstiges Mittel zur Reduzierung der Lärmemissionen.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: + Schiene: + Luft: + Wasser: +



**Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)**

Lärm kann ebenso langfristig mittels einer Raumordnungspolitik, die eine Verringerung der Fahrleistungen bewirkt, reduziert werden. Wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln erwähnt, ist dies aber nur bei einer deutlichen Anhebung der Transportpreise möglich, da sich die Fahrtweiten bei geringen Transportkosten nicht verringern.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
o	keine Aussage	+	o	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: +

**Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)**

Durch die Bereitstellung einer Verkehrsinfrastruktur, die lärmarme Verkehrsarten fördert z. B. durch Schaffung von attraktiven Rad- und Fußverkehrsanlagen, können Lärmemissionen verringert werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	o	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: +



### Schallschutzmaßnahmen an Gleisen und Straßen

Mittels baulicher Schallschutzmaßnahmen am Gleiskörper (z. B. kleine Lärmschutzwände direkt am Gleis, Schallabsorbern, Rasengleise für Straßenbahnen oder Kurvenschmiervorrichtungen usw.) und an Straßen (z. B. Tunnel, Mauern, Dämme, Lärmschutzfenster) können Lärmemissionen effektiv absorbiert werden. Im Schienenverkehr kommt es zudem auf Schallschutzmaßnahmen für die Kombination Schiene/Fahrzeug an, da diese für die Höhe der Lärmemissionen entscheidend ist<sup>192</sup>. Da Lärm vorwiegend ein Problem der Kommunen ist, sollten diese festlegen, wo und mit welcher Priorität welche Lärmschutzmaßnahmen ergriffen werden. Die jeweiligen Bauträger der Verkehrswege (Land, Bund, EU im Schienenverkehr die Deutsche Bahn AG) sollten die Maßnahmen umsetzen. Die Durchsetzbarkeit von diesen Maßnahmen gestaltet sich schwierig, da diese für den Bestand freiwillig ist. Nur bei Neubauten oder wesentlichen Änderungen ist mit der gegenwärtigen Rechtslage die Durchsetzbarkeit gewährleistet. Deshalb sollte der Geltungsbereich von §16 BImSchV auch auf den Bestand erweitert werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	keine Aussage	+	-	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: + Schiene: +

### Trennung von lärmintensiven und lärmsensiblen Nutzungen

Durch eine sinnvolle und geschickte räumliche Trennung von lärmsensibler (z. B. Wohnbereiche) und lärmerzeugender Flächennutzung (z. B. Industrie, Flughäfen) kann die absolute Höhe der Lärmemissionen zwar nicht verringert werden, wohl aber deren Auswirkungen. Im Schifffahrtsbereich ist diese Maßnahme nur sehr begrenzt einsetzbar, da hier nur bauliche Anlagen (z. B. Häfen) disponibel sind. Die Nutzungstrennung kann zu einer Lärmverringerung beitragen, aber ebenso zu einer Steigerung der externen Kosten im Klima und Schadstoffbereich führen, da dies unter Umständen zu einem höheren Verkehrsaufkommen führen kann.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	keine Aussage	+	+	o	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune	Straße: o Schiene: o Luft: + Wasser: -

<sup>192</sup> Weitergehende Hinweise sind z. B. in: Lärm, die unerhörte Plage; VCD e.V.; Bonn, 2001. oder Hinweise zum Schutz gegen Schienenlärm; BUND et al.; 2001 zu finden.



### Förderung der Forschung zur Verringerung der Lärmemissionen

Durch die Förderung von Forschungsprogrammen zur Verringerung der Lärmemissionen bei Fahrzeugen als auch bei der Verkehrsinfrastruktur können die Grundlagen für eine längerfristige Lärmreduktion geschaffen werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	keine Aussage	+	keine Aussage	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: + Schiene: + Luft: + Wasser: +



### Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung

Durch Öffentlichkeitsarbeit ist es möglich, die wahren Kosten und Folgen von Verkehrslärm stärker ins Bewusstsein der Menschen zu rufen. Besonders die gesundheitlichen Wirkungen von Lärm sind den wenigsten Menschen bekannt. Zudem könnten in Schulungen oder Informationsbroschüren Hinweise für eine lärmarme Fahrweise im Straßenverkehr gegeben werden. Als begleitendes Instrument ist eine gezielte Öffentlichkeitsarbeit und Bewusstseinsbildung in Zusammenhang mit anderen Maßnahmen unerlässlich. Dies gilt für die Einführung sämtlicher beschriebener Internalisierungsstrategien.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
o	o	keine Aussage	+	keine Aussage	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: + Schiene: + Luft: +

#### 4.4.3 Maßnahmen zur Internalisierung der externen Kosten

##### Lärmemissionsabgabe als Aufschlag zu den Kfz-Steuern

In [IWW 94] wird für Kfz eine Lärmemissionsabgabe vorgeschlagen. Diese kann abhängig von den geltenden Lärmemissionsvorschriften parallel zur Kfz-Steuer fahrzeugabhängig erhoben werden. Die Abgabe könnte als Bonus-Malus-System gestaffelt werden. Fahrzeuge, die die festgesetzten Werte unterschreiten, erhalten einen Bonus und Fahrzeuge, die diese nicht einhalten, zahlen eine erhöhte Abgabe. Weitere Differenzierungen, z. B. nach dem Wohnort des Halters, wären möglich, um zwischen Ballungsräumen und ländlichen Gebieten unterscheiden zu können. Mit einer steigenden Differenzierung der Abgabe erhöht sich die Gerechtigkeit und Nachvollziehbarkeit der Maßnahme. Gleichermaßen steigt aber auch der Verwaltungs- und Kontrollaufwand.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	o	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Land, Bund, EU	Straße: +



### Lärmemissionsabgabe als Aufschlag zu Start- und Landegebühren

Lärm ist bei Flugzeugen nur dann von Bedeutung, wenn sich die Flugzeuge auf dem Flughafen oder in der bodennahen An- oder Abflugphase befinden. Deshalb könnten die Lärmemissionen als Aufschlag zu den Start- und Landegebühren internalisiert werden. Es sollte eine Staffelung der Gebühren nach den Lärmkennwerten der einzelnen Flugzeugtypen erfolgen<sup>193</sup>.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	+	längerfristig
Verantwortliche Planungsebene		Empfehlung zur Anwendung			
Bund, EU		Luft: +			

### Emissionsabhängige Abgabe für Schienenfahrzeuge / Aufschlag zu den Trassenpreisen

Im Schienenverkehr bietet sich eine Internalisierung der Lärmkosten als Aufschlag zu den Trassenpreisen an. Auch hier sollte eine Differenzierung nach den Lärmkennwerten der eingesetzten Lokomotiven und Waggons erfolgen. Die Höhe der Gebühren kann zusätzlich noch nach der Nutzung des Umfeldes der Schienenwege aufgeschlüsselt werden. Befinden sich dort lärmsensible Gebiete, fallen erhöhte Gebühren an. Verläuft die Strecke dagegen durch landwirtschaftlich genutzte Räume, sind entsprechend geringere Entgelte zu zahlen. Dadurch würden die Nachvollziehbarkeit und Gerechtigkeit der Gebühr steigen, aber ebenso der notwendige Verwaltungsaufwand.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	+	längerfristig
Verantwortliche Planungsebene		Empfehlung zur Anwendung			
Bund, EU		Schiene: +			

### Emissionsabhängige Abgabe für Binnenschiffe

Analog zu dem oben genannten Punkt können ebenso emissionsabhängige Abgaben für Binnenschiffe eingeführt werden. Grundsätzlich ist dies möglich, die Notwendigkeit dieser Maßnahme sollte aber aufgrund der Geringfügigkeit der Lärmemissionen im Binnenschiffsverkehr kritisch hinterfragt werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	+	längerfristig
Verantwortliche Planungsebene		Empfehlung zur Anwendung			
Bund, EU		Wasser: +			

<sup>193</sup> Bezüglich der rechtlichen Rahmenbedingungen wird an dieser Stelle auf das Kapitel 4.3.2 Punkt "Zuschlag zu den Start- und Landegebühren" verwiesen.



### **Straßenbenutzungsgebühren (flächendeckend, Ballungsraum, einzelne Straßen oder Stadtteile)<sup>194</sup>**

Da der Lärmpegel und dessen Wirkung von der umgebenden Raumstruktur, der Tageszeit, und dem Straßen- und Verkehrszustand abhängig sind, bieten sich Straßenbenutzungsgebühren zur Monetarisierung der Lärmkosten im Straßenverkehr an. Die Höhe der Gebühren könnte in Abhängigkeit von den oben genannten Faktoren errechnet und den Fahrzeugen angelastet werden. Je nach Ausbauzustand und Qualität des Systems könnte eine Gebühr generell für einen Ballungsraum (z. B. gesamtes Stadtgebiet), einzelne Stadtteile (Stadtzentrum o.ä.) oder spezielle Straßen (Straßen mit Kopfsteinpflaster) erhoben werden. Die Höhe der Gebühr sollte von den Lärmemissionskennwerten des Fahrzeuges abhängen [INFRAS/IWW 1995]. Die Methode gestattet zwar die gerechteste und nachvollziehbarste Internalisierung dieses Effekts, ist aber mit einem großen Einführungs- Verwaltungs- und Kontrollaufwand verbunden. Deshalb sollte sie nur dann eingesetzt werden, wenn bereits Straßenbenutzungsgebühren zur Anlastung von anderen Umweltwirkungen oder Infrastrukturkosten existieren.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	-	+	o	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: +

### **Lärmabgabe als Zuschlag auf den Kraftstoffpreis**

Eine weitere Internalisierungsmöglichkeit bietet ein pauschaler Aufschlag auf den Kraftstoffpreis. Die Gesamtsumme der zu zahlenden Kosten wäre in diesen Fall nur von den Kraftstoffverbräuchen abhängig. Da der Zusammenhang zwischen verbrauchtem Kraftstoff und erzeugten Lärmemissionen aber nur sehr schwach bis gar nicht gegeben ist, ist die Effektivität der Maßnahme gering bzw. unsicher. In [INFRAS/IWW 1995] wird zudem noch darauf hingewiesen, dass die Höhe des Aufschlages auf den Kraftstoffpreis nur minimal wäre und daher kaum eine Lenkungswirkung hätte.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
-	+	-	-	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: - Schiene: - Luft: - Wasser: -

<sup>194</sup> Die verschiedenen Ausgestaltungsmöglichkeiten der Straßenbenutzungsgebühren werden in Kapitel 5.3 ausführlich beschrieben.



#### 4.4.4 Zusammenstellung der Maßnahmen

- (1) Im Straßenverkehr ist die **Straßenbenutzungsgebühr** die am besten geeignetste / effektivste Internalisierungsmaßnahme, da hier das Verursacherprinzip am besten umgesetzt werden kann. Allerdings sollte eine solche Gebühr nur dann eingeführt werden, wenn bereits Straßenbenutzungsgebühren (für andere Effekte) existieren. Solange dies nicht der Fall ist, bietet sich eine **Lärmabgabe** als Alternative an. Beide Maßnahmen müssen von Bundes- oder EU-Ebene ausgehen, wengleich die Festlegung der Gebührenhöhe auf kommunaler Ebene erfolgen sollte.
- (2) Im Bereich der nicht preislichen Maßnahmen bieten sich bei allen Verkehrsträgern auf kommunaler und Landesebene vielfältige Möglichkeiten zur Lärminderung, die bereits heute genutzt werden. Deshalb sollten die **Lärmschutzprogramme** mit allen darin enthaltenen Maßnahmen weiter intensiviert bzw. Finanzmittel bereitgestellt werden, um die Lärminderungsmaßnahmen weiter vornan treiben zu können. Gerade Lärmkosten sind am wirkungsvollsten mit Minderungsmaßnahmen auf kommunaler Ebene zu reduzieren. Dies sollte ein Schwerpunkt der Landespolitik sein.
- (3) Im Rahmen seiner Möglichkeiten sollte sich der Freistaat für eine weitere Verschärfung der zulässigen **Lärmemissionsgrenzwerte** auf Bundes- und EU-Ebene einsetzen bzw. die Weiterführung oder die Neuauflegung von Forschungsprogrammen zur Lärminderung unterstützen.
- (4) Im **Schieneverkehr** ist eine Lärmemissionsabgabe als Aufschlag zu den Trassenpreisen das Mittel für eine Internalisierung. Allerdings kann auch diese nur auf Bundes- oder EU-Ebene eingeführt werden.
- (5) Im **Luftverkehr** sind neben dem Start- und Landeverbot für Maschinen mit Lärmgrenzwertüberschreitungen Lärmemissionsabgaben als Aufschlag zu Start- und Landegebühren als preisliche Internalisierungsmaßnahme die geeignetsten Mittel.
- (6) Im Bereich der **Binnenschifffahrt** existieren relativ geringe Lärmkosten. Deshalb sollte aus Effizienzgründen der Schwerpunkt auf der Lärmprävention liegen. Grundsätzlich wäre aber auch hier eine Lärmemissionsabgabe möglich. In den nachfolgenden Tabellen sind die verschiedenen Maßnahmen noch einmal nach Verkehrsträgern getrennt zusammengefasst.



<b>Internalisierungselemente für die externen Lärmkosten des Straßenverkehrs</b>			
	<b>Kommune</b>	<b>Land</b>	<b>Bund / EU</b>
sehr gut geeignet	Straßenbenutzungsgebühren (Stadtteile, einzelne Straßen)	Straßenbenutzungsgebühren (Ballungsraum)	Straßenbenutzungsgebühren (flächendeckend)
	lärmmindernde Fahrbahndecken	lärmmindernde Fahrbahndecken	Lärmemissionsabgabe als Aufschlag zu den Kfz-Steuern
	Geschwindigkeitsbegrenzungen	Schallschutzmaßnahmen an Straßen	Festlegung von Lärmemissionsvorschriften
	Schallschutzmaßnahmen an Straßen	Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)	Schallschutzmaßnahmen an Straßen
	Durchfahrverbote für Fahrzeuge mit bestimmten Emissionswerten	Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)	Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)
	Vorgabe von Umweltstandards bei der Ausschreibung von ÖPNV- und SPNV-Leistungen	Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung	Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)
	Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)		Förderung der Einführung von lärmarmen Motoren / Technologien
	Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)		Förderung der Forschung zur Verringerung der Lärmemissionen
	Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung		Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung
gut geeignet	Trennung von lärmintensiven und lärmsensiblen Nutzungen	Trennung von lärmintensiven und lärmsensiblen Nutzungen	
bedingt geeignet	Verkehrsflusssteuerung		Fahrverbote für Fahrzeuge mit bestimmten Emissionswerten
			Lärmabgabe als Zuschlag auf den Kraftstoffpreis
			Umbau bzw. Nachrüstung von Fahrzeugen



<b>Internalisierungselemente für die externen Lärmkosten des Schienenverkehrs</b>			
	Kommune	Land	Bund / EU
sehr gut geeignet	Schallschutzmaßnahmen an Gleisen	Schallschutzmaßnahmen an Gleisen	emissionsabhängige Abgabe für Schienenfahrzeuge / Aufschlag zu den Trassenpreisen
	Durchfahrverbote für Fahrzeuge mit bestimmten Emissionswerten	Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung	Festlegung von Lärmemissionsvorschriften
	Vorgabe von Umweltstandards bei der Ausschreibung von ÖPNV- und SPNV-Leistungen		Förderung der Einführung von lärmarmen Motoren / Technologien
	Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung		Umbau bzw. Nachrüstung von Fahrzeugen
			Schallschutzmaßnahmen an Gleisen
			Förderung der Forschung zur Verringerung der Lärmemissionen
			Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung
gut geeignet	Trennung von lärmintensiven und lärmsensiblen Nutzungen	Trennung von lärmintensiven und lärmsensiblen Nutzungen	
bedingt geeignet	Fahrverbote für Fahrzeuge mit bestimmten Emissionswerten	Fahrverbote für Fahrzeuge mit bestimmten Emissionswerten	Fahrverbote für Fahrzeuge mit bestimmten Emissionswerten
			Lärmabgabe als Zuschlag auf den Kraftstoffpreis

<b>Internalisierungselemente für die externen Lärmkosten des Luftverkehrs</b>			
	Kommune	Land	Bund / EU
sehr gut geeignet	Trennung von lärmintensiven und lärmsensiblen Nutzungen	Nachtflüge beschränken	Lärmemissionsabgabe als Aufschlag zu Start- und Landegebühren
		Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung	Trennung von lärmintensiven und lärmsensiblen Nutzungen
	Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung		Förderung der Einführung von lärmarmen Motoren / Technologien
			lärmreduzierende Start- und Landeprozeduren bei Flugzeugen
			Umbau bzw. Nachrüstung von Flugzeugen
	bedingt geeignet		
Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung			
bedingt geeignet			Startverbote für Flugzeuge mit bestimmten Emissionswerten
			Lärmabgabe als Zuschlag auf den Kraftstoffpreis



Internalisierungselemente für die externen Lärmkosten der Binnenschifffahrt			
	Kommune	Land	Bund / EU
sehr gut geeignet			emissionsabhängige Abgabe
			Festlegung von Lärmemissionsvorschriften
			Förderung der Einführung von lärmarmen Motoren / Technologien
			Umbau bzw. Nachrüstung von Fahrzeugen
			Förderung der Forschung zur Verringerung der Lärmemissionen
bedingt geeignet	Trennung von lärmintensiven und lärmsensiblen Nutzungen	Trennung von lärmintensiven und lärmsensiblen Nutzungen	Lärmabgabe als Zuschlag auf den Kraftstoffpreis

#### 4.5 Stau- und Wegekosten

##### 4.5.1 Vorgehensweise

(1) **Stau- und Wegekosten** werden bei den Internalisierungsmaßnahmen zusammen betrachtet, da sie mit denselben Methoden internalisiert werden können. Treten dennoch Unterschiede auf, wird bei den Beschreibungen der einzelnen Maßnahmen darauf hingewiesen.

(2) Zu Staukosten zählen vor allem **Zeitverluste**. Weitere Komponenten, wie die Erhöhung der Schadstoffemissionen, des Kraftstoffverbrauches oder der Unfallzahlen werden entweder bei den entsprechenden Komponenten mitgeführt oder sind im Vergleich zu den Zeitverlusten so gering, dass sie vernachlässigt werden können.

(3) Staukosten werden nur im **Straßenverkehr** betrachtet. Bei allen anderen Verkehrsträgern wird davon ausgegangen, dass durch eine geschickte Planung Stauungen vermieden werden können bzw. die Kapazität der zur Verfügung stehenden Infrastruktur groß genug ist, um Staus zu verhindern<sup>195</sup>.

(4) Kosten für Verkehrsinfrastrukturen lassen sich in zwei Komponenten aufteilen. Dies sind zum einen Fixkosten (z. B. Zinsen oder Abschreibungen), die unabhängig von der Auslastung der Verkehrswege anfallen. Daneben existieren variable Kosten, deren Höhe von der Belastung der Straße abhängig ist (z. B. Instandhaltungskosten). Um den Nutzern der Infrastruktur die Kosten effizient anlasten zu können, sollten diese Kostenanteile im Straßen- und Schienenverkehr<sup>196</sup> separat umgelegt werden<sup>197</sup>.

<sup>195</sup> Für eine weitere Diskussion der Staukosten in Sachsen siehe Kapitel 2.10.

<sup>196</sup> Bei einer genauen Betrachtung müsste dies auch im Luftverkehr und der Binnenschifffahrt geschehen. Auf Grund der Praktikabilität sollte aber darauf verzichtet und bei diesen Verkehrsträgern alle Kosten mittels einer Gebühr erhoben werden.

<sup>197</sup> Siehe dazu auch Kapitel 2.11.



#### 4.5.2 Maßnahmen zur Senkung der ungedeckten Kosten

##### Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)

Stau- und Wegekosten lassen sich langfristig reduzieren, wenn es gelingt, die Fahrleistungen zu vermindern, da dadurch der Bedarf nach Verkehrsinfrastrukturfläche sinkt.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	keine Aussage	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: +

##### Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)

Durch eine gezielte Bereitstellung von Verkehrsinfrastrukturen können Verkehre priorisiert werden, die geringe Infrastrukturkosten verursachen, bzw. ist es möglich, Verkehrsverlagerungen zu erzielen, die einen Stauabbau bewirken.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: +

##### Verkehrsflusssteuerung

Stauungen im Straßenverkehr lassen sich durch eine Steuerung des Verkehrsflusses verringern. Geeignete Elemente wären hier z. B. koordinierte Lichtsignalanlagen ("Grüne Wellen"), Pfortnerampeln, die Vorgabe von Richtgeschwindigkeiten oder verkehrstelematische Hilfsmittel. Bei Einsatz dieser Elemente besteht jedoch immer die Möglichkeit des Auftretens von induzierten Verkehren, die an anderer Stelle zu einer zusätzlichen Steigerung der externen Verkehrskosten (z. B. Klima) führen können.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	-	-	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune	Straße: -

##### Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung

Durch Öffentlichkeitsarbeit und Bewusstseinsbildung sollte die Notwendigkeit der Internalisierung der ungedeckten Infrastrukturkosten erläutert werden. Dies dürfte in diesem Fall besonders wichtig sein, da die heute erhobene Mineralölsteuer nur zum Teil für den Ausbau und Erhalt der Verkehrsinfrastruktur verwendet wird. Der Unterschied zwischen einer



allgemeinen Steuer und zweckgebundenen Abgaben sollte deshalb besonders betont werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
o	o	keine Aussage	+	keine Aussage	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: + Schiene: + Luft: + Wasser +

### 4.5.3 Maßnahmen zur Internalisierung der ungedeckten Kosten

#### Straßenbenutzungsgebühren

Mit Hilfe von Straßenbenutzungsgebühren ist es möglich, verschiedene Fahrzeuge mit unterschiedlichen Gebührenhöhen zu belasten. So könnten z. B. schwere Lkws, welche die Straßen besonders beanspruchen und für einen erhöhten Instandhaltungsaufwand verantwortlich sind, mit einer höheren Gebühr belastet werden als Pkws. Die Gebühren fallen nur an, wenn die Straßeninfrastruktur genutzt wird. Somit eignen sich Straßenbenutzungsgebühren zur Anlastung der variablen Kosten der Infrastruktur. Die rechtlichen Grundlagen müssten vor einer Einführung auf Bundes- oder EU-Ebene geschaffen werden. Die Gebührenhöhe sollte jedoch von der Verwaltungsebene festgesetzt werden, die für den Bau- und die Instandhaltung der Infrastruktur zuständig ist. Nachfolgend sind verschiedene Ausgestaltungsmöglichkeiten der Straßenbenutzungsgebühren aufgelistet.

- **Flächendeckende Straßenbenutzungsgebühren**

Die Einführung von flächendeckenden Straßenbenutzungsgebühren erfordert einen hohen finanziellen und technischen Aufwand<sup>198</sup>, ist aber das am besten geeignete Mittel, um eine effiziente und nachvollziehbare Gebührenanlastung vorzunehmen. Die Einführung kann nur auf der Bundes- oder EU-Ebene vorgenommen werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	-	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: +

<sup>198</sup> Es bestehen vielfältige Möglichkeiten bei der technischen Umsetzung der Gebührenerhebung. Abhängig davon können die Kosten des Systems erheblich variieren.



• **Straßenbenutzungsgebühren in Ballungsräumen**

In Ballungsräumen fallen auf Grund der großen Verkehrsdichte hohe Wege- und Staukosten an. Hier könnten Straßenbenutzungsgebühren Entlastungen schaffen. Dafür wird das Stadtgebiet oder der gesamte Ballungsraum in Zonen eingeteilt. Wird jeweils eine Grenze zwischen zwei Zonen überfahren, ist eine Gebühr zu entrichten.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	-	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Land	Straße: +

• **Straßenbenutzungsgebühren auf einzelnen Straßenabschnitten oder Stadtteilen**

Stehen die oben genannten Instrumente nicht zur Verfügung, könnten auf einzelnen Straßenabschnitten Straßenbenutzungsgebühren eingeführt werden, wenn diese beim Bau besonders teuer waren, kostenintensiv in der Unterhaltung sind, bzw. wenn auf diesen oft Stau herrscht. Dies könnte ebenso in verkehrlich sensiblen Stadtteilen zur Verkehrsmengenregulierung durchgeführt werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	-	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune	Straße: +

• **Elektronische erfasste Kilometersteuer für Schwerlastverkehre**

Schwerlastverkehre verursachen einen überdurchschnittlichen Aufwand bei den variablen Wegekosten. Deshalb können sie gesondert mit Abgaben belegt werden, wenn Systeme zur Erhebung einer Straßenbenutzungsgebühr nicht zur Verfügung stehen. Die zurückgelegten Strecken werden mittel GPS erfaßt und dem jeweiligen Eigentümer des Lkws in Rechnung gestellt. Die Einführung eines solchen Systems hätte allerdings hohe Investitionskosten zur Folge.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	-	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung:
Bund, EU	Straße: +



• **Vignette**

Die Vignette ist eine einfache und bereits heute praktizierte Methode, um variable Wegekosten einzelnen Fahrzeugen bzw. Fahrzeuggruppen (z. B. Schwerlastverkehren) anzulasten. Der Nachteil ist allerdings, dass dabei die Abgabe nur pauschal über einen Zeitraum, also unabhängig von den tatsächlich zurückgelegten Kilometern gezahlt werden kann.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	o	+	+	kurzfristig
Verantwortliche Planungsebene		Empfehlung zur Anwendung			
Bund, EU		Straße: o			

**Parkraumbewirtschaftung**

Parkraum kann bewirtschaftet werden, um die Kosten für Bau und Instandhaltung der Parkplätze zu internalisieren. Zudem könnte damit in staugefährdeten Gebieten oder Zeiten durch eine Anhebung der Preise für den Parkraum, die Verkehrsnachfrage und somit die Gefahr einer Staubildung auf hoch belasteten Straßen reduziert werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	o	+	kurzfristig
Verantwortliche Planungsebene		Empfehlung zur Anwendung			
Kommune		Straße: +			

**Mineralölsteuer, Kraftfahrzeugsteuer**

Mineralölsteuer und Kraftfahrzeugsteuer sind bereits heute angewendete und geeignete Instrumente, um die Kosten der Infrastruktur auf die Kraftfahrer umzulegen. Mit Hilfe von Zuschlägen auf die Kraftfahrzeugsteuer könnten die Fixkosten und mittels der Mineralölsteuer die variablen Kosten umgelegt werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	+	längerfristig
Verantwortliche Planungsebene		Empfehlung zur Anwendung			
Land, Bund, EU		Straße: +			



### Hafen- und Anlegegebühren

Über Hafen- und Anlegegebühren könnten die Infrastrukturkosten in der Binnenschifffahrt abgedeckt werden. Die Höhe der Gebühren sollte vom Eigentümer des Hafens festgelegt werden<sup>199</sup>.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	+	längerfristig
Verantwortliche Planungsebene		Empfehlung zur Anwendung			
Kommune, Land, Bund		Wasser: +			

### Wasserstraßenbenutzungsgebühren

Kosten für die Instandhaltung von Wasserstraßen und besonderen Verkehrsbauwerken (Kanäle, Schleusen usw.) könnten durch Benutzungsgebühren internalisiert werden, die bei der Durchfahrt durch diese zu zahlen<sup>20</sup>.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	+	längerfristig
Verantwortliche Planungsebene		Empfehlung zur Anwendung			
Kommune, Land, Bund, EU		Wasser: +			

### Start- und Landegebühren

Die bereits heute üblichen Start- und Landegebühren stellen ein geeignetes Mittel dar, um die Infrastrukturkosten des Luftverkehrs zu internalisieren<sup>20</sup>.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	+	längerfristig
Verantwortliche Planungsebene		Empfehlung zur Anwendung			
Kommune, Land, Bund, EU		Luft: +			

<sup>199</sup> Eigentümer können Kommunen, Länder, der Bund und auch private Gesellschaften sein. Deshalb ist in diesem Fall die Zuordnung der verantwortlichen Planungsebene in Kommune, Land, Bund, EU nicht eindeutig zuordenbar.



### Erhebung von Trassenpreisen

Trassenpreise als Entgelt zur Nutzung der Schieneninfrastruktur sind bereits heute üblich und sollten auch zukünftig zur Anlastung der Infrastrukturkosten genutzt werden. Trassenpreise eignen sich zur Anlastung der variablen Infrastrukturkosten.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	+	längerfristig
Verantwortliche Planungsebene		Empfehlung zur Anwendung			
Bund, EU		Schiene: +			

### Zugangslizenz für das Schienennetz

In [ECME 1998] wird zur Anlastung der Infrastrukturfixkosten im Schienenverkehr eine Zugangslizenz vorgeschlagen. Verkehrsunternehmen, die die Schieneninfrastruktur nutzen wollen, erhalten durch den Kauf der Lizenz das Nutzungsrecht für einen festgelegten Zeitraum. Diese Methode wird in Großbritannien bereits praktiziert und könnte auf Deutschland übertragen werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	+	längerfristig
Verantwortliche Planungsebene		Empfehlung zur Anwendung			
Bund, EU		Schiene: +			

#### 4.5.4 Zusammenstellung der Maßnahmen zur Reduzierung der ungedeckten Infrastrukturkosten

(1) Im Straßenverkehr stellt eine **Raumordnungspolitik**, welche die Verkehrsnachfrage reduziert und damit ebenso den Bedarf nach Verkehrsinfrastruktur, als nicht preisliche Maßnahme die am besten geeignete Maßnahme dar. Zusätzlich sollte durch die Gestaltung der Verkehrsinfrastruktur der Rad-, Fuß- und der Öffentliche Verkehr priorisiert werden, da hier pro Fahrt im Vergleich zum Individualverkehr eine weniger kostenintensive Verkehrsinfrastruktur benötigt wird.

(2) Als preisliches Internalisierungselement eignen für die Anlastung der variablen Kosten **Straßenbenutzungsgebühren**, die je nach gewünschtem Standard in verschiedenen Qualitätsstufen realisiert werden können. Die rechtlichen Grundlagen für die Einführung müssten auf Bundes- oder EU-Ebene geschaffen werden. Die Gebührenhöhe sollte jedoch von der Verwaltungsebene festgesetzt werden, die für den Bau und die Instandhaltung der Infrastruktur zuständig ist. Die Fixkosten sollen durch einen Zuschlag auf die Kraftfahrzeugsteuer erhoben werden.

(3) Im **Schienenverkehr** sollten die variablen Kosten über die bereits heute üblichen Trassenpreise und die Fixkosten über eine Zugangslizenz erhoben werden. Im **Luftverkehr** sind Start- und Landegebühren, die durch den Flughafenbetreiber erhoben werden, das Mittel zur Anlastung der Infrastrukturkosten. Im **Binnenschiffsverkehr** bieten sich Hafen- und



Anlegegebühren und Wasserstraßenbenutzungsgebühren zur Deckung der Infrastrukturkosten an.

(4) Der **Freistaat Sachsen** sollte deshalb bundes- und EU-weite Aktivitäten unterstützen, die sich für die genannten Maßnahmen einsetzen. Im Bereich der nicht preislichen Maßnahmen sollte der Schwerpunkt auf einer verkehrsvermeidenden Gestaltung der Raumstruktur liegen. Nachfolgend sind die verschiedenen Maßnahmen noch einmal in tabellarischer Form aufgelistet.

<b>Instrumente zur Reduzierung der ungedeckten Infrastrukturkosten im Straßenverkehr</b>			
	Kommune	Land	Bund / EU
sehr gut geeignet	Straßenbenutzungsgebühren auf einzelnen Straßenabschnitten oder Stadtteilen	Straßenbenutzungsgebühren in Ballungsräumen	Mineralölsteuer, Kraftfahrzeugsteuer
	Parkraumbewirtschaftung	Straßenbenutzungsgebühren auf einzelnen Straßenabschnitten	flächendeckende Straßenbenutzungsgebühren
	Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)	Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)	elektronische erfasste Kilometersteuer für Schwerlastverkehre
	Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)	Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)	Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)
	Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung	Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung	Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)  Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung
gut geeignet			Vignette

<b>Instrumente zur Reduzierung der ungedeckten Infrastrukturkosten im Schienenverkehr</b>			
	Kommune	Land	Bund / EU
sehr gut geeignet			Trassenpreise
			Zugangslizenz für das Schienennetz
			Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung

<b>Instrumente zur Reduzierung der ungedeckten Infrastrukturkosten im Luftverkehr</b>			
	Kommune	Land	Bund / EU
sehr gut geeignet	Start- und Landegebühren	Start- und Landegebühren	Start- und Landegebühren
			Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung



Instrumente zur Reduzierung der ungedeckten Infrastrukturkosten bei der Binnenschifffahrt			
	Kommune	Land	Bund / EU
sehr gut geeignet	Hafen- und Anlegegebühren	Hafen- und Anlegegebühren	Hafen- und Anlegegebühren
	Wasserstraßenbenutzungsgebühren	Wasserstraßenbenutzungsgebühren	Wasserstraßenbenutzungsgebühren Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung

#### 4.5.5 Zusammenstellung der Maßnahmen zur Reduzierung der Staukosten

(1) Analog zur Deckung der ungedeckten Infrastrukturkosten des Straßenverkehrs bieten sich zur Reduzierung der Staukosten im nicht preislichen Bereich eine verkehrsnachfragevermindernde **Raumstruktur** und eine Verkehrsinfrastruktur, die Rad-, Fuß-, und Öffentlichen Verkehr priorisiert, an. Im preislichen Maßnahmenbereich sind **Straßenbenutzungsgebühren** das am besten geeignete Element, die wiederum in verschiedenen Ausbaustandards installiert werden können. Alle Maßnahmen sollten auf kommunaler Ebene oder Landesebene durchgeführt werden. Die rechtlichen Rahmenbedingungen müssen jedoch zuvor auf Bundes- oder EU Ebene geschaffen werden.

(2) Der **Freistaat Sachsen** sollte sich deshalb, auch im Hinblick auf eine Reduzierung der ungedeckten Staukosten, für eine schnelle Bundes- oder EU-weite Einführung der genannten Maßnahmen einsetzen. Auch im Bereich der nicht preislichen Maßnahmen sollte der Schwerpunkt auf einer verkehrsvermeidenden Gestaltung der Raumstruktur liegen, mit der Wege- und Staukosten reduziert werden können. Nachfolgend sind die verschiedenen Maßnahmen noch einmal in tabellarischer Form aufgelistet.



Instrumente zur Reduzierung der Staukosten im Straßenverkehr			
	Kommune	Land	Bund / EU
sehr gut geeignet	Straßenbenutzungsgebühren in Ballungsräumen	Straßenbenutzungsgebühren in Ballungsräumen	flächendeckende Straßenbenutzungsgebühren
	Straßenbenutzungsgebühren auf einzelnen Straßenabschnitten oder Stadtteilen	Straßenbenutzungsgebühren auf einzelnen Straßenabschnitten oder Stadtteilen	Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)
	Parkraumbewirtschaftung	Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)	Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)
	Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)	Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)	Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung
	Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)	Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung	
	Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung		
bedingt geeignet	Verkehrsflusssteuerung		

## 4.6 Klimakosten

### 4.6.1 Vorgehensweise

(1) Klimakosten sind Kosten, die durch die Veränderung des Klimas (bedingt durch menschliches Handeln) hervorgerufen werden. Die Ursache für diese Veränderung ist der vermehrte Ausstoß von Gasen, welche die Treibhauswirkung der Atmosphäre verstärken. Hauptsächlich handelt es sich dabei um Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>). Neben diesem gibt es aber noch eine Reihe von weiteren Treibhausgasen wie z. B. Methan (CH<sub>4</sub>), Kohlenmonoxid (CO) und Stickoxide (NO<sub>x</sub>). Kohlendioxid ist von allen Treibhausgasen das quantitativ Bedeutendste, deshalb konzentriert sich dieser Abschnitt auf Internalisierungsstrategien zur Reduktion dieses Gases. Die Höhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist direkt von der verbrauchten Kraftstoffmenge abhängig.

(2) Neben CO<sub>2</sub> haben **Stickoxide**, die von Flugzeugen in deren Reiseflughöhen emittiert werden, eine erhebliche Treibhauswirkung. Sie werden deshalb ebenfalls mit in die Betrachtung eingeschlossen. Für die Internalisierung aller anderen Stoffe eignen sich Methoden, wie sie in Kapitel 4.3 entwickelt worden sind.



#### 4.6.2 Maßnahmen zur Senkung der externen Kosten

##### Raumordnungspolitik

Die erfolgsversprechendste Maßnahme zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen liegt in einer Raum- und Verkehrsplanung, welche kurze Wege zwischen Quelle und Ziel fördert: Wege, die mit niedrigen Geschwindigkeiten und öffentlichen Verkehrsmitteln bzw. zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückgelegt werden können. Durch die Prüfung von Maßnahmen zur Wirtschaftsförderung hinsichtlich deren verkehrlicher Wirkung können verkehrlich optimale Standorte ausgewählt werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	keine Aussage	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: +

##### Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)

Durch eine gezielte Bereitstellung von Verkehrsinfrastrukturen können Verkehre priorisiert werden, die geringe externe Klimakosten verursachen (z. B. eine Förderung des Radverkehrs durch die Schaffung von Radverkehrsanlagen).

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: +

##### Entwicklung und Einsatz alternativer Kraftstoffe und Antriebe

Ein weiterer Ansatz zur Reduzierung der externen Klimakosten liegt in der Entwicklung und dem Einsatz alternativer Kraftstoffe und Antriebe.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	keine Aussage	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: + Schiene: + Luft: + Wasser: +



### Festlegung von CO<sub>2</sub>-Grenzwerten

Ähnlich den Grenzwerten zur Begrenzung von Schadstoffemissionen könnten CO<sub>2</sub>-Grenzwerte pro Fahrzeugkilometer eingeführt werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	keine Aussage	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: + Schiene: + Luft: + Wasser: +

### Vorgabe von Umweltstandards bei der Ausschreibung von ÖPNV- und SPNV-Leistungen

Bei der Vergabe von ÖPNV und SPNV-Leistungen können durch die Aufgabenträger Umweltstandards festgesetzt werden, die auch Aussagen über den maximal zulässigen Kraftstoffverbrauch pro Fahrzeugkilometer enthalten können (siehe auch S. 126).

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	+	kurzfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune	Straße: + Schiene: +

### Förderung der Einführung von verbrauchsarmen Motoren / Technologien

Durch Förderprogramme könnten verbrauchsarme Motoren und Technologien verstärkt bei Neufahrzeugen eingesetzt werden und so schneller den Kraftstoffverbrauch der Fahrzeugflotte reduzieren.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: + Schiene: + Luft: + Wasser: +



### Umbau und Nachrüstung von Fahrzeugen

Mit Hilfe von Nachrüstprogrammen könnten auch die sich bereits im Einsatz befindlichen Binnenschiffe sowie Fahr- und Flugzeuge mit neueren, verbrauchsärmeren Motoren und Technologien ausgerüstet werden. Aus Effizienzgründen (Lebensdauer der Fahrzeuge) sollten sich Nachrüstprogramme auf Binnenschiffe, Schienen-, Luftfahrzeuge beschränken.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: - Schiene: + Luft: + Wasser: +

### Geschwindigkeitsbegrenzungen

Da mit zunehmender Geschwindigkeit der Kraftstoffverbrauch steigt, kann ein Tempolimit einen unterstützenden Beitrag zur Verringerung der externen Klimakosten leisten.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	-	kurzfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: +

### Förderung der Forschung

Die Förderung der Forschung sollte sich sowohl auf den Ansatz der Entwicklung und des Einsatzes alternativer Kraftstoffe und Antriebe, die Weiterentwicklung konventioneller Motoren mit dem Ziel der Verbrauchsminimierung und Effektivitätssteigerung als auch auf die Weiterentwicklung von verkehrsvermeidenden Siedlungsstrukturen erstrecken.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	keine Aussage	+	keine Aussage	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: + Schiene: + Luft: + Wasser: +



### Reduzierung der NO<sub>x</sub>-Emissionen im Flugverkehr

Die von Flugzeugen in den Reiseflughöhen emittierten NO<sub>x</sub>-Emissionen besitzen eine erhebliche Klimawirkung. Deshalb können Minderungsmaßnahmen (technische Verbesserungen, Festlegung von neuen Grenzwerten usw.) klimaentlastende Wirkungen besitzen.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	o	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Luft: +

### Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung

Öffentlichkeitsarbeit und Bewusstseinsbildung können einen Beitrag für einen bewussteren Umgang mit Mobilität und Verkehr leisten. Ziel sollte hierbei sein, Alternativen zur Auto- oder Flugzeugnutzung aufzuzeigen und die Kosten und längerfristigen Folgen der jeweiligen Verkehrsmittelnutzungen darzustellen. Als begleitendes Instrument ist eine gezielte Öffentlichkeitsarbeit und Bewusstseinsbildung in Zusammenhang mit anderen Maßnahmen unerlässlich - besonders bei der Einführung von Internalisierungsstrategien.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
o	o	keine Aussage	+	keine Aussage	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land, Bund, EU	Straße: + Schiene: + Luft: + Wasser: +



### 4.6.3 Maßnahmen zur Internalisierung der externen Kosten

#### CO<sub>2</sub> - Abgabe auf den Kraftstoffpreis

Die wirksamste Methode für die Internalisierung der externen Klimakosten des Verkehrs ist die Einführung einer CO<sub>2</sub>-Abgabe. Diese könnte auf den Kraftstoffpreis aufgeschlagen werden, da ein direkter Zusammenhang zwischen verbrauchtem Kraftstoff und erzeugter CO<sub>2</sub>-Menge existiert. Die Maßnahme könnte in allen Verkehrsbereichen (Straße, Schiene, Luft und Binnenschifffahrt) angewendet werden. Lediglich im Schienenverkehr sollten bei den elektrischen Antrieben die externen Kosten der Stromerzeugung direkt den Kraftwerken (siehe Kapitel 4.3.1) angelastet werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	+	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Bund, EU	Straße: + Schiene: + Luft: + Wasser: +

#### Straßenbenutzungsgebühren in Ballungsräumen, auf einzelnen Straßenabschnitten oder Stadtteilen, Parkraumbewirtschaftung

Mit Hilfe von Straßenbenutzungsgebühren und einer Parkraumbewirtschaftung wird die Fahrt verteuert und somit durch den Rückgang der Nachfrage oder der Wahl eines anderen Verkehrsmittels indirekt Kraftstoff eingespart und CO<sub>2</sub> reduziert. Grundsätzlich erscheint aber eine allgemeine CO<sub>2</sub>-Abgabe geeigneter, da bei dieser der Zusammenhang zwischen der Höhe der Abgabe und den erzeugten CO<sub>2</sub>-Emissionen direkter gegeben ist. Die Instrumente Roadpricing und Parkraumbewirtschaftung sollten daher verwendet werden, wenn sich eine CO<sub>2</sub>-Abgabe auf EU- oder Bundesebene nicht durchsetzen lässt, eine Kommune aber trotzdem eine Internalisierung der Klimakosten auf ihrem Hoheitsgebiet durchführen will. Die Höhe der Internalisierungsgebühr könnte auf der Grundlage von durchschnittlichen Fahrweiten und Schadstoffemissionen ermittelt werden.

Effektivität	Kosten	Gerechtigkeit	Transparenz	Durchsetzbarkeit	Einführ./Wirkung
+	-	+	+	+	längerfristig

Verantwortliche Planungsebene	Empfehlung zur Anwendung
Kommune, Land	Straße: +

### 4.6.4 Zusammenstellung der Maßnahmen

(1) Externe Klimakosten des Straßenverkehrs lassen sich gut mit **nicht preislichen Instrumenten**, v.a. durch eine verkehrsleistungsreduzierende Raum- und



Verkehrsinfrastruktur, reduzieren. Diese sollte auf kommunaler und Landesebene umgesetzt werden. Außerdem sollte sich der Freistaat Sachsen für Bundesprogramme zur Förderung der Forschung verbrauchsmindernder Technologien und der Entwicklung und dem Einsatz alternativer Kraftstoffe und Antriebe, die alle Verkehrsträger umfassen sollten, einsetzen.

(2) Im preislichen Sektor ist eine **CO<sub>2</sub>-Abgabe** auf alle Kraftstoffe und alle Verkehrsarten das favorisierte Element. Diese kann aber nur auf Bundes- oder EU-Ebene eingeführt werden. Dafür sollte sich Sachsen im Rahmen des Möglichen engagieren.

(3) Als begleitendes Instrument sollten zudem Maßnahmen zur **Bewusstseinsbildung** durchgeführt werden, die auf allen Verwaltungsebenen angesiedelt sein könnten. In den nachfolgenden Tabellen sind die Maßnahmen noch einmal dargestellt.

Instrumente zur Reduzierung der externen Klimakosten des Straßenverkehrs			
	Kommune	Land	Bund / EU
sehr gut geeignet	Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)	Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)	CO <sub>2</sub> - Abgabe auf den Kraftstoffpreis
	Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)	Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)	Festlegung von CO <sub>2</sub> -Grenzwerten
	Vorgabe von Umweltstandards bei der Ausschreibung von ÖPNV- und SPNV-Leistungen	Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung	Geschwindigkeitsbegrenzungen
	Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung		Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)
			Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)
			Entwicklung und Einsatz alternativer Kraftstoffe und Antriebe
			Förderung der Einführung von verbrauchsarmen Motoren / Technologien
			Förderung der Forschung
	Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung		
gut geeignet	Straßenbenutzungsgebühren auf einzelnen Straßenabschnitten oder Stadtteilen, Parkraumbewirtschaftung	Straßenbenutzungsgebühren in Ballungsräumen	
bedingt geeignet			Umbau und Nachrüstung von Fahrzeugen



<b>Instrumente zur Reduzierung der externen Klimakosten des Schienenverkehrs</b>			
	Kommune	Land	Bund / EU
sehr gut geeignet	Vorgabe von Umweltstandards bei der Ausschreibung von ÖPNV- und SPNV-Leistungen	Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung	CO <sub>2</sub> - Abgabe auf den Kraftstoffpreis
			Entwicklung und Einsatz alternativer Kraftstoffe und Antriebe
	Förderung der Einführung von verbrauchsarmen Motoren / Technologien		
	Umbau und Nachrüstung von Fahrzeugen		
	Förderung der Forschung		
	Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung		
	Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung		

<b>Instrumente zur Reduzierung der externen Klimakosten des Luftverkehrs</b>			
	Kommune	Land	Bund / EU
sehr gut geeignet	Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung	Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung	CO <sub>2</sub> - Abgabe auf den Kraftstoffpreis
			Entwicklung und Einsatz alternativer Kraftstoffe und Antriebe
			Förderung der Einführung von verbrauchsarmen Motoren / Technologien
			Umbau und Nachrüstung von Fahrzeugen
			Reduzierung der NO <sub>x</sub> -Emissionen im Flugverkehr
			Förderung der Forschung
			Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung



<b>Instrumente zur Reduzierung der externen Klimakosten des Binnenschiffsverkehrs</b>			
	Kommune	Land	Bund / EU
sehr gut geeignet	Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung	Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung	CO <sub>2</sub> - Abgabe auf den Kraftstoffpreis
			Entwicklung und Einsatz alternativer Kraftstoffe und Antriebe
			Förderung der Einführung von verbrauchsarmen Motoren / Technologien
			Umbau und Nachrüstung von Fahrzeugen
			Förderung der Forschung
			Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung



## 4.7 Sonstige externe Kosten

### 4.7.1 Auswirkungen des Verkehrs auf Natur und Landschaft, urbane Effekte

(1) **Natur und Landschaft** werden durch den Verkehr in vielfältiger Weise beeinträchtigt. So z. B. durch:

- Trennwirkungen (Barriere-Effekte)<sup>200</sup>
- Verminderung des Wertes von Landschaften
- Ressourcenverzehr (z. B. Flächenverbrauch)
- Verschmutzung von Boden und Grundwasser (z. B. durch Streusalzeintrag, Kraft- und Schmierstoffverluste, Brems- und Reifenabrieb, sowie Verschmutzung durch Unfälle besonders von Gefahrguttransporten)

(2) **Urbane Effekte** treten vor allem in Ballungsräumen auf, welche durch hohe Verkehrsdichten und dichte Verkehrsnetze gekennzeichnet sind und sich durch eine überdurchschnittliche Zahl an Betroffenen auszeichnen<sup>201</sup>. Die wichtigsten Effekte sind hier:

- Zeitverluste für Fußgänger durch die Trennwirkung von Straßen
- Probleme der Flächennutzungskonkurrenz
- Erschütterungen
- Visuelle Effekte durch hohe Verkehrsaufkommen und die Infrastruktur<sup>202</sup>

(3) Sowohl die Kostenpunkte Natur und Landschaft als auch die urbanen Effekte setzen sich aus vielen verschiedenen Einzelementen zusammen. Damit ist in beiden Fällen keine allgemeine Internalisierungsstrategie anwendbar. Jedes einzelne Element erfordert seine eigenen Maßnahmen. Grundsätzlich sollte aber nach [INFRAS/IWW 1995] folgendermaßen vorgegangen werden:

1. Alle Effekte, die durch den **Bau und der Unterhaltung der Infrastruktur** hervorgerufen werden, wie z. B.

- Trennwirkungen (Barriere-Effekte),
- Verminderung des Wertes von Landschaften
- Ressourcenverzehr (z. B. Flächenverbrauch)
- Probleme der Flächennutzungskonkurrenz

<sup>200</sup> Trennwirkungen sind zudem auch von der Verkehrsstärke abhängig. Also müsste diese Kostenart in einen fixen und variablen Teil aufgespalten werden, zur Diskussion der Wirkungen des Verkehrs auf Natur und Landschaft siehe auch Kapitel 2.7.

<sup>201</sup> Siehe dazu auch Kapitel 2.8 und 2.9.

<sup>202</sup> Auch hier müsste strenggenommen eine Unterteilung in einen fixen und einen variablen Teil erfolgen.



sollten den Verkehrsteilnehmern als Zuschlag zu dem Fixkostenanteil der Infrastruktur angelastet werden<sup>203</sup>.

2. Kosten, die während des **Betriebes** entstehen, also von der Verkehrsleistung abhängen wie z. B.

- die Verschmutzung von Boden und Grundwasser (z. B. durch Streusalzeintrag, Kraft- und Schmierstoffverluste, Brems- und Reifenabrieb, sowie Verschmutzung durch Unfälle besonders von Gefahrguttransporten)
- Zeitverluste für Fußgänger durch die Trennwirkung von Straßen
- Erschütterungen
- Visuelle Effekte durch hohe Verkehrsaufkommen und die Infrastruktur

sollten den Verkehrsteilnehmern als variable Kosten mit geeigneten Methoden (z. B. Streusalzeintrag, Kraft- und Schmierstoffverluste, Brems- und Reifenabrieb als Zuschlag zu den Kraftstoffpreisen, die Verschmutzung durch Unfälle als Zuschlag zu den Unfallkosten, usw., angelastet werden.

(4) Die genaue Größe und Wirkung dieser Effekte ist im Gegensatz zu anderen externen Kostenkomponenten unsicher, die in Kapitel 2.7 bis 2.9 berechneten Werte stellen eine **Untergrenze** der tatsächlich zu erwartenden Kosten dar. Deshalb existieren auch noch Unsicherheiten hinsichtlich angemessener Internalisierungsstrategien. Werden aber alle anderen Kostenarten vollständig internalisiert, wird dies zu Veränderungen im Verkehrssystem führen (Rückgang der Nachfrage, Veränderungen im Modal Split usw.), die wiederum einen Rückgang der externen Kosten bei Natur und Landschaft als auch bei den urbanen Effekten bewirken.

(5) Wir empfehlen an dieser Stelle, in Zukunft vermehrt **Grundlagenforschung** speziell zu diesen zwei Kostenarten durchzuführen und so die zur Zeit vorhandenen Wissenslücken zu schließen, um anschließend die Effekte stärker in Internalisierungsstrategien einflechten zu können.

#### 4.7.2 Externe Kosten von vor- und nachgelagerten Prozessen

(1) Externe Kosten vor- und nachgelagerter Prozesse entstehen im Vor- oder Nachlauf des Verkehrs, so z. B. durch die Produktion, Instandhaltung und Entsorgung der Verkehrsmittel oder bei der Bereitstellung der Kraftstoffe. Nach der Tinbergen-Regel (siehe Kapitel 4.1.3) sollte die Internalisierung direkt an der Quelle der Entstehung und mit dafür speziell geeigneten Maßnahmen geschehen. Nur auf diese Weise kann eine optimale und effiziente Internalisierung erfolgen. Deshalb sollten die externen Effekte direkt in den vor- und nachgelagerten Prozessen internalisiert werden und nicht im Verkehrssektor.

<sup>203</sup> Siehe hierfür Kapitel Stau- und Wegekosten



#### 4.8 Entwicklung von Maßnahmenpaketen

- (1) Nachfolgend werden alle beschriebenen Maßnahmen noch einmal getrennt nach
- Verkehrsträgern,
  - zuständiger Verwaltungsebene und
  - kurz- und längerfristig umsetzbaren Elementen

dargestellt. Es wird angegeben, mit welchen Maßnahmen die verschiedenen Kostenarten internalisiert und / oder reduziert werden können. Bei genauerer Betrachtung wird schnell klar, dass in den meisten Fällen alle Kostenarten mehr oder weniger durch alle Internalisierungsmaßnahmen beeinflusst werden. Deshalb sind an dieser Stelle nur die direktesten und offenkundigsten Zusammenhänge gekennzeichnet. Diese sind unterteilt in die nachfolgenden Kriterien:

Kriterium	Beschreibung
+	Die Maßnahme ist zur Internalisierung der Kostenart sehr gut geeignet.
o	Die Maßnahme ist zur Internalisierung der Kostenart gut geeignet.
-	Die Maßnahme ist zur Internalisierung der Kostenart bedingt geeignet.

(2) In den nachfolgenden Tabellen sind die zusammengefassten Maßnahmen zu finden. Die Tabellen sind wie folgt geordnet:

1. Maßnahmen der Kommunen - kurzfristig
2. Maßnahmen der Kommunen - längerfristig
3. Maßnahmen der Länder - kurzfristig
4. Maßnahmen der Länder - längerfristig
5. Maßnahmen des Bundes / der EU - kurzfristig
6. Maßnahmen des Bundes / der EU - längerfristig

(3) Fehlen Tabellen in den in den einzelnen Abschnitten, gibt es in der entsprechenden Kategorie keine geeigneten Internalisierungsmaßnahmen. Da die Kennzeichnung der Maßnahmen in den Tabellen nur sehr kurz möglich gehalten wurde, um die Lesbarkeit zu gewährleisten, wird mit Hilfe der Seitenangaben auf die jeweiligen detaillierten Beschreibungen der Maßnahmen verwiesen.



### Internalisierungselemente des Straßenverkehrs

1. Straßenverkehr, Kommune - kurzfristig						
Maßnahmen	Kostenart					
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Staukosten	Klimakosten
Geschwindigkeitsbegrenzungen	+	0	+			
	(S. 114)	(S.127)	(S.136)			
örtliche Fahrverbote, Trennung von Verkehrsmitteln	0					
	(S. 114)					
Vorgabe von Umweltstandards bei der Ausschreibung von ÖPNV- und SPNV-Leistungen		+	+			+
		(S. 126)	(S. 138)			(S. 160)
Durchfahrverbote für Fahrzeuge mit bestimmten Emissionswerten			+			
			(S.138)			
Parkraumbewirtschaftung		-		+	+	0
		(S.129)		(S.153)	(S.153)	(S.160)

2. Straßenverkehr, Kommune - längerfristig						
Maßnahmen	Kostenart					
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Staukosten	Klimakosten
lärmmindernde Fahrbahndecken			+			
			(S.136)			
Schallschutzmaßnahmen an Straßen			+			
			(S.141)			
Trennung von lärmintensiven und lärmsensiblen Nutzungen			0			
			(S.141)			
Verkehrsflußsteuerung		-	-		-	
		(S.127)	(S.137)		(S.150)	
Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)	-	+	+	+	+	+
	(S.116)	(S.124)	(S.140)	(S.150)	(S.150)	(S.159)
Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)	+	+	+	+	+	+
	(S.116)	(S.124)	(S.140)	(S.150)	(S.150)	(S.159)
Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung		+	+	+	+	+
		(S.128)	(S.143)	(S.150)	(S.150)	(S.162)
Ausbildung / Schulung von gefährdeten Verkehrsteilnehmern	+					
	(S.117)					
Fahrerbildungsprogramme	+					
	(S.117)					
Straßenbenutzungsgebühren auf einzelnen Straßenabschnitten oder Stadtteilen		0	+	+	+	+
		(S.129)	(S.145)	(S.152)	(S.152)	(S.160)



3. Straßenverkehr, Land - kurzfristig						
Maßnahmen	Kostenart					
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Staukosten	Klimakosten
Geschwindigkeitsbegrenzungen	+	o				
	(S. 114)	(S.127)				
Fahrzeug-Prüfaktionen / Lichttests	+					
	(S.117)					
Verkehrsüberwachung	+					
	(S. 114)					
örtliche Fahrverbote, Trennung von Verkehrsmitteln	o					
	(S.114)					

4. Straßenverkehr, Land - längerfristig						
Maßnahmen	Kostenart					
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Staukosten	Klimakosten
lärmmindernde Fahrbahndecken			+			
			(S.136)			
Schallschutzmaßnahmen an Straßen			+			
			(S.141)			
Trennung von lärmintensiven und lärmsensiblen Nutzungen			o			
			(S.141)			
Verkehrsflußsteuerung		-				
		(S.127)				
Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)	-	+	+	+	+	+
	(S.116)	(S.124)	(S.140)	(S.150)	(S.150)	(S.159)
Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)	+	+	+	+	+	+
	(S.116)	(S.124)	(S.140)	(S.150)	(S.150)	(S.159)
Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung		+	+	+	+	+
		(S.128)	(S.143)	(S.150)	(S.150)	(S.162)
Ausbildung / Schulung von gefährdeten Verkehrsteilnehmern	+					
	(S.117)					
Fahrer Ausbildungsprogramme	+					
	(S.117)					
Aufschlag auf Kfz- Steuern		o	o	+		
		(S.129)	(S.143)	(S.153)		
Straßenbenutzungsgebühren in Ballungsräumen		o	+	+	+	+
		(S.129)	(S.145)	(S.152)	(S.152)	(S.160)



5. Straßenverkehr, Bund / EU - kurzfristig						
Maßnahmen	Kostenart					
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Staukosten	Klimakosten
Geschwindigkeitsbegrenzungen	+ (S. 114)	0 (S.127)				+ (S. 161)
Förderung von schadstoffarmen Kraftstoffen		+ (S.123)				
Fahrzeug-Prüfaktionen / Lichttests	+ (S.117)					
Kontrollen am Straßenrand		- (S.125)				
Vignette				0 (S.153)		



6. Straßenverkehr, Bund / EU - längerfristig						
Maßnahmen	Kostenart					
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Staukosten	Klimakosten
Verkehrssicherheitsvorschriften	+					
	(S.115)					
strengere Emissionsstandards		+	+			
		(S.125)	(S.139)			
Festlegung von CO <sub>2</sub> -Grenzwerten						+
						(S. 160)
Konstruktive Änderungen beim Bau von neuen Fahrzeugen	+					
	(S.115)					
Förderung von schadstoffarmen Kraftstoffen		+				
		(S.123)				
Entwicklung und Einsatz alternativer Kraftstoffe und Antriebe						+
						(S.159)
Förderung der Einführung von emissionsarmen / verbrauchsarmen Motoren / Technologien		+	+			+
		(S.123)	(S.137)			(S.160)
Umbau und Nachrüstung von Fahrzeugen	-	-	-			-
	(S.115)	(S.123)	(S.138)			(S.161)
regelmäßige Abgasuntersuchungen der Fahrzeuge		O				
		(S.124)				
Schallschutzmaßnahmen an Straßen			+			
			(S.141)			
Fahrverbote für Fahrzeuge mit bestimmten Emissionswerten		-	-			
		(S.126)	(S.137)			
Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)	+	+	+	+	+	+
	(S.116)	(S.124)	(S.140)	(S.150)	(S.150)	(S.159)
Raumordnungspolitik (langfristige Rahmenbedingungen)	-	+	+	+	+	+
	(S.116)	(S.124)	(S.140)	(S.150)	(S.150)	(S.159)
Förderung der Forschung		+	+			+
		(S.127)	(S.142)			(S.161)
Förderung der Forschung zur Verbesserung der Verkehrssicherheit	+					
	(S.116)					
Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung		+	+	+	+	+
		(S.128)	(S.143)	(S.150)	(S.150)	(S.162)
Ausbildung / Schulung von gefährdeten Verkehrsteilnehmern	+					
	(S.117)					
Fahrer Ausbildungsprogramme	+					
	(S.117)					
Aufschlag auf Kfz- Steuern		+	+	+		
		(S.129)	(S.143)	(S.153)		
zusätzliche Abgabe auf den Kraftstoffpreis		-	-	+		+
		(S.130)	(S.145)	(S.153)		(S.163)
Ermittlung der Steuern mittels Emissionsmessgerät		+				
		(S.130)				
elektronische erfasste Kilometersteuer für Schwerlastverkehre				+		
				(S.152)		
Straßenbenutzungsgebühren auf einzelnen Straßenabschnitten	-					
	(S.118)					
flächendeckende Straßenbenutzungsgebühren		O	+	+	+	
		(S.129)	(S.145)	(S.151)	(S.151)	



erweiterter Umfang der Zwangsversicherung	+					
	(S.118)					

**Internalisierungselemente des Schienenverkehrs**

<b>1. Schienenverkehr, Kommune - kurzfristig</b>					
Maßnahmen	Kostenart				
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Klimakosten
Vorgabe von Umweltstandards bei der Ausschreibung von ÖPNV- und SPNV-Leistungen		+	+		+
		(S. 126)	(S. 138)		(S. 160)
Durchfahrverbote für Fahrzeuge mit bestimmten Emissionswerten			+		
			(S.138)		

<b>2. Schienenverkehr, Kommune - längerfristig</b>					
Maßnahmen	Kostenart				
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Klimakosten
Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung			+		+
			(S.143)		(S.162)
Fahrverbote für Fahrzeuge mit bestimmten Emissionswerten		-	-		
		(S. 126)	(S. 137)		
Schallschutzmaßnahmen an Gleisen			+		
			(S.141)		
Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)	+				
	(S.116)				
Trennung von lärmintensiven und lärmsensiblen Nutzungen			o		
			(S.141)		



<b>4. Schienenverkehr, Land - längerfristig</b>					
Maßnahmen	Kostenart				
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Klimakosten
Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung			+ (S.143)	+ (S.150)	+ (S.162)
Fahrverbote für Fahrzeuge mit bestimmten Emissionswerten		- (S. 126)	- (S. 137)		
Trennung von lärmintensiven und lärmsensiblen Nutzungen			o (S.141)		
Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)	+ (S.116)				
Schallschutzmaßnahmen an Gleisen			+ (S.141)		

<b>5. Schienenverkehr, Bund / EU - kurzfristig</b>					
Maßnahmen	Kostenart				
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Klimakosten
Förderung von schadstoffarmen Kraftstoffen		+ (S.123)			



6. Schienenverkehr, Bund / EU - längerfristig					
Maßnahmen	Kostenart				
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Klimakosten
Verkehrssicherheitsvorschriften	+				
	(S.115)				
strengere Emissionsstandards		+	+		
		(S.125)	(S.139)		
Festlegung von CO <sub>2</sub> -Grenzwerten					+
					(S. 160)
Konstruktive Änderungen beim Bau von neuen Fahrzeugen	+				
	(S.15)				
Förderung der Einführung von emissionsarmen / verbrauchsarmen Motoren / Technologien		+	+		+
		(S.123)	(S.137)		(S.160)
Umbau bzw. Nachrüstung von Fahrzeugen	+	+	+		+
	(S.115)	(S.123)	(S.138)		(S.161)
Förderung von schadstoffarmen Kraftstoffen		+			
		(S.123)			
Entwicklung und Einsatz alternativer Kraftstoffe und Antriebe					+
					(S.159)
regelmäßige Abgasuntersuchungen der Fahrzeuge		O			
		(S.124)			
Schallschutzmaßnahmen an Gleisen			+		
			(S.141)		
Fahrverbote für Fahrzeuge mit bestimmten Emissionswerten		-	-		
		(S.126)	(S.137)		
Bereitstellung der Verkehrsinfrastruktur (bauliche Gestaltung)	+				
	(S.116)				
Förderung der Forschung zur Verringerung der Emissionen		+	+		+
		(S.127)	(S.142)		(S.161)
Förderung der Forschung zur Verbesserung der Verkehrssicherheit	+				
	(S.116)				
Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung		+	+	+	+
		(S.128)	(S.143)	(S.150)	(S.162)
Fahrerbildungsprogramme	+				
	(S.117)				
zusätzliche Abgabe auf den Kraftstoffpreis		-	-		+
		(S.130)	(S.145)		(S.163)
Emissionsabhängige Abgabe für Schienenfahrzeuge		+	+		
		(S.131)	(S.144)		
Zuschlag zu den Trassenpreisen	+	+	+	+	
	(S.119)	(S.131)	(S.155)	(S.155)	
Zugangslizenz für das Schienennetz				+	
				(S.155)	
erweiterter Umfang der Zwangsversicherung	+				
	(S.118)				



### Internalisierungselemente des Luftverkehrs

2. Luftverkehr, Kommune - längerfristig					
Maßnahmen	Kostenart				
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Klimakosten
Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung			+		+
Flugverbote für Flugzeuge mit bestimmten Emissionswerten		-	-		
Trennung von lärmintensiven und lärmsensiblen Nutzungen			+		
Zuschlag zu den Start- und Landegebüren				+	

3. Luftverkehr, Land - kurzfristig					
Maßnahmen	Kostenart				
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Klimakosten
Nachtflüge beschränken			+		

4. Luftverkehr, Land - längerfristig					
Maßnahmen	Kostenart				
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Klimakosten
Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung			+		+
Flugverbote für Flugzeuge mit bestimmten Emissionswerten		-	-		
Zuschlag zu den Start- und Landegebüren				+	



5. Luftverkehr, Bund / EU - kurzfristig					
Maßnahmen	Kostenart				
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Klimakosten
Förderung von schadstoffarmen Kraftstoffen		+ (S.123)			



<b>6. Luftverkehr, Bund / EU - längerfristig</b>					
Maßnahmen	Kostenart				
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Klimakosten
Verkehrssicherheitsvorschriften	+				
	(S.115)				
strengere Emissionsstandards		+	+		
		(S.125)	(S.139)		
Festlegung von CO <sub>2</sub> -Grenzwerten					+
					(S.160)
Konstruktive Änderungen beim Bau von neuen Flugzeugen	+				
	(S.115)				
regelmäßige Abgasuntersuchungen der Flugzeuge		0			
		(S.124)			
Entwicklung und Einsatz alternativer Kraftstoffe und Antriebe					+
					(S.159)
Förderung der Einführung von emissionsarmen / verbrauchsarmen Motoren / Technologien		+	+		+
		(S.123)	(S.137)		(S.160)
Umbau bzw. Nachrüstung von Flugzeugen	+	+	+		+
	(S.115)	(S.123)	(S.138)		(S.161)
Förderung von schadstoffarmen Kraftstoffen		+			
		(S.123)			
lärmreduzierende Start- und Landeprozeduren bei Flugzeugen			+		
			(S.139)		
Reduzierung der NO <sub>x</sub> -Emissionen im Flugverkehr					+
					(S.162)
Flugverbote für Flugzeuge mit bestimmten Emissionswerten		-	-		
		(S.126)	(S.137)		
Förderung der Forschung zur Verringerung der Emissionen		+	+		+
		(S.127)	(S.142)		(S.161)
Förderung der Forschung zur Verbesserung der Verkehrssicherheit	+				
	(S.116)				
Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung		+	+	+	+
		(S.128)	(S.143)	(S.150)	(S.162)
Fahrer Ausbildungsprogramme	+				
	(S.117)				
zusätzliche Abgabe auf den Kraftstoffpreis		-	-		+
		(S.130)	(S.145)		(S.163)
Zuschlag zu den Start- und Landegebühen		+	+	+	
		(S.131)	(S.144)	(S.154)	
erweiterter Umfang der Zwangsversicherung	+				
	(S.118)				



**Internalisierungselemente der Binnenschifffahrt**

<b>2. Binnenschifffahrt, Kommune - längerfristig</b>					
Maßnahmen	Kostenart				
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Klimakosten
Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung					+ (S.162)
Trennung von lärmintensiven und lärmsensiblen Nutzungen			- (S.141)		
Wasserstraßenbenutzungsgebühren				+ (S.154)	
Hafen- und Anlegegebühren				+ (S.154)	

<b>4. Binnenschifffahrt, Land - längerfristig</b>					
Maßnahmen	Kostenart				
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Klimakosten
Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung					+ (S.162)
Wasserstraßenbenutzungsgebühren				+ (S.154)	
Hafen- und Anlegegebühren				+ (S.154)	

<b>5. Binnenschifffahrt, Bund / EU - kurzfristig</b>					
Maßnahmen	Kostenart				
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Klimakosten
Förderung von schadstoffarmen Kraftstoffen		+ (S.123)			



<b>6. Binnenschifffahrt, Bund / EU - längerfristig</b>					
Maßnahmen	Kostenart				
	Unfallkosten	Schadstoffkosten	Lärmkosten	Wegekosten	Klimakosten
Verkehrssicherheitsvorschriften	+				
	(S.115)				
strengere Emissionsstandards		+	+		
		(S.125)	(S.139)		
Festlegung von CO <sub>2</sub> -Grenzwerten					+
					(S.160)
Konstruktive Änderungen beim Bau von neuen Schiffen	+				
	(S.115)				
Förderung der Einführung von emissionsarmen / verbrauchsarmen Motoren / Technologien		+	+		+
		(S.123)	(S.137)		(S.160)
Umbau bzw. Nachrüstung von Fahrzeugen	+	+	+		+
	(S.115)	(S.123)	(S.138)		(S.161)
Förderung von schadstoffarmen Kraftstoffen		+			
		(S.123)			
Entwicklung und Einsatz alternativer Kraftstoffe und Antriebe					+
					(S.159)
regelmäßige Abgasuntersuchungen der Fahrzeuge		0			
		(S.124)			
Fahrverbote für Fahrzeuge mit bestimmten Emissionswerten		-			
		(S.126)			
Förderung der Forschung zur Verringerung der Emissionen		+	+		+
		(S.127)	(S.142)		(S.161)
Förderung der Forschung zur Verbesserung der Verkehrssicherheit	+				
	(S.116)				
Schulung der Verkehrsteilnehmer, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung		+		+	+
		(S.128)		(S.150)	(S.162)
Fahrer Ausbildungsprogramme	+				
	(S.117)				
zusätzliche Abgabe auf den Kraftstoffpreis		-	-		+
		(S.130)	(S.145)		(S.163)
Emissionsabhängige Abgabe für Binnenschiffe		+	+		
		(S.131)	(S.144)		
Hafen- und Anlegegebühren				+	
				(S.154)	
Wasserstraßenbenutzungsgebühren				+	
				(S.154)	
erweiterter Umfang der Zwangsversicherung	+				
	(S.118)				



## 4.9 Zusammenfassende Empfehlungen für Internalisierungs- und Kostensenkungsmaßnahmen

### 4.9.1 Einordnung und Hintergrund

(1) Im Folgenden werden wir aus unserer Sicht die Befunde zum Kapitel Maßnahmenempfehlungen zur Verringerung externer Kosten **erläutern** und **zusammenfassen**. Das folgende Kapitel ist also einerseits zusammenfassend, andererseits bewertend, denn unsere Folgerungen werden begründet.

(2) Im ersten Teil dieser Untersuchung haben wir die Problematik der externen Kosten erläutert: **Externe Effekte** sind eine nicht zu leugnende Tatsache im Verkehr, dadurch entstehen Belastungen, die durch andere Menschen, andere Räume oder andere Zeiten (vor allem von anderen Generationen) aber eben nicht vom Nutzer getragen werden. Dies ist ungerecht und ineffizient. Von noch größerer Bedeutung ist die Tatsache, dass dadurch das Verhalten der Menschen heute beeinflusst wird: man verlagert Kosten auf andere, hat aber praktisch alle Nutzen für sich. Dadurch ergibt sich zwangsweise eine Übernachfrage, man nutzt mehr Verkehr, als man unter Kostenwahrheit wirklich nutzen würde. Deshalb ist der heutige Verkehr ineffizient: Er vergeudet. Längerfristig ist das nicht hinnehmbar.

(3) Deshalb sind **Maßnahmen** zur Internalisierung der externen Kosten notwendig und geboten. Schritte zur Verringerung der externen Kosten sind im Interesse aller, vor allem aber auch der Menschen in anderen Ländern oder in anderen Generationen. Sie sind im Interesse aller, denn wer Ineffizienzen vermeidet, der kann alle besser stellen - auch die Verkehrsnutzer.

(4) Scheinbar erhöhen direkte Internalisierungsmaßnahmen zunächst die Preise für Verkehr, aber der Sinn der Information über die wahren Preise liegt ja gerade darin, dass **danach** Maßnahmen zur Vermeidung der Kostenbelastung gesucht und umgesetzt werden. Würden also Schritte zur Internalisierung umgesetzt, dann würden eine Vielzahl von Reaktionen eintreten, "Innovationen und Vermeidungskonzepte" gefördert - und damit wieder Effizienzgewinne und Einsparpotentiale erschlossen. Welche dies sind, kann man vorher nicht eindeutig wissen - das entscheiden die Marktteilnehmer/Verkehrsnutzer selbst.

(5) In den vorangegangenen Kapiteln wurden deshalb die Maßnahmen zur Internalisierung zusammengestellt und beschrieben. Die Internalisierungsmaßnahmen wiesen eine Reihe verschiedener Charakteristika und Besonderheiten auf. Alle Maßnahmen sind **im lokalen Kontext zu sehen**: Was in einem Raum möglich scheint, ist woanders vielleicht gerade nicht politisch umsetzbar. Dabei kommt es immer auch auf die politischen Rahmenbedingungen an.

(6) In Kenntnis dieses Zusammenhanges geben wir im Folgenden **Empfehlungen** für Umsetzungsmaßnahmen zur Internalisierung externer Effekte. Unsere Empfehlungen sollen primär auf den eher typischen, allgemeinen Fall einer Kommune in Sachsen im Jahr 2002 ausgerichtet sein. Zu anderen Zeiten bzw. unter anderen Rahmenbedingungen können sich ganz andere Maßnahmenbewertungen ergeben. Dabei kommt es auf den argumentativen



Bezug an: Jede Umsetzung kann nur gelingen, wenn sich die Gelegenheit für Umsetzungsmaßnahmen ergibt und die jeweils notwendigen Rahmenbedingungen vorliegen.

(7) Dabei kommt es erstens vor allem auf die Glaubwürdigkeit und das **Fingerspitzengefühl** vor Ort an. Wir empfehlen deshalb zunächst: Bei Internalisierungen möglichst immer vorsichtig vorgehen. Es hat keinen Sinn, mit drastischen Vorschlägen die Menschen zu erschrecken und damit vielleicht sogar gutwillige Bereitschaften, sich auf diesen Weg einzulassen, zu erschüttern.

(8) Sodann kommt es zweitens auf die jeweils angestrebten **Ziele** an: Das Vorgehen bei Lärm muss sich unterscheiden vom Vorgehen zur Abgasreduktion, und je nach politischer Tagesordnung sind andere Abläufe einzubringen. Dabei ist zu beachten, dass verschiedene Maßnahmen für verschiedene Zielstellungen besser oder weniger gut geeignet sind, dass es aber immer auch "**side benefits**" (Nebenvorteile) gibt. Wer also z.B. zur Verringerung von Flächenverbräuchen eine Parkgebühr erhebt, der wird dadurch c.p. auch Lärm und Abgaskosten senken (da manche Fahrt z. B. auf den ÖV verlagert oder verkürzt wird). Dies gilt eigentlich bei allen Internalisierungsansätzen.

(9) Die "**Königsmaßnahme**" (mit den meisten "side benefits") betrifft deshalb vor allem die Fahrleistungen: Da die Umweltkosten vor allem von den gefahrenen Kilometern abhängen, haben Maßnahmen zur Reduktion der Fahrleistungen immer eine Vielzahl kostensenkender Effekte in fast allen anderen Bereichen: Sie sind die "Multi-Talent-Maßnahmen".

#### 4.9.2 Eignung von Maßnahmen unterteilt nach Verwaltungsebenen

Im Folgenden werden unsere **Empfehlungen** unterteilt **nach Verwaltungsebenen** dargestellt. In dieser zusammenfassenden Übersicht sind zur besseren Überschaubarkeit die Ebenen der Kommunen und der Länder zusammengefaßt, da oftmals eine Ebene ohne die Unterstützung der anderen diese Maßnahmen nicht realisieren kann, bzw. viele Maßnahmen beide Ebenen berühren. Außerdem stellen wir wegen der enormen Bedeutung des Straßenverkehrs im Vergleich zu den anderen Verkehrsträgern diesen Verkehrsträger immer extra dar, alle anderen Verkehrsträger sind unter den Punkt "Sonstige Verkehrsarten" zusammengefaßt. Analog der Vorgehensweise bei der Diskussion der einzelnen Internalisierungsmaßnahmen wird auch hier wieder zwischen der Internalisierung und der Senkung der externen Kosten unterschieden. Diese Unterteilung ist wichtig, da die Internalisierung nur eine der beiden Möglichkeiten der Reduzierung der externen Kosten ist. Maßnahmen zur Senkung externer Kosten bezeichnen den Einsatz von direkten Vermeidungsstrategien zur Verringerung der Umweltwirkungen des Verkehrs (z. B. Geschwindigkeitsbeschränkungen zur Lärmreduzierung).



#### **4.9.2.1 Unfallkosten**

##### 4.9.2.1.1 Straßenverkehr

###### *4.9.2.1.1.1 Verwaltungsebene Kommune / Länder*

###### **A) Internalisierung der externen Unfallkosten**

Eine Internalisierung der externen Unfallkosten auf der Ebene der Kommunen oder Länder erscheint uns derzeit nicht möglich, da keine sinnvoll umsetzbaren Maßnahmen auf diesen Ebenen eingeführt werden können: Alle Maßnahmen müssen **bundes- oder EU-weit** angestoßen werden. Hier könnte der Freistaat vorschlagend bzw. fordernd auftreten (siehe unten).

###### **B) Senkung der externen Unfallkosten**

Dagegen sind sehr viele Maßnahmen zur Senkung der externen Unfallkosten möglich. Wir empfehlen die verstärkte Umsetzung von **Verkehrssicherheitsprogrammen**, denn diese Maßnahmen wurden ja explizit mit dem oben genannten Ziel entwickelt, alle diese Elemente sind bereits heute allgemein als sinnvoll und erstrebenswert anerkannt. Deshalb erscheint bei entsprechend vorhandenem Problemdruck eine Umsetzung möglich, die Kräfte auf kommunaler und Landesebene sollten sich in diesem Bereich konzentrieren.

**EMPFEHLUNG 1:** Der Freistaat Sachsen sollte zur Senkung der externen Unfallkosten Verkehrssicherheitsprogramme initiieren bzw. weiter vorantreiben sowie die Kommunen bei der Erhöhung der Verkehrssicherheit mit allen Kräften unterstützen.

###### *4.9.2.1.1.2 Verwaltungsebene Bund / EU*

###### **A) Internalisierung der externen Unfallkosten**

Die Ausweitung der **Haftpflichtversicherung**, die alle heute nicht gedeckten Kosten einschließt, stellt unserer Meinung nach die am besten geeignetste Maßnahme zur Internalisierung dar, da durch diese der direkte Zusammenhang zwischen der Höhe der Versicherungsprämie und der Höhe der externen Unfallkosten hergestellt wird. Bei einer vollständigen Ausweitung können mit diesem Element die externen Unfallkosten völlig beseitigt werden.

**EMPFEHLUNG 2:** Der Freistaat Sachsen sollte seinen Einfluß auf der Ebene des Bundes und der EU aktiv Lobbyarbeit leisten, um die Ausweitung der Haftpflichtversicherung Wirklichkeit werden zu lassen.

###### **B) Senkung der externen Unfallkosten**



Die wichtigste Internalisierungsmaßnahme auf Ebene des Bundes und der EU ist bei allen Verkehrsträgern die Ausweitung die Verschärfung von **Sicherheitsvorschriften** bezüglich Verkehrsregeln, Fahrzeugen und Infrastruktur. Diese Instrumente sehen wir als wirksam an.

**EMPFEHLUNG 3:** Der Freistaat Sachsen sollte sich aktiv auf Bundes- und EU-Ebene für eine die Verschärfung von Sicherheitsvorschriften bezüglich Verkehrsregeln, Fahrzeugen und Infrastruktur einsetzen.

#### 4.9.2.1.2 Sonstige Verkehrsarten

##### 4.9.2.1.2.1 Verwaltungsebene Kommune / Länder

###### A) Internalisierung der externen Unfallkosten

Im Schienen-, Luft- und Binnenschiffsverkehr erscheinen uns auf kommunaler oder Landesebene keine Internalisierungsmaßnahmen möglich.

###### B) Senkung der externen Unfallkosten

Im Luft- und Binnenschiffsverkehr existieren unseres Erachtens derzeit keine Gestaltungsmöglichkeiten zur Senkung der externen Unfallkosten auf der Ebene der Kommunen oder Länder. Im Bereich des Schienenverkehrs können durch die **bauliche Gestaltung** der Verkehrsinfrastruktur Unfallkosten gesenkt werden.

##### 4.9.2.1.2.2 Verwaltungsebene Bund / EU

###### A) Internalisierung der externen Unfallkosten

Die wichtigste Internalisierungsmaßnahme auf Ebene des Bundes und der EU ist bei allen Verkehrsträgern die Ausweitung der **Haftpflichtversicherung**, da diese am effektivsten wirkt und der Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung hier besonders deutlich wird. Deshalb gilt auch hier Empfehlung 2.

###### B) Senkung der externen Unfallkosten

Auch hier wird - analog dem Straßenverkehr - die Verschärfung von **Sicherheitsvorschriften** bezüglich Verkehrsregeln, Fahrzeugen und Infrastruktur als die wichtigste Maßnahme betrachtet - wir verweisen auf Empfehlung 3.



#### 4.9.2.2 Schadstoffkosten

##### 4.9.2.2.1 Straßenverkehr

###### 4.9.2.2.1.1 Verwaltungsebene Kommune / Länder

###### A) Internalisierung der externen Schadstoffkosten

Die Internalisierung von Schadstoffkosten ist auf diesen Ebenen schwer möglich, da Straßenbenutzungsgebühren (ebenso wie Zertifikatmodelle) dort nur schwer umsetzbar sind. Zwar sind alle Maßnahmen zur **Verringerung der Fahrleistungen** per se sinnvoll (siehe Königsmassnahmen auf S. 183), wir würden aber die Durchführung von Maßnahmen auf den übergeordneten Ebenen (Bund, EU) empfehlen.

###### B) Senkung der externen Schadstoffkosten

Maßnahmen zur Verringerung der **Fahrleistungen** und zur Förderung von umweltverträglicheren Verkehrsmitteln sind auf kommunaler und Landesebene die geeigneten Maßnahmen zur Reduzierung Schadstoffemissionen, da nur diese Instrumente von diesen Verwaltungsebenen gesteuert werden können.

**EMPFEHLUNG 4:** Der Freistaat Sachsen sollte sich auf die Förderung von ÖV, Rad-, und Fußverkehr konzentrieren, denn diese Maßnahmen sind auf dieser Verwaltungsebene die am besten geeignetsten.

###### 4.9.2.2.1.2 Verwaltungsebene Bund / EU

###### A) Internalisierung der externen Schadstoffkosten

**Emissionsabhängige Kraftfahrzeugsteuern** oder die Ermittlung der Steuern mittels eines Emissionsmessgerätes sind die am besten geeignetsten Instrumente zur Internalisierung der externen Schadstoffkosten, da bei diesen der direkte Zusammenhang zwischen Gebührenhöhe und Schadstoffmenge gewährleistet ist. Wie eine Untersuchung unseres Lehrstuhls<sup>204</sup> zeigte, gibt es aber große technische Schwierigkeiten bei der praxistauglichen Umsetzung von Emissionsmessgeräten. Deshalb sollte man sich vorerst auf die Anwendung von emissionsabhängigen Kraftfahrzeugsteuern konzentrieren.

**EMPFEHLUNG 5:** Der Freistaat Sachsen sollte auf Bundes- und EU-Ebene Aktivitäten unterstützen, die die Einführung von emissionsabhängigen Kraftfahrzeugsteuern zum Ziel haben.

<sup>204</sup> Lehrstuhl für Verkehrsökologie der TU Dresden; Wissenschaftliche Begleitung der Entwicklung eines Mobilen Emissionsmeßgerätes (MEM), Untersuchung im Auftrag des Sächsischen Staatsministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Dresden 2000.



## **B) Senkung der externen Schadstoffkosten**

Die weitere Verringerung der **Emissionshöchstwerte** ist unserer Meinung nach das wirkungsvollste Instrument zur Senkung der externen Schadstoffkosten, da direkt an der Emissionsquelle angesetzt wird und die Fahrzeughersteller gezwungen werden, die Fahrzeugtechnik weiter zu optimieren.

**EMPFEHLUNG 6:** Der Freistaat Sachsen sollte auf Bundes- und EU-Ebene für eine Verschärfung der Emissionsstandards einsetzen.

### 4.9.2.2.2 Sonstige Verkehrsarten

#### 4.9.2.2.2.1 Verwaltungsebene Kommune / Länder

##### **A) Internalisierung der externen Schadstoffkosten**

Wir konnten im Schienen-, Luft- und Binnenschiffsverkehr auf kommunaler oder Landesebene keine Internalisierungsmaßnahmen identifizieren.

##### **B) Senkung der externen Schadstoffkosten**

Mit Hilfe von **Umweltstandards**, die durch die Aufgabenträger bei **Ausschreibungen** von ÖV-Leistungen vorgegeben werden können, ist es möglich, externe Schadstoffkosten im Bereich des ÖV (Schiene und Straße) zu senken. Wir regen ausdrücklich an, diese Möglichkeit in Zukunft zu nutzen, und damit diese wichtige Einflußmöglichkeit nicht weiter zu vernachlässigen. Hierfür sind jetzt Schritte nötig, da derzeit die Rahmenbedingungen dafür festgelegt werden. Deshalb steht momentan dieses Fenster für Maßnahmen weit offen. Im Luft- und Binnenschiffsverkehr existieren keine Gestaltungsmöglichkeiten.

**EMPFEHLUNG 7:** Der Freistaat Sachsen sollte die Aufgabenträger des ÖVs dazu ermuntern und befähigen, zukünftig bei Ausschreibungen von ÖV-Leistungen die Einhaltung von Umweltstandards bei den Leistungserbringern zu fordern. Gerade weil dieses Instrument heute noch nicht angewendet und derzeit entwickelt wird, bietet sich dem Land Sachsen die Möglichkeit, Maßstäbe und Richtungsentscheidungen mitzuformulieren.

#### 4.9.2.2.2.2 Verwaltungsebene Bund / EU

##### **A) Internalisierung der externen Schadstoffkosten**

Als geeignetste Internalisierungsmaßnahme bieten sich Aufschläge auf die **Trassenpreise** im Schienenverkehr bzw. auf die **Start- und Landegebühren** im Luftverkehr und eine emissionsabhängige Abgabe für Binnenschiffe an.



**EMPFEHLUNG 8:** Der Freistaat Sachsen sollte Aktivitäten unterstützen, die auf Bundes- und EU-Ebene emissionsabhängige Trassenpreise, Start- und Landegebühren sowie für Binnenschiffe emissionsabhängige Abgaben fordern.

## **B) Senkung der externen Schadstoffkosten**

Auch hier hat die Literaturrecherche ergeben, dass die Verschärfung von **Emissionsstandards** die wichtigste Maßnahme bei allen Verkehrsträgern zur Senkung der externen Kosten ist (siehe Empfehlung 6).

### **4.9.2.3 Lärmkosten**

#### 4.9.2.3.1 Straßenverkehr

##### *4.9.2.3.1.1 Verwaltungsebene Kommune / Länder*

### **A) Internalisierung der externen Lärmkosten**

Derzeit gibt es keine geeigneten Instrumente zur Erhebung einer "Lärmabgabe" auf kommunaler oder Landesebene. Das beste Instrument wäre eine Ermittlung des Lärmpegels mittels eines On-Board-Mikrophons und die sofortige Internalisierung durch Abbuchung des Geldbetrages. Dieses Instrument ist aber auf kommunaler oder Landesebene nicht realistisch. Bei der Analyse der möglichen Internalisierungsmaßnahmen hat sich gezeigt, dass **Straßenbenutzungsgebühren** auf kommunaler und Landesebene die einzigen realistischen Internalisierungsmöglichkeiten darstellen. Die Umsetzung wird allerdings als schwierig angesehen, da es bis jetzt keine relevanten Vorbilder gibt und so große Widerstände gegen diese Internalisierungsmaßnahme zu erwarten sind. Deshalb sollte in diese Maßnahme nur Kraft investiert werden, wenn bereits ein Road-Pricing-System aus anderen Gründen existiert und die Lärminternalisierung quasi "per Huckepack" eingeführt werden kann.

### **B) Senkung der externen Lärmkosten**

Analog zu den Unfallkosten bieten sich ebenfalls im Lärmbereich umfangreiche Maßnahmen zur Senkung der externen Lärmkosten an (**Lärmschutzprogramme**). Diese sind im kommunalen Bereich aufgrund der dort vorhandenen genauen örtlichen Problemkenntnisse besonders effektiv. Auch hier sind bei genügend großem Problemdruck keine unüberwindbaren Widerstände zu erwarten, da alle diese Maßnahmen bereits Standards im Lärmschutz darstellen. Wir empfehlen deshalb, den Punkt Senkung der externen Lärmkosten als einen Schwerpunkt zu behandeln. Leider gibt es keine Internalisierungsmaßnahmen auf diesen Ebenen, aber dafür große Senkungspotentiale.

**EMPFEHLUNG 9:** Maßnahmen analog der Lärmschutzprogramme stellen unseres Erachtens ein gutes Mittel zur Senkung der externen Lärmkosten auf der Ebene der Länder und Kommunen dar.



#### 4.9.2.3.1.2 Verwaltungsebene Bund / EU

##### A) Internalisierung der externen Lärmkosten

Bestes Instrument aus wissenschaftlicher Sicht (ohne Berücksichtigung der Kosten) wäre eine aktuelle On-Board-Lärmmessung mit gleichzeitiger Internalisierung. Da es eine solche Erfassung derzeit nicht gibt (wir regen ein Forschungsprojekt dazu an) empfehlen wir die Second-best-Varianten: **Straßenbenutzungsgebühren** oder auch **Zuschläge** auf die Kfz-Steuer, wenn kein geeignetes System zur Erhebung von Straßenbenutzungsgebühren zur Verfügung steht.

**EMPFEHLUNG 10:** Der Freistaat Sachsen sollte sich bei einer Einführung eines Road-Pricing-Systems dafür einsetzen, dass mit diesem gleichzeitig eine Lärminternalisierung eingeführt wird. Ist dieses Ziel nicht realisierbar, sollte er die Erhöhung der Lärmkomponente der Kfz-Steuer auf Bundes- und EU-Ebene unterstützen.

##### B) Senkung der externen Lärmkosten

Die gesetzliche Anhebung der **Lärmemissionsstandards** ist auf Bundes und EU-Ebene das wichtigste Instrument zur Senkung der Lärmkosten, da hiermit die Lärmbelastungen am einfachsten und wirkungsvollsten langfristig reduziert werden können.

**EMPFEHLUNG 11:** Der Freistaat sollte sich auf Bundes- und EU-Ebene für eine Verschärfung der Lärmemissionsstandards einsetzen, wobei aber wichtig wäre, realistischere Bedingungen für die Messung der Grenzwerte zugrunde zu legen.

#### 4.9.2.3.2 Sonstige Verkehrsarten

##### 4.9.2.3.2.1 Verwaltungsebene Kommune / Länder

##### A) Internalisierung der externen Lärmkosten

Internalisierungsmaßnahmen scheinen auf diesen Verwaltungsebenen im Schienen- Luft- und Binnenschiffsverkehr derzeit nicht möglich.

##### B) Senkung der externen Lärmkosten

Die Analyse hat gezeigt, dass im Luft- und Binnenschiffsverkehr keine wesentlichen Einflußmöglichkeiten existieren. Im Schienenverkehr sind analog dem Straßenverkehr vielfältige Maßnahmen analog den **Lärmschutzprogrammen** möglich. (Siehe Empfehlung 9)



#### 4.9.2.3.2.2 Verwaltungsebene Bund / EU

##### A) Internalisierung der externen Lärmkosten

Die Internalisierung der Kosten mittels **Trassenpreisen** in Schienenverkehr bzw. Zuschlägen auf die **Start- und Landegebühren** im Flugverkehr sind die wichtigsten Maßnahmen auf Bundes- und EU-Ebene. Eine Internalisierung im Binnenschiffsverkehr kann u. E. wegen der Geringfügigkeit der Kosten vernachlässigt werden.

**EMPFEHLUNG 12:** Der Freistaat Sachsen sollte Aktivitäten unterstützen, die auf Bundes- und EU-Ebene emissionsabhängige Trassenpreise und emissionsabhängige Start- und Landegebühren fordern, siehe Empfehlung 8.

##### B) Senkung der externen Lärmkosten

Die Festlegung von schärferen **Emissionsvorschriften** bei allen Verkehrsträgern ist analog den Schadstoffemissionen das effektivste Mittel zur Reduzierung der Lärmkosten auf der Ebene der EU und des Bundes.

**EMPFEHLUNG 13:** Der Freistaat Sachsen sollte sich auf Bundes- und EU-Ebene für eine Verschärfung der Lärmemissionsstandards bei allen Verkehrsträgern einsetzen.

#### 4.9.2.4 Stau- und Wegekosten

##### 4.9.2.4.1 Straßenverkehr

###### 4.9.2.4.1.1 Verwaltungsebene Kommune / Länder

##### A) Internalisierung der ungedeckten Stau- und Wegekosten

**Straßenbenutzungsgebühren** (eventuell nach Stausituation gegliedert) sind das ideale Instrument zur Internalisierung von Stau- und Wegekosten. Die Einführung ist auf kommunaler und Landesebene wohl schwer möglich. Deshalb sollte als Hilfslösung auf eine **Parkraumbewirtschaftung** ausgewichen werden. Dieses Instrument könnte von den Kommunen sofort genutzt werden.

**EMPFEHLUNG 14:** Der Freistaat Sachsen sollte versuchen bzw. die Kommunen dabei unterstützen, dass durch Parkraumbewirtschaftung die Internalisierung von Stau- und Wegekosten in kleinen Schritten voranschreitet.

##### B) Senkung der ungedeckten Stau- und Wegekosten

Durch verkehrsvermeidende **Raumordnung** und **Modal-Split-Beeinflussung** können Stau und Wegekosten reduziert werden. Andere Möglichkeiten bieten sich in diesem Bereich nicht.



**EMPFEHLUNG 15:** Der Freistaat Sachsen und die Kommunen sollten durch eine verkehrsvermeidende Raumordnung und Modal-Split-Beeinflussung die Wege- und Staukosten reduzieren. Hierzu wären Gesetze, Instrumente und Kontrollen zu verändern bzw. zu schaffen.

#### 4.9.2.4.1.2 Verwaltungsebene Bund / EU

##### A) Internalisierung der ungedeckten Stau- und Wegekosten

Auf der Ebene des Bundes und der EU kann im Gegensatz zu den Ebenen der Länder und Kommunen eine Differenzierung der Internalisierung der Wegekosten nach fixem und variablem Anteil erfolgen. Der fixe Anteil (für die Bereitstellung der Kapazität) sollte über einen **Zuschlag auf die Kraftfahrzeugsteuer** erhoben werden. Dieser wird für das Vorhalten der Möglichkeit die Straßen zu benutzen fällig. Der variable Anteil wird über **Straßenbenutzungsgebühren** eingezogen, die nur bezahlt werden, wenn die Straße auch wirklich benutzt wird (siehe geplante Lkw-Maut auf den Bundesautobahnen).

**EMPFEHLUNG 16:** Der Freistaat Sachsen sollte sich auch auf der Ebene des Bundes und der EU für die Internalisierung von Stau- und Wegekosten mittels Straßenbenutzungsgebühren und Parkraumbewirtschaftung für den Lkw- und Pkw-Verkehr einsetzen.

##### B) Senkung der ungedeckten Stau- und Wegekosten

Durch verkehrsvermeidende **Raumordnung** und **Modal-Split-Beeinflussung** können Stau- und Wegekosten reduziert werden. Andere Möglichkeiten bieten sich in diesem Bereich nicht.

#### 4.9.2.4.2 Sonstige Verkehrsarten, alle Verwaltungsebenen

##### A) Internalisierung der ungedeckten Wegekosten

**Trassenpreise** im Schienenverkehr, Zuschläge auf die **Start- und Landegebühren** im Flugverkehr und **Hafen- und Anlegegebühren** im Binnenschiffsverkehr sind die wirkungsvollsten Internalisierungsmaßnahmen. Die Höhe von diesen muss von den Eignern der Infrastruktur festgesetzt werden, erfolgt also verwaltungsebenenunabhängig. Dies darf nicht isoliert nur für einen Verkehrsträger geschehen, da in diesem Fall der Verkehr auf diesem faktisch unterbunden würde, sondern fair und effektiv über alle Verkehrsträger.

**EMPFEHLUNG 17:** Der Freistaat Sachsen sollte sich für eine Internalisierung ungedeckter Wegekosten mittels Trassenpreisen, Start- und Landegebühren sowie mittels Hafen- und Anlegegebühren einsetzen, dies aber abgestimmt bei allen Verkehrsträgern.

##### B) Senkung der ungedeckten Wegekosten

Wir sehen keine Maßnahmen zur Senkung der externen Kosten (außer Maßnahme Verkehrsvermeidung).



#### 4.9.2.5 Klimakosten

##### 4.9.2.5.1 Straßenverkehr

###### 4.9.2.5.1.1 Verwaltungsebene Kommune / Länder

###### A) Internalisierung der externen Klimakosten

Derzeit erscheint eine Internalisierung der Klimakosten nur auf Bundes- oder EU-Ebene realistisch, da eine **CO<sub>2</sub>-Abgabe** das wirkungsvollste Instrument zur Internalisierung der Klimakosten darstellt.

###### B) Senkung der externen Klimakosten

Durch den direkten Zusammenhang zwischen verbrauchten Kraftstoff und der Höhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist die Vermeidung von Fahrleistungen mittels **Raumplanung** oder **Modal-Split-Beeinflussung** das zielführendste Instrument zur Senkung der externen Klimakosten.

**EMPFEHLUNG 18:** Der Freistaat Sachsen sollte sich für eine Senkung der externen Klimakosten auf kommunaler und Landesebene durch eine verkehrsvermeidende Raumplanung und Modal-Split-Beeinflussung einzusetzen, da gerade auf diesen beiden Ebenen die Wirksamkeit dieser Instrumente besonders groß ist. Durch die positive Rückkopplung auch auf andere Kostenarten sollte in diesen Punkt besonders viel Kraft und Mühe investiert werden.

###### 4.9.2.5.1.2 Verwaltungsebene Bund / EU

###### A) Internalisierung der externen Klimakosten

Die Analyse der Maßnahmen zur Internalisierung der externen Klimakosten hat gezeigt, dass ein **Aufschlag auf die Mineralölsteuer** das einfachste und effektivste Instrument ist. Durch den klaren Zusammenhang zwischen dem verbrauchten Kraftstoff und der Höhe der Emissionen ist dieses Instrument gegenüber allen anderen zu bevorzugen.

**EMPFEHLUNG 19:** Der Freistaat Sachsen sollte auf der Ebene der EU und des Bundes für einen Aufschlag auf die Mineralölsteuer zur Internalisierung der externen Klimakosten einsetzen.

###### B) Senkung der externen Klimakosten

Neben den Instrumenten der **Raumordnungspolitik** und der **Modal-Split-Beeinflussung**, (siehe Ebene Kommune / Land) betrachten wir die Einführung eines **Grenzwertes** für CO<sub>2</sub> als äußerst effektiv, da dieser die Fahrzeughersteller zwingt, den Verbrauch der Fahrzeuge weiter zu optimieren. Wir empfehlen deshalb, sich auf diesen Punkt zu konzentrieren.



**EMPFEHLUNG 21:** Der Freistaat Sachsen sollte sich auf der Ebene der EU und des Bundes für die Einführung eines Grenzwertes für CO<sub>2</sub> einsetzen, da mit diesem Instrument sehr effektiv die Emissionen pro Fahrzeugkilometer gesenkt werden können. Weiterhin sollten auch auf der Ebene des Bundes Aktivitäten der Länder und Kommunen zur Verkehrsvermeidung und Modal-Split-Beeinflussung unterstützt werden.

#### 4.9.2.5.2 Sonstige Verkehrsarten, alle Verwaltungsebenen

##### **A) Internalisierung der externen Klimakosten**

Unsere Analyse hat gezeigt, dass die Einführung einer **CO<sub>2</sub>-Abgabe** auf alle fossilen Kraftstoffe ebenfalls bei allen anderen Verkehrsträgern die am besten geeignetste Internalisierungsmaßnahme ist. Diese kann nur auf der Bundes- oder EU-Ebene eingeführt werden. Auf kommunaler- oder Landesebene dagegen sind keine Internalisierungsmaßnahmen möglich (siehe oben).

##### **B) Senkung der externen Klimakosten**

Neben der **Verkehrsvermeidung** ist die Festlegung von **CO<sub>2</sub>-Grenzwerten** unseres Erachtens die wichtigste Maßnahme zur Senkung der externen Klimakosten im Schienen-, Schiffs- und Luftverkehr.

**EMPFEHLUNG 22:** Der Freistaat Sachsen sollte sich analog dem Straßenverkehr für einen Zuschlag auf den Kraftstoffpreis als Internalisierungsmaßnahme und für eine Einführung eines CO<sub>2</sub>-Grenzwertes pro Fahrzeugkilometer einsetzen, da dies unserer Meinung nach die am effektivsten wirkenden Mittel sind.

Im nachfolgenden Abschnitt sind noch einmal alle Empfehlungen zusammengestellt, die auf Landes- und kommunaler Ebene sofort wirklich umgesetzt werden können.

#### **4.9.2.6 Zusammenfassung der umsetzbaren Handlungsmöglichkeiten auf kommunaler und Landesebene**

In den vorangegangenen Abschnitten wurden getrennt nach Kostenkomponenten und Verwaltungsebenen Empfehlungen gegeben: für Maßnahmen, die wir für zielführend und wichtig halten. Allerdings ist die Umsetzung eines Teils dieser Maßnahmen bei den gegenwärtigen Rahmenbedingungen im Freistaat Sachsen nicht realistisch. Aus diesem Grunde werden im Folgenden noch einmal ausschließlich die Empfehlungen für Maßnahmen zur Senkung externer Kosten aufgeführt, welche auf Landes- und kommunaler Ebene sofort umsetzbar sind:

**EMPFEHLUNG 1:** Der Freistaat Sachsen sollte zur Senkung der externen Unfallkosten Verkehrssicherheitsprogramme initiieren bzw. weiter vorantreiben und



die Kommunen bei der Erhöhung der Verkehrssicherheit mit allen Kräften unterstützen.

**EMPFEHLUNG 4:** Der Freistaat Sachsen sollte sich zur Senkung der externen Schadstoffkosten auf die Förderung von ÖV, Rad-, und Fußverkehr konzentrieren, denn diese Maßnahmen sind auf dieser Verwaltungsebene die am besten geeigneten.

**EMPFEHLUNG 7:** Der Freistaat Sachsen sollte zur Senkung der externen Schadstoffkosten die Aufgabenträger des ÖVs dazu ermuntern und befähigen, zukünftig bei Ausschreibungen von ÖV-Leistungen die Einhaltung von Umweltstandards bei den Leistungserbringern zu fordern. Gerade weil dieses Instrument heute noch nicht angewendet und derzeit entwickelt wird, bietet sich dem Land Sachsen die Möglichkeit, Maßstäbe und Richtungsentscheidungen mitzuformulieren.

**EMPFEHLUNG 9:** Maßnahmen analog der Lärmschutzprogramme stellen unseres Erachtens ein gutes Mittel zur Senkung der externen Lärmkosten auf der Ebene der Länder und Kommunen dar.

**EMPFEHLUNG 15:** Der Freistaat Sachsen und die Kommunen sollten durch eine verkehrsvermeidende Raumordnung und Modal-Split-Beeinflussung die Wege- und Staukosten reduzieren. Hierzu wären Gesetze, Instrumente und Kontrollen zu verändern bzw. zu schaffen.

**EMPFEHLUNG 18:** Der Freistaat Sachsen sollte sich für eine Senkung der externen Klimakosten auf kommunaler und Landesebene durch eine verkehrsvermeidende Raumplanung und Modal-Split-Beeinflussung einzusetzen, da gerade auf diesen beiden Ebenen die Wirksamkeit dieser Instrumente besonders groß ist. Durch die positive Rückkopplung auch auf andere Kostenarten sollte in diesen Punkt besonders viel Kraft und Mühe investiert werden.

Als Internalisierungsmaßnahme kann auf Landes- und kommunaler Ebene lediglich Empfehlung 14 sofort umgesetzt werden:

**EMPFEHLUNG 14:** Der Freistaat Sachsen sollte versuchen bzw. die Kommunen dabei unterstützen, dass durch Parkraumbewirtschaftung die Internalisierung der verschiedenen direkt und indirekt betroffenen Kostenarten in kleinen Schritten voranschreitet.

Deshalb schlagen wir vor, dass sich der Freistaat Sachsen auf die Senkung der externen Kosten als sofort umsetzbare Maßnahmen konzentrieren sollte. Im Bereich der Internalisierung sollte dagegen über aktive Lobbyarbeit versucht werden, Einfluß auf die Politik des Bundes und der EU zu nehmen und somit über diese Hintertür die Ausgestaltung der Internalisierungsmaßnahmen im Interesse des Landes Sachsen zu beeinflussen bzw. die Umsetzung von Internalisierungsmaßnahmen insgesamt voranzubringen.



## 5 Zusammenfassung, Ausblick

- (1) In dieser Untersuchung wurden die Kosten des Verkehrs im Freistaat Sachsen untersucht. Dazu wurden die relevanten Daten zusammengestellt, monetarisiert und im GIS visualisiert, so dass als Ergebnis die externen Kosten für den Straßen-, Schienen- und Luftverkehr sowie die Binnenschifffahrt für das Jahr 1999 in einer Disaggregationstiefe vorliegen, die unseres Wissens nach in Deutschland einzigartig ist.
- (2) Tabelle 63 gibt einen Überblick über die **Ergebnisse**. Dargestellt sind die Anteile der einzelnen Kostenkomponenten an den gesamten externen Kosten, die für die Berechnung verwendeten Verfahren sowie wichtige Annahmen. In der Spalte „**unberücksichtigt**“ wird auf Umweltfolgen des Verkehrs hingewiesen, welche aufgrund von Unsicherheiten in der Methodik oder der Datenlage nicht monetarisiert wurden, um dem der Studie zugrunde liegenden Vorsichtsprinzip zu entsprechen: Liegen Unsicherheiten vor, so haben wir stets eine Untergrenze der zu erwartenden Kosten angegeben.
- (3) Für die **Einschätzung** der Ergebnisse verwenden wir in Anlehnung an [Bickel 1995] ein Maß für die Güte, indem die zu erzielenden Ergebnisse in eine zweidimensionale Skala eingestuft werden: Wir vergeben die Werte „A“ bis „C“ für Güte des Mengengerüsts und „1“ bis „3“ für Güte der monetären Bewertung<sup>205</sup>. Diese Einteilung ist bewußt recht grob gewählt. Sie soll lediglich einen Eindruck zur Güte der Ergebnisse geben und auf Probleme bzw. Schwachstellen aufmerksam machen.
- (4) Die **Summe** der absoluten externen Kosten des Verkehrs in Sachsen beträgt für das Jahr 1999 ca. **8,7 Mrd. €**, woraus sich **pro Einwohner ein Wert von ca. 2.000 € pro Jahr** ergibt. Es handelt sich hierbei um Zahlen beträchtlicher Größenordnung, welche tatsächliche volkswirtschaftliche Verluste widerspiegeln. Einen Teil dieser Kosten trägt die Gesellschaft als Ganzes, aber auch andere Regionen und künftige Generationen werden damit belastet.
- (5) Mit Abstand für den größten Teil der externen Kosten ist der **Straßen-** und hier der **PKW-Verkehr** verantwortlich. Der Schienenverkehr verursacht ca. vier Prozent der externen Kosten, die Anteile des Flugverkehrs und der Binnenschifffahrt mit je ca. einem halben Prozent sind vernachlässigbar<sup>206</sup>. Betrachtet man die einzelnen Kostenkomponenten, so sind die externen **Unfallkosten** am größten, gefolgt von den Kosten der **Luftverschmutzung** und der **Klimafolgen**.
- (6) Der zweite Schwerpunkt der vorliegenden Studie lag auf der Erarbeitung eines Überblicks über Strategien zur **Internalisierung** der externen Kosten. Zu diesem Zweck wurden sehr detailliert für jede Kostenkomponente auf den Ebenen Bund/EU, Land und Kommune Maßnahmen zusammengestellt, welche die einzelnen Akteure zur Verringerung der externen Kosten ergreifen können.

<sup>205</sup> „A“ und „1“ bedeuten „sehr gut“; „B“ und „2“ gut; „C“ und „3“ befriedigend

<sup>206</sup> Der Anteil des Flugverkehrs steigt, legt man das Inländerprinzip zugrunde, siehe dazu Kapitel 3.4.



(7) Die vorliegende Studie bietet damit **gute Voraussetzungen**, die Umweltfolgen des Verkehrs in Sachsen darzustellen, Problempunkte aufzuzeigen, um auf dieser Basis Schritte zur Minderung der Probleme durchführen zu können. Folgende Punkte scheinen uns hierbei besonders wichtig:

- Die **Information** über die Ineffizienzen des Verkehrs und die damit verbundenen Folgen müssen **gestreut** werden. Hier ist eine breite langfristige Öffentlichkeitsarbeit notwendig, welche bei Kindern und Jugendlichen, aber auch bei allen anderen Betroffenen ansetzen sollte.
- Zur Verminderung der Ineffizienzen ist die Organisation eines **Prozesses** notwendig. Es müssen **Verbündete** gewonnen und gemeinsam Lösungen gesucht werden.

(8) Folgende Schwerpunkte ergeben sich daraus unserer Ansicht nach für die weitere Arbeit:

- Für die **Verbreitung der gewonnenen Erkenntnisse** ist die Aufbereitung der Ergebnisse als **Access-Datenbank** sinnvoll, um die Daten so auch an Interessierte weitergeben zu können, welche nicht über ein GIS-System verfügen.
- Darüber hinaus sollte der im Rahmen der Vorstudie erstellte **Argumenteleitfaden** verständlich und erweitert und verständlich aufbereitet werden. Er ist ein gutes Informationsmaterial und eine Hilfe für alle, die sich an verkehrlichen Diskussionen beteiligen bzw. diese verstehen wollen.
- Für die Konzeption und Durchführung von Maßnahmen ist die Organisation eines **sächsischer Prozess** anzustreben. Ein erster Schritt hierzu wird der Ende Oktober stattfindende Workshop sein. Hier könnten relevante Fragen diskutiert und mit dem Aufbau eines Netzwerks Interessierter und Verbündeter begonnen werden.
- Sollen die gewonnenen Erkenntnisse auch weiterhin als Indikator für die Umweltwirkungen von Verkehr dienen, so ist auch eine Fortführung der **methodischen Arbeit** anzustreben. Möglich wäre z.B. die **Dynamisierung** der Berechnungen, so dass die Ermittlung der externen Kosten ähnlich wie beim Emissionskataster Verkehr durch den Auftraggeber selbst in regelmäßigen Abständen vorgenommen werden kann.
- Günstig wäre unserer Ansicht nach auch, Optionen zur **Variation der Ausgangsgrößen** vorzusehen, so dass der Auftraggeber selbst kritische Größen wie der Risk Value oder den Klimakostensatz variieren und so die Auswirkungen auf die Höhe der externen Kosten nachvollziehen kann.
- Bei einer Fortschreibung der externen Kosten sollte darüber hinaus auch die **Methodik** der Berechnung **weiterentwickelt** werden. So kann sich durch eine Verbesserung der **Datenbasis** z.B. im Bereich des Immissionskatasters oder im Lärmbereich für den Schienen- und Luftverkehr die Qualität der Ergebnisse erhöhen. Aber auch neue **Forschungsergebnisse** zu Verfahren zur Quantifizierung der Umweltwirkungen sollten in Aktualisierungen der externen Kosten einfließen. Kritisch ist hier besonders der Bereich **Natur und Landschaft**. Die hier



vorgenommene Abschätzung externer Kosten stellt mit Sicherheit eine Unterschätzung der tatsächlichen Umweltkosten dar, welche sich durch weitere Forschung erhöhen werden.

- Im Bereich der Internalisierung externer Kosten wäre eine Abschätzung der Effekte von Internalisierungsmaßnahmen sinnvoll, evtl. getrennt nach verantwortlichen Planungsebenen mit je einem Maßnahmenbündel für Kommune und Land. Die Abschätzungen könnten auch ins GIS eingebunden und durch best practices ergänzt werden als Beispiel für Maßnahmen, die an anderer Stelle bereits durchgeführt wurden.

Anteil	Kosten der	Wichtige Annahmen	Unberücksichtigt	Einschätzung
<b>Unfälle</b>				
33%	Reproduktion Ressourcenausfalls Immaterielle K.	BASt-Methodik Immaterielle Kosten als Zahlungsbereitschaft: 1.500.000 € pro Todesfall		B1 (Problem Dunkelziffer bei Straßenverkehrsunfällen) A2 (Höhe VSL umstritten)
<b>Lärm</b>				
7%	Zahlungsbereitschaft Gesundheit	Zahlungsbereitschaft abgeleitet aus verschiedenen Studien Gesundheit: Schadenskosten als Folge erhöhten Risikos für Herzinfarkte Zielwert: 50 dB(A) (nach DIN 18005 )	Über das erhöhte Herzinfarkt- risiko hinausgehende Gesundheitskosten Produktionseinbußen	B2 (Betroffenheiten kreisfein) A2 (andere Gesundheitsrisiken unberücksichtigt)
<b>Luftverschmutzung</b>				
28%	Gesundheit Gebäudeschäden Ertragseinbußen in der Landwirtschaft Waldschäden	Gesundheitskosten: WHO-Studie, PM <sub>10</sub> Leitindikator Gebäudeschäden: direkte und indirekte Methodik Schadenskosten für Vegetations- und Waldschäden Datengrundlage: Immissionskataster Sachsen Keine Zahlungsbereitschaft	Ästhetische Einbußen an Gebäuden, Schäden an Kulturgütern Beeinträchtigung ökologischer Funktionen, ideeller Werte, Arten- und Biotoprückgang	B2 (Kausalität Ursache- Wirkung schwierig, Höhe VSL umstritten) A3 (Verallgemeinerbarkeit der Schweizer Ergebnisse kritisch)
<b>KI mafolgen</b>				
14%	Vermeidung	Ziel: Senkung verkehrlicher CO <sub>2</sub> - Emissionen um 25% bis 2005 bezogen auf 1990; Kostensatz: 135 €/t CO <sub>2</sub>		A2 (tendenziell vorsichtige Schätzung)

Tabelle 63, Teil I: Zusammenstellung der Methoden zur Berechnung der verkehrsbedingten externen Kosten pro Kostenkomponente in Sachsen 1999 sowie deren Einschätzung



Anteil	Kosten der	Wichtige Annahmen	Unberücksichtigt	Einschätzung
<b>Natur und Landschaft</b>				
3%	Kombination aus Entsiegelungs- und Wiederherstellungskosten Zahlungsbereitschaft	Referenzniveau: Zustand von 1950: Ermittlung der Kosten zur Entsiegelung und Wiederherstellung seitdem versiegelter Fläche. Vermeidungskosten für Straßen- und Schienenverkehr Zahlungsbereitschaft zur Bewahrung von Natur und Landschaft von 17 € pro Person und Monat nach [Infras/IWW 2000]	Streusalzeintrag Schäden durch Verluste an Kraft- und Schmierstoffen, Brems- und Reifenabrieb Unfälle mit Gefahrgütern	A2 (zahlreiche Effekte bleiben unberücksichtigt)
<b>Trennwirkung</b>				
0%	Zeitverluste querender Fußgänger	Nach [Infras/IWW 2000] in Anlehnung an [EWS 1997] Für alle bebauten Gebiete nach Lärmkataster Sachsen	Änderung der Wegewahl einschließlich Folgen für soziale Beziehungen Verringerung der Zahl verkehrlich unzerschnittener Räume Wirkungen auf Flora und Fauna	A3 (zahlreiche Effekte bleiben unberücksichtigt)
<b>Flächeninanspruchnahme</b>				
1%	Eingeschränkte Flächenverfügbarkeit für Fahrradfahrer	Annahme: Verkehrsaufkommen zu hoch → nicht genug Platz für Fahrradfahrer → Radwege notwendig Kosten für Bau von Fahrradwegen an Straßen mit einem DTV > 3.000 Kfz pro Tag für alle Strecken	Flächenbedarf der anderen Verkehrsteilnehmer Flächenleistungen Visuelle Effekte Erschütterungen	A3 (zahlreiche Effekte bleiben unberücksichtigt)

Tabelle 63, Teil II: Zusammenstellung der Methoden zur Berechnung der verkehrsbedingten externen Kosten pro Kostenkomponente in Sachsen 1999 sowie deren Einschätzung



Anteil	Kosten der	Wichtige Annahmen	Unberücksichtigt	Einschätzung
<b>Kosten vor- und nachgelagerter Prozesse</b>				
14%	Lebenszyklus-betrachtung	Klima- und Luftverschmutzungskosten: Anteil an den während des Betriebs verursachten Kosten  Andere Folgen wie z.B. Lärm durch vor- und nachgelagerte Prozesse sind nach [Infras/IWW 2000] im Vergleich zu den durch den Betrieb entstehenden Kosten zu vernachlässigen.	Lärm, Flächenverbrauch, Unfälle vor- und nachgelagerter Prozesse	B2 (Probleme analog zu den Kosten der Luftverschmutzung und der Klimakosten)
<b>Stau</b>				
-	Zeitkosten	Nutzung der in [Infras/IWW 2000] für die verschiedenen „Level of Service“ ermittelten mittleren Zeitverluste pro Fahrzeugkilometer  Zeitwerte aus europäischen Studien, der BVWP und der EWS		B1 (Ermittlung Zeitverluste schwierig)
<b>Wegekosten</b>				
-	Wegekostenrechnung	Wegekostenrechnung nach DIW, Berücksichtigung der Kritikpunkte in der Sensitivitätsrechnung  Ausgaben für den Schienen- und Luftverkehr sowie die Binnenschifffahrt	Vor- und nachgelagerte Kosten der Infrastruktur	B1 (methodische Probleme der Wegekostenrechnung)

Tabelle 63, Teil III: Zusammenstellung der Methoden zur Berechnung der verkehrsbedingten externen Kosten pro Kostenkomponente in Sachsen 1999 sowie deren Einschätzung

## 6 Literaturverzeichnis

Aberle / Engel 1992

Aberle, G.; Engel, M.: Theoretische Grundlagen zur Erfassung und Bewertung des volkswirtschaftlichen Nutzens, in: Internationales Verkehrswesen 44 (1992) 5. Heft, S. 169-175

Aberle / Engel 1993

Aberle, G.; Engel, M.: Der volkswirtschaftliche Nutzen des Straßengüterfernverkehrs, Forschungsprojekt im Auftrag der International Road Transport Union (IRU), Abschlussbericht, Langfassung, Genf 1993

Aberle / Engel 1994

Aberle, G.; Engel, M.: Volkswirtschaftliche Beurteilung des Straßengüterfernverkehrs: Umfassende Systembetrachtung notwendig, Internationales Verkehrswesen 1+2/1994, S. 13-19

Aberle 1995

Aberle, G.: Zum ökonomischen Nutzen des Autoverkehrs, in: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e.V. (FGU): Mobilität um jeden Preis? – Expertenworkshop zu externen Kosten des Verkehrs und den Möglichkeiten, sie zu verringern, im Auftrag des UBA, 382. Seminar, 6.11.1995, Materialien

Babisch 1992

Babisch W.; Elwood P. C.; Ising H. 1992: Zur Rolle der Umweltepidemiologie in der Lärmwirkungsforschung, Verkehrslärm als Risikofaktor für Herzinfarkt, Bundesgesundheitsblatt 35, p. 130-133

Baum 1997

Baum, H.: Der volkswirtschaftliche Nutzen des Verkehrs, in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft 68 (1) 1997, S. 27-51

Baumann 1991

Baumann, M. et al, PROGNOSE AG Köln: Behandlungskosten von Unfallverletzten, Bericht zum Forschungsprojekt 8729 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch-Gladbach, 1991

Bickel 1995

Bickel, P.; Friedrich, R.: Was kostet uns die Mobilität? Externe Kosten des Verkehrs, Heidelberg 1995

Bröcker 1998

Bröcker, J.: Welfare Effects of a Transport Subsidy in a Spatial Price Equilibrium, Diskussionsbeiträge aus dem Institut für Wirtschaft und Verkehr Nr. 3/98, Dresden 1998

Brühning 1978

Brühning E.; Völker, R. 1978: Unfallgeschehen auf Autobahnen, in: Straße und Autobahn 6, pp. 248-253



Brühning 1995

Brühning E. 1995: Entwicklung der Verkehrssicherheit auf europäischen Autobahnen, Straße und Autobahn, Heft 1

BFS 1993

Bundesamt für Statistik; System eines internalisierungsorientierten Parkraummanagements; Berechnung der Abgaben für Infrastrukturkosten; Schweiz 1993.

BAST 1992

Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST): Schätzung der gesamtwirtschaftlichen Unfallkosten für das Jahr 1990, Bergisch Gladbach 1992

BAST 1999

Baum, H.; Höhnscheid, K.-J.: Volkswirtschaftliche Kosten der Personenschäden im Straßenverkehr, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Mensch und Sicherheit Heft M 102, Bergisch Gladbach 1999

BAST-Info 2000a

Bundesanstalt für Straßenwesen: Wissenschaftliche Informationen der Bundesanstalt für Straßenwesen – BAST-Info 12/00, <http://www.bast.de>

BAST-Info 2000b

Bundesanstalt für Straßenwesen: Wissenschaftliche Informationen der Bundesanstalt für Straßenwesen – BAST-Info 15/00, <http://www.bast.de>

BAST 2000c

Baum, H.; u.a.: Volkswirtschaftliche Kosten der Sachschäden im Straßenverkehr, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Mensch und Sicherheit Heft M 119, Bergisch Gladbach 2000

BAST 2000d

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Mensch und Sicherheit Heft M 118: Leistungen des Rettungsdienstes 1998/99, Bergisch Gladbach 2000, Kurzfassung unter <http://www.bast.de>

Blum 1996

Blum, U.: Benefits and External Benefits of Transport – aber Spatial View, Dresdner Beiträge zur Volkswirtschaftslehre Nr. 9/96, Dresden 1996

BBR 2000

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): Raumordnungsbericht 2000, Bonn 2000

BMG 2000

Bundesminister für Gesundheit (BMG) (Hrsg.): Daten des Gesundheitswesens 2000, Berlin

BMU 2000

Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrsg.): Ökonomische Bewertung der Klimaschutzpolitik – Diskussion und Bewertung der Kosten und Nutzen, Berlin 2000



BMV 1990

Bundesminister für Verkehr (BMV) (Hrsg.): Richtlinie für den Lärmschutz an Straßen (RLS-90), Ausgabe 1990, Bonn 1990

BMV 1992

Bundesminister für Verkehr (BMV) (Hrsg.): Rechenbeispiele zu den Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RBLärm-92), Ausgabe 1992, Bonn 1992

BMV 1993a

Bundesminister für Verkehr (BMV) (Hrsg.): Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen – Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan 1992, BMV-Schriftenreihe Heft 72, Bonn 1993

BMV 1993b

Bundesminister für Verkehr (BMV) (Hrsg.): Straßen und Lebensräume – Ermittlung und Beurteilung straßenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume, in: Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 654, 1993

BMVBW 2000

Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) (Hrsg.): Verkehr in Zahlen 2000, Berlin 2000

BMVBW 2002

Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) (Hrsg.): Verkehr in Zahlen 2002, Berlin 2002

BMWV/GVF 1997

Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr Wien; Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement / Dienst GVF Bern (Hrsg.): Einzel- und gesamtwirtschaftliche Wegekostenrechnung Straße / Schiene in Österreich und der Schweiz, GVF-Auftrag Nr. 239, Wien, Zürich, Basel 1997

Bröcker 1998

Bröcker, J.: Welfare Effects of a Transport Subsidy in a Spatial Price Equilibrium, Diskussionsbeiträge aus dem Institut für Wirtschaft und Verkehr Nr. 3/98, Dresden 1998

Busch 1994

Busch, S.: Verkehrsunfallfolgen schwerstverletzter Unfallopfer, Umfang und Bewältigung sowie Ermittlung der Reproduktionskosten auf empirischer Basis, Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M25, Bergisch Gladbach 1994

Dings 2001

Dings, J.: External costs of aviation, Draft, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Delft 2001

DIW 2000

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW): Wegekosten und Wegekostendeckung des Straßen- und Schienenverkehrs in Deutschland im Jahre 1997, Gutachten im Auftrag des Bundesverbandes Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL) e.V. und des Allgemeinen Deutschen Automobil-Clubs (ADAC) e.V., Berlin 2000



EBP/IKAÖ 2000

Ernst Basler + Partner; Interfakultäre Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie (IKAÖ)  
Universität Bern: Strategie „Nachhaltiger Verkehr“, Projekt C7 des NFP 41, Bern 2000

ECMT 1998

European Conference of Ministers of Transport; Efficient Transport for Europe; Policies for  
Internalisation of External Costs; Paris, 1998.

ECOPLAN 1991

ECOPLAN: Soziale Kosten von Verkehrsunfällen in der Schweiz, GVF-Auftrag Nr. 186,  
Bern 1991

ECOPLAN 1992a

ECOPLAN: Externe Kosten im Agglomerationsverkehr. Fallbeispiel Region Bern, Bericht  
15B des NFP ‘Stadt und Verkehr’; Zürich 1992

ECOPLAN 1992b

ECOPLAN: Internalisierung externer Kosten im Agglomerationsverkehr. Fallbeispiel Region  
Bern; Bericht 15A des NFP ‘Stadt und Verkehr’; Zürich 1992

ECOPLAN 1993

ECOPLAN: Externe Nutzen des Verkehrs. Wissenschaftliche Grundlagen, Bericht 39 des  
NFP ‘Stadt und Verkehr’; Zürich 1993

ECOPLAN 1995

ECOPLAN: Soziale und externe Kosten von Verkehrsunfällen in der Schweiz, Aktualisierung  
für das Jahr 1993, GVF-Auftrag Nr. 239, Bern 1995

ECOPLAN 1996

ECOPLAN: Monetarisierung der verkehrsbedingten externen Gesundheitskosten, GVF-  
Auftrag Nr. 272, Bern 1996

ECOPLAN 1998

ECOPLAN: Externalitäten im Verkehr – Leitfaden für die Verkehrsplanung, Bern 1998

ECOPLAN 2000

ECOPLAN: Externe Lärmkosten des Verkehrs: Hedonic Pricing Analyse, Arbeitspapier  
(Vorstudie II), Bern 2000, aus dem Internet heruntergeladen unter  
[http://www.are.admin.ch/publikationen/publikationen\\_pdf/laerm\\_2\\_schlussbericht.pdf](http://www.are.admin.ch/publikationen/publikationen_pdf/laerm_2_schlussbericht.pdf)

Ellinghaus 1999

Ellinghaus, D; Steinbrecher, J.; Fahrausbildung in Europa; Uniroyal Verkehrsuntersuchung,  
Nr. 24; Hannover/Köln, 1999.

Endres 1991

Endres, A. u.a.: Der Nutzen des Umweltschutzes, UBA-Berichte 12/91, Erich Schmidt  
Verlag, Berlin 1991



Enquete 1994

Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages, Schutz der Erdatmosphäre (Hrsg.):  
Mobilität und Klima, Economica-Verlag, Bonn 1994

Ernst Basler + Partner AG 1998

Ernst Basler + Partner AG: Nachhaltigkeit: Kriterien im Verkehr, Bericht C5 des NFP 41,  
Bern 1998

Ewers 1998

Ewers, H.-J.: Externe Nutzen des Verkehrs – herbeigeredet oder totgeschwiegen?, in: Umwelt  
& Verkehr – Verkehrswende oder Verkehrtwende? Studenteninitiative Wirtschaft und  
Umwelt e.V. (Hrsg.), Münster 1998

EWS 1997a

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Empfehlungen für  
Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS), Aktualisierung der RAS-W 86,  
Entwurf, Köln 1997

EWS 1997b

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Kommentar zum Entwurf der  
Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS), Aktualisierung der  
RAS-W 86, Köln 1997

ExternE 1997a

IER and others: External Costs of Transport in ExternE, EU Joule III, Germany 1997

ExternE 1997b

European Commission DGXII, Science, Research and Development JOULE (1998):  
Externalities of Energy, ExternE-Project. Methodology Annexes (siehe  
<http://externe.jrc.es/infosys.html>)

FGSV 1992

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsführung und  
Verkehrssicherheit: Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA), Köln 1992)

FGSV 1995

FGSV; Preispolitische Instrumente im Straßenverkehr; FGSV - Arbeitspapier Nr. 37;  
Ausgabe 1995.

FGU 1995

Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e.V. (FGU): Mobilität um jeden  
Preis? – Expertenworkshop zu externen Kosten des Verkehrs und den Möglichkeiten, sie zu  
verringern, im Auftrag des UBA, 382. Seminar, 6.11.1995, Materialien

Friedrich 2001

Friedrich, R.; Bickel, P. (Eds.): Environmental External Costs of Transport, Berlin;  
Heidelberg; New York: Springer 2001, ISBN: 3-540-42223-4, SLUB Verkehr

GDV 2000

Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft (Hrsg.): Statistisches Taschenbuch der  
Versicherungswirtschaft 2000, Berlin 2000, herunterzuladen unter [www.gdv.de](http://www.gdv.de)



Glasauer 1991

Glasauer, H.: Städtische Verkehrsbelastung und die Betroffenheit der sozialen Schichten; Internationales Verkehrswesen 43 (1991), 1/2. Heft, S. 37-42

GVF 1992

Dienst für Gesamtverkehrsfragen (GVF): Soziale Kosten von Verkehrslärm in der Schweiz - Kurzfassung, GVF-Bericht 3/92

GVF 1993

Dienst für Gesamtverkehrsfragen (GVF): Wie genau ist genau genug? - Soziale Kosten und Nutzen im Verkehrsbereich, Essay-Papier, Bearbeitung: INFRAS, GVF-Auftrag Nr.231, Zürich 1993

GVF 1996

Sommer, H.; Neuenschwander, R.E.: Monetarisierung der verkehrsbedingten externen Umweltkosten. Synthesebericht. Bern: GS EVED Dienst für Gesamtverkehrsfragen GVF, 1996; GVF-Auftrag Nr.272

GVF 1997

Dienst für Gesamtverkehrsfragen (GVF): Umweltindikatoren im Verkehr - Kennziffern für einen ökologischen Vergleich der Verkehrsmittel, Essay-Papier, Bearbeitung: INFRAS, GVF-Auftrag Nr.289, GVF-Bericht 1/1997, Zürich 1997

Hautzinger 1993

Hautzinger, H. u.a.: Dunkelziffer bei Unfällen mit Personenschaden, Berichte der BASt, Heft M13 (Reihe Mensch und Sicherheit), Bergisch-Gladbach 1993

Hautzinger 1994

Hautzinger, H.; Heidemann, D.; Krämer, B. u.a.: Fahrleistungen und Unfallrisiko von Kraftfahrzeugen, Schlußbericht zur Fahrleistungserhebung 1990, Berichte der BASt, Heft M30, Bergisch-Gladbach 1994

Hautzinger 1996

Hautzinger, H. et al, Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung: Verkehrsunfallrisiko in Deutschland, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Mensch und Sicherheit Heft M58, Bergisch Gladbach, 1996

Heinz / Klaaßen-Mielke 1990

Heinz, I.; Klaaßen-Mielke, R.: Krankheitskosten durch Luftverschmutzung, Heidelberg 1990

Heusch/Boesefeldt 1993

Heusch/Boesefeldt Beratende Ingenieure für Verkehrstechnik und Datenverarbeitung GmbH; TÜV Rheinland: Untersuchungen des repräsentativen Fahrverhaltens von Pkw auf Stadt- und Landstraßen; im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin 1993

Huckestein 1995

Huckestein, B.; Verron, H.: Externe Effekte des Verkehrs in Deutschland, in: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e.V. (FGU): Mobilität um jeden Preis? – Expertenworkshop zu externen Kosten des Verkehrs und den Möglichkeiten, sie zu verringern, im Auftrag des UBA, 382. Seminar, 6.11.1995, Materialien



Hübler 1992

Hübler, K.-H.; Krüger, M.: Kosten der Bodenbelastung, Waldschäden und Gefährdung der Artenvielfalt, Prognos-Schriftenreihe: Identifizierung und Internalisierung externer Kosten der Energieversorgung, Band 1, Basel 1992

Infraconsult 1992

Infraconsult: Soziale Kosten des Verkehrslärms in der Schweiz, GVF-Auftrag Nr. 191, 1992

Infraconsult 1999

Infraconsult AG 1999: Kosten und Nutzen im Natur- und Landschaftsschutz, Bericht C1 des NFP 41, Bern 1999

INFRAS 1992a

Maibach, M.; Iten, R.; Mauch, S.P.: Internalisieren der externen Kosten des Verkehrs, Nationales Forschungsprogramm Stadt und Verkehr, Fallbeispiel Agglomeration Zürich, Band 33. Zürich 1992

INFRAS 1992b

Infras: Gebäudeschäden durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung, GVF-Auftrag 197, Bern

INFRAS 1995

Infras: Aktualisierung der externen Kosten im Verkehrsbereich, Arbeitspapier im Auftrag des Dienstes GVF, Bern 1995

INFRAS 1995

INFRAS 1995: Ökoinventar Transporte, Transporte – Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Transportsystemen und für den Einbezug von Transportsystemen in Ökobilanzen, SPP Umwelt, Modul 5, Zürich 1995

Infras/Econcept/Prognos 1996

Infras/Econcept/Prognos: Die vergessenen Milliarden, externe Kosten im Energie- und Verkehrsbereich, Haupt-Verlag, Bern 1996

Infras/IWW 1995

Infras/IWW: Externe Effekte des Verkehrs, Studie im Auftrag des internationalen Eisenbahnverbandes (UIC), Zürich/Karlsruhe 1995

INFRAS 1999

INFRAS 1999: Modellierung der PM10-Belastung in der Schweiz, Zusammenfassung, Bern

InfrasIWW 2000

Maibach, M. u.a.: External Costs of Transport, Infras, IWW, im Auftrag der International Union of Railways (UIC), Paris 2000

Intraplan 1995

Intraplan Consult GmbH: "Entwicklung von Methoden zur Quantifizierung des kommunalen Nutzens des ÖPNV", i.A. des BMV, München 1995



IPCC 1999

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Aviation and the Global Atmosphere – Summary for Policymakers, <http://www.ipcc.ch/pub/reports.htm>

IRER 1993

Institut de Recherches Economiques et Régionales (IRER) (Neuchâtel): Die sozialen Kosten des Verkehrs in der Schweiz (GVF-Auftrag Nr. 174), Bern 1993

Isecke 1991

Isecke, B.; Weltchev, M.; Heinz, I.: Volkswirtschaftliche Verluste durch umweltverschmutzungsbedingte Materialschäden in der Bundesrepublik Deutschland, UBA-Texte 36/91

Ising 1997

Ising, H.; Babisch, W.; Kruppa, B.: Risikoerhöhung für Herzinfarkt durch chronischen Lärmstress, in: Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 44, 1997

Iten 1990

Iten 1990: Mikroökonomische Bewertung von Veränderungen der Umweltqualität, Zürich

IWW 1998

IWW et al. 1998: Entwicklung eines Verfahrens zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung, Umweltbundesamt, Karlsruhe

Jones-Lee 1991

Jones-Lee M. W.: Altruism and the Value of Other People's Safety, in: Journal of Risk and Uncertainty, 4 (1991); pp. 213-219

Jones-Lee 1999

Jones-Lee M. W. et al. 1999: On the Contingent Valuation of Safety and the Safety of Contingent Valuation: Part 2 The CV/SG „Chained Approach, Journal of Risk and Uncertainty 17:3, p. 187-213, 1999

Junkernheinrich 1992

Junkernheinrich, M.; Klemmer, P. (Hrsg.): Wirtschaftlichkeit des Umweltschutzes, Zeitschrift für angewandte Umweltforschung, Sonderheft 3/1992, Analytika-Verlag Berlin 1992

Klebensberg 1982

Klebensberg, D.; Verkehrspsychologie; Springer Verlag; 1982.

Klockow 1992

Klockow, S.; Matthes, U.: Umweltbedingte Folgekosten im Bereich Freizeit und Erholung; in: Junkernheinrich, M.; Klemmer, P. (Hrsg.): Wirtschaftlichkeit des Umweltschutzes, Zeitschrift für angewandte Umweltforschung, Sonderheft 3/1992, Analytika-Verlag Berlin 1992

KNMI 2000

(KNMI): Measuring and modelling the effects of aviation on the atmosphere, <http://www.knmi.nl/onderzk/atmosam/aviation.html>



Krupp 1984

Krupp, R.; Hundhausen, G.: Volkswirtschaftliche Bewertung von Personenschäden im Straßenverkehr, Bergisch Gladbach 1984

Moths 1996

Moths, E.: Beyond Economics and Econometrics: Some Psychological Aspects of the Internalization of External Costs, in: Hohmeyer, O.: Social costs and sustainability, Springer 1996, S. 516-527

Lehmann 1996

Lehmann, C.: Die politische Ökonomie des Road Pricing; Vorträge und Studien aus dem Institut für Verkehrswissenschaft an der Universität Münster; Heft 30; Vandenhoeck & Ruprecht in Göttingen; 1996.

LfUG 2000a

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.): OMKAS – Tagungsband zur Abschlußveranstaltung am 16. März 2000 in Dresden

LfUG 2000b

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.): Materialien zur Luftreinhaltung 2000: Halbjahresbericht zur Ozonbelastung in Sachsen, Sommer 2000; Dresden 2000

LfUG 2000c

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.): Materialien zur Luftreinhaltung 2000: Jahresbericht zur Immissionsituation 1999; Dresden 2000

LfUG 2001a

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) (Hrsg.): Umweltqualitätsziele auf die Füße stellen, Umweltverträgliche Land- und Flächennutzung, Band II: Verkehr

LfUG 2001b

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) (Hrsg.): Klimaprognose für Sachsen – Kurzfassung, verfügbar unter <http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/>

LfL 2000

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL): Erzeugerpreisentwicklung 1999 für landwirtschaftliche Produkte, Dresden 2000

Lohmeyer 1998

Düring, I.; Nitzsche, E.; Lohmeyer, A.: Erstellung eines Programmsystems Immissionskataster Sachsen, Sachstandsbericht vom 18.12.1998, im Auftrag des LfUG, Radebeul 1998

Lohmeyer 2000

Moldenhauer, A.; Düring, I.; Lohmeyer, A.: Immissionskataster Sachsen – Erweiterung des Programmsystems IMMIKART um die Schadstoffe Benzol, Ruß und PM10, im Auftrag des LfUG, Radebeul 2000



Lohmeyer 2001

Moldenhauer, A.; Düring, I.; Lohmeyer, A.: Validierung von PM10-Immissionsberechnungen im Nahbereich von Straßen und Quantifizierung der Feinstaubbildung von Straßen, im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin und des LfUG, Radebeul 2001

Maibach 1999

Maibach, M.: Faire und effizient Preise im Verkehr: preispolitische Vorschläge für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung in der Schweiz, 1. Aufl., Chur; Zürich: Rüegger, 1999

Makay 1999

Mackay, E.; et. al.; Transport And The Economy; The Standing Advisory Committee On Trunk Road Assessment; Department of the Environment, Transport and the Regions; 1999

Meyer 1999

Meyer, C.: Straßenbenutzungsgebühren als Instrument zur Internalisierung der externen Kosten des Pkw-Verkehrs, Aachen: Shaker 1999, Berichte aus der Volkswirtschaft

Ortscheid 1996

Ortscheid, J.: Daten zur Belästigung der Bevölkerung durch Lärm, in: Zeitschrift für Lärmbekämpfung (43), 1996, s. 15-23

Ott 1999

Ott, W.; Seiler, B.; Kälin, R.: Externe Kosten im Verkehr: Regionale Verteilungswirkungen, Berichte des NFP 41 „Verkehr und Umwelt“, Bericht D4, Bern 1999

Pischinger 1998

Pischinger, R. (hrsg.): Volkswirtschaftliche Kosten-Wirksamkeitsanalyse von Maßnahmen zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs in Österreich, Technische Universität Graz, Mitteilungen des Instituts für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik, Heft 72

PLANCO 1990

PLANCO Consulting GmbH: Externe Kosten unterschiedlicher landgebundener Verkehrsträger, Gutachten im Auftrag der Deutschen Bundesbahn, Essen 1990

PLANCO 1993

PLANCO Consulting GmbH: Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Verkehr: Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrsweegeinvestitionen; Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan 1992, Schriftenreihe des Bundesministers für Verkehr, Heft 72, Bonn 1993

PLANCO 1999

PLANCO Consulting GmbH: Modernisierung der Verfahren zur Schätzung der volkswirtschaftlichen Rentabilität von Projekten der Bundesverkehrswegeplanung, Gutachten im Auftrag des BMVBW, Essen 1999

Reinhold 1997

Reinhold, T.: Zur Problematik der Monetarisierung externer Kosten des Verkehrslärms, in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 68. Jg. 1997, Heft 2, Verkehrs-Verlag G.Fischer, Düsseldorf



RLS 90

Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau; Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen; Bonn, 1990.

Rothengatter 1994

Rothengatter, W.: Do External Benefits Compensate for External Costs of Transport?, in: Transportation Research 28A (4) 1994, S. 321-328

Schulz 1985

Schulz, W.: Der monetäre Wert besserer Luft, Peter-Lang-Verlag, Frankfurt a.M., Bern und New York, 1985

SMUL 2001

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) (Hrsg.): Sächsischer Agrarbericht 2000, Dresden 2001

Schley 2001

Schley, F.: Wege zu mehr Nachhaltigkeit im Verkehr, TU Dresden, Dissertation

Schluchter 1992

Schluchter, W.: Die psychosozialen Kosten der Umweltverschmutzung, in: Junkernheinrich, M.; Klemmer, P. (Hrsg.): Wirtschaftlichkeit des Umweltschutzes, Zeitschrift für angewandte Umweltforschung, Sonderheft 3/1992, Analytika-Verlag Berlin 1992

Schwab 1996

Schwab Christie N., Soguel N. 1996: The pain of Road Accident Victims and the Bereavement of their Relatives: A Contingent Valuation Experiment, in: Journal of risk and Uncertainty, 13, p. 277-291, 1996

SrV 1998

System repräsentativer Verkehrsbefragungen (SrV) – Kennziffern zur Mobilität, Technische Universität Dresden, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Dresden 1998

Statistisches Bundesamt 1994

Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Verkehr, Fachserie 8, Reihe 7, Verkehrsunfälle 1993

Statistisches Bundesamt 2000

Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Gesundheitsbericht für Deutschland 1998, Kapitel 6.13: Rettungsdienste und Krankentransportwesen, <http://www.gbe-bund.de>

Statistisches Bundesamt 2001

Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch 2001, Wiesbaden 2001

Statistisches Landesamt 2000a

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Sachsen 2000

Statistisches Landesamt 2000b

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (Hrsg.): Statistische Berichte: Bevölkerung und Erwerbstätigkeit, Haushalte und Familien in den Kreisen des Freistaates Sachsen, Mai 2000, A VII 6 – j/00, Kamenz 2000



Statistisches Landesamt 2001

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen: Straßenverkehrsunfälle im Freistaat Sachsen 1999, Statistische Berichte Verkehr, HI1-j/00, Kamenz 2001

TUD 1999a

Technische Universität Dresden, Lehrstuhl für Verkehrsökologie: Untersuchungen zur Einführung einer emissionsabhängigen Abgabe im Straßenverkehr (MEM). Forschungsvorhaben im Auftrag des SMWA, Zusammenstellung der einzelnen Zwischenberichte, Dresden, 1999

TUD 1999b

Technische Universität Dresden, Lehrstuhl für Verkehrsökologie: Klimaschutz-Studie Teil II, Modul 5: Verkehr. Forschungsvorhaben im Auftrag des LfUG, Dresden, 1999

TUD 2000a

Technische Universität Dresden, Lehrstuhl für Verkehrsökologie: Dynamisiertes Emissionskataster für Sachsen. Untersuchung im Auftrag des Instituts für Troposphärenforschung Leipzig, Abschlußbericht, Dresden, Januar 1999, 2000 – wird weitergeführt

TUD 2000b

Technische Universität Dresden, Lehrstuhl für Verkehrsökologie: Ermittlung der Kosten und Nutzen von Verkehr in Sachsen - Vorstudie. im Auftrag des LfUG, Abschlußbericht und Argumentationsleitfaden, Dresden

TUD 2001a

Technische Universität Dresden, Lehrstuhl für Verkehrsökologie: Ermittlung der Kosten und Nutzen von Verkehr in Sachsen – Hauptstudie. im Auftrag des LfUG, 1. Zwischenbericht

TUD 2001b

Technische Universität Dresden, Lehrstuhl für Verkehrsökologie: Ermittlung der Kosten und Nutzen von Verkehr in Sachsen – Hauptstudie. im Auftrag des LfUG, 2. Zwischenbericht

UPI 1991

Umwelt- und Prognose-Institut e.V. (UPI): Lebenszeitverluste durch Straßenverkehrsunfälle in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1989, UPI-Bericht Nr. 22, 1991

UPI 1993

Umwelt- und Prognose-Institut e.V. (UPI): Umweltwirkungen von Finanzinstrumenten im Verkehrsbereich, UPI-Bericht Nr. 21, Heidelberg 1993

UPI 1999

Umwelt- und Prognose-Institut e.V. (UPI): Externe Gesundheitskosten des Verkehrs in der Bundesrepublik Deutschland, im Auftrag von Greenpeace Deutschland, UPI-Bericht Nr. 43

UPI 1999

Umwelt- und Prognose-Institut e.V. (UPI): Krebsrisiko durch Benzol und Dieselrußpartikel, UPI-Bericht Nr. 44, 4. Aufl. 1999

UPI 1999

Umwelt- und Prognose-Institut e.V. (UPI): Neue medizinische Erkenntnisse über die gesundheitlichen Auswirkungen von Sommersmog, UPI-Bericht Nr. 47, 1999



UPI 2000

Umwelt- und Prognose-Institut e.V. (UPI): Möglichkeiten der Einsparung volkswirtschaftlicher Kosten durch Geschwindigkeitsbegrenzungen, UPI-Bericht Nr. 42, 2. Aufl. 2000

UBA 1986

Umweltbundesamt (UBA): Kosten der Umweltverschmutzung, Tagungsband zum Symposium im Bundesministerium des Innern am 12. und 13. September 1985, Berichte des UBA 7/86, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1986

UBA 1989

Umweltbundesamt (UBA): Lärmbekämpfung '88, Tendenzen, Probleme, Lösungen, Berlin

UBA 1991

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.): Volkswirtschaftliche Verluste durch umweltverschmutzungsbedingte Materialschäden, UBA-Texte 36/91, Berlin 1991

UBA 1994a

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.): Umweltqualitätsziele, Umweltqualitätskriterien und –standards – Eine Bestandsaufnahme, UBA-Texte 64/94, Berlin 1994

UBA 1994b

Umweltbundesamt (UBA): Auswirkungen des Straßenverkehrs auf den Wald, Bericht des Umweltbundesamtes für die 41. Umweltministerkonferenz, UBA-Texte 63/94, Berlin 1994

UBA 1996

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.): Manual and Methodologies and Criteria for Mapping Critical Levels/Loads and Geographical Areas where they are exceeded. UBA-Texte 71/96

UBA 1999a

Umweltbundesamt: Umweltentlastung durch Kostenminimierung: Least Cost Planning im Verkehr, UBA-Texte 53/99, Berlin 1999

UBA 1999b

Umweltbundesamt, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie: OECD Projekt – Environmentally Sustainable Transport (EST), Phase 2 – Deutsche Fallstudie, Berlin 1999

UBA 1999c

Umweltbundesamt (Hrsg.): Jahresbericht 1998, Berlin 1999

Verron 1998

Verron, H.: Das EU-Grünbuch: eine Lektüre zum Abkassieren im grünen Einband, Umwelt & Verkehr – Verkehrswende oder Verkehrtwende?, Münster 1998

Vester 1990

Vester, F.: Ausfahrt Zukunft – Strategien für den Verkehr von Morgen: Eine Systemuntersuchung, Wilhelm Heyne Verlag München, 3. Aufl., München 1990

Volkmar 1999

Volkmar, H.: Quantifizierung nachhaltiger motorisierter Mobilität, 1. Aufl., Clausthal-Zellerfeld: Papierflieger-Verl., 1999 (CUTEC-Schriftenreihe; Nr. 33)



Welfens 1995

Welfens, U.; Gerking, D.; Hockeler, U.; Stiller, H.: „Schattensubventionen“ im Bereich des Pkw-Verkehrs, Wuppertal Papers Nr. 33, 1995

WHO 1999

WHO 1999: Health Costs Due to Road Traffic-Related Air Pollution, an impact assessment project of Austria, France and Switzerland, economic evaluation, technical report, London 1999

Willeke 1996

Willeke, R.: Positive Externalitäten des Automobilverkehrs, in: Zeitschrift für angewandte Umweltforschung 7 (2) 1994, S. 153-158

Willeke 1996

Willeke, R.: Mobilität, Verkehrsmarktordnung, externe Kosten und Nutzen des Verkehrs, Schriftenreihe des Verbandes der Automobilindustrie e.V. (VDA) Nr.81, Köln 1996