

Mobilität

## Verkehr in Liechtenstein – Bestandsaufnahme und Wege für die Zukunft

**Impressum:**

Verkehr in Liechtenstein – Bestandsaufnahme und Wege für die Zukunft. Reihe: Mobilität. Positionspapier Nr. 1, Liechtensteinische Gesellschaft für Umweltschutz LGU (Hrsg.). Schaan, Liechtenstein, 2002

**Herausgeberin:**

Liechtensteinische Gesellschaft  
für Umweltschutz LGU  
Im Bretscha 22  
9494 Schaan, Liechtenstein  
T +423 232 52 62, F +423 237 40 31  
mail lgu@lgu.lol.li, website <http://www.lgu.li>

**Autoren:** Rainer Hämmerle  
Alexander Hauri

**Gestaltung:** beck grafikdesign est., Triesen

**Druck:** Gutenberg AG, Schaan

Schaan, Liechtenstein, 2002

Gedruckt auf 100% Recyclingpapier

**Bemerkung:** Die weibliche und männliche Form wurde in ungeordneter Abwechslung verwendet. Das andere Geschlecht ist jeweils mitgemeint

# Inhalt

<b>1 Zusammenfassung</b>	<b>2</b>	8.7 Übersicht über Lösungsgrundsätze	
<b>2 Einleitung</b>	<b>4</b>	und ihre Handlungsfelder	38
2.1 Nachhaltigkeit als Grundgedanke	4	8.8 Fazit	38
<b>3 Momentane Verkehrssituation in Liechtenstein</b>	<b>6</b>	<b>9 Rolle der LGU und anderer</b>	<b>39</b>
<b>und der Region</b>	<b>6</b>	<b>Interessensvertretungen</b>	<b>39</b>
3.1 Binnenverkehr	6	9.1 Die LGU und andere Organisationen	
3.2 Ziel-/Quellverkehr	8	im Themenbereich Verkehr	39
3.3 Transitverkehr	10	9.2 Grundsätze der LGU	40
3.4 Übersicht Pendlerverkehr	11	9.3 Ziele, Massnahmen und Mittel der LGU	40
3.5 Zahlen im Überblick	11	<b>10 Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>43</b>
<b>4 Entwicklungen und Tendenzen im Verkehr</b>	<b>12</b>	Symbole für chemische Stoffe	43
4.1 Verkehrsentwicklung in Liechtenstein	12	<b>11 Glossar</b>	<b>44</b>
<b>5 Ökologische Auswirkungen des Verkehrs</b>	<b>16</b>	<b>12 Literaturverzeichnis</b>	<b>45</b>
5.1 Umwelteffizienz von Verkehrsmitteln	16	Tabellenverzeichnis	46
5.2 Risiken für Mensch, Tier und Pflanze	17	Abbildungsverzeichnis	46
5.3 Unfälle und Verletzungen	19	Verzeichnis der Bilder	47
5.4 Lokale und globale Auswirkungen	19	<b>13 Anhang</b>	<b>48</b>
<b>6 Gesamtwirtschaftliche Kosten</b>	<b>21</b>	13.1 Energie-Umwelteffizienz	
6.1 Externe Kosten des Verkehrs	21	der Verkehrsmittel im Vergleich	48
6.2 Externe Nutzen	26	13.2 Emissions-Umwelteffizienz	
6.3 Zahlen auf einen Blick	26	(NO <sub>x</sub> ) der Verkehrsmittel im Vergleich	49
6.4 Fazit zu externen Kosten und Nutzen	27	13.3 Emissions-Umwelteffizienz	
6.5 Mögliche Massnahmen	27	(KW) der Verkehrsmittel im Vergleich	50
<b>7 Geplante Baumassnahmen zur</b>	<b>28</b>	13.4 Lärm-Immissionen	
<b>Verkehrsverringerung</b>	<b>28</b>	der Verkehrsmittel im Vergleich	51
7.1 Letzetunnel und S18	28	13.5 Luftschadstoffmessung Vaduz	52
7.2 Ortsumfahrungsvarianten		13.6 Luftschadstoffmessung	
im Liechtensteiner Unterland	28	Planken	53
7.3 Fazit zu den Bauprojekten	30	13.7 Auswirkungen von Abgasen	
<b>8 Alternative Verkehrskonzepte</b>	<b>32</b>	auf Mensch, Tier und Pflanze	54
<b>und Lösungsvorschläge</b>	<b>32</b>		
8.1 Rechtliche Rahmenbedingungen	32		
8.2 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen	32		
8.3 Soziale Rahmenbedingungen	33		
8.4 Raumplanerische Rahmenbedingungen	34		
8.5 Verkehrsplanerische			
Rahmenbedingungen	35		
8.6 Zukünftige überregionale			
Verkehrslösungen	37		

# 1 Zusammenfassung

Ein jährlich steigendes Verkehrsaufkommen und Staus bei gleichzeitiger hoher Lärm- und Abgasbelastung der Bevölkerung und der Umwelt sowie geringe Akzeptanz und Auslastung des Öffentlichen Verkehrs sind eine Tatsache. Diese Stichworte bilden die Eckpunkte der Problemstellungen im Bereich Mobilität in vielen europäischen Ländern und auch in Liechtenstein. Modellrechnungen lassen auch für die Zukunft keine Besserung erwarten. Dazu tragen der weiterhin steigende Motorisierungsgrad sowie die immer grossräumiger werdenden Wirtschaftskreisläufe genauso bei, wie eine verfehlte Raumplanung in der Vergangenheit und gesellschaftliche Entwicklungen, welche Mobilität zwingend voraussetzen.

Der verschwenderische Umgang mit fossilen Brennstoffen wird zur Bedrohung für uns und unsere Nachkommen. Nicht nur die Umwelt ist jedoch bedroht, sondern in finanzieller Hinsicht die gesamte Wirtschaft sowie der Staatshaushalt. Zusätzlich anfallende Kosten für das Gesundheitswesen, für Lärmschutzbauten, Kosten durch Gebäudeschäden, Waldschäden und Ernteauffälle stellen schon jetzt eine enorme finanzielle Belastung dar. Immer klarer wird der Zusammenhang zwischen CO<sub>2</sub>- bzw. Schadstoffausstoss und Klimaveränderungen, welche nicht nur unabsehbare wirtschaftliche Schäden verursachen, sondern zukünftiges (Über-)Leben in



Moderne Lösungen für den öffentlichen Verkehr

Würde und Frieden in Frage stellen. Allein in den letzten vier Jahrzehnten sind die Aufwendungen von Versicherungen für Schäden, welche von Naturkatastrophen verursacht wurden, um das neunfache angestiegen.

Es wird somit klar, dass Massnahmen dringend erforderlich sind. Die bisherige Verkehrspolitik hatte ein möglichst schnelles Vorwärtkommen im Auto zum Ziel. Als Lösung bei Kapazitätsproblemen wurden neue Strassen gebaut. Dass dadurch das Verkehrsaufkommen nicht sinkt, sondern langfristig steigt, ist seit längerem bekannt und wird auch bei aktuell geplanten Strassenbauprojekten von Modellstudien (Besch und Partner, 2001; Gruner und Emch&Berger, 1997) belegt. Trotzdem wird weiterhin, die Folgewirkungen ignorierend, an dieser irrationalen Verkehrspolitik festgehalten.

Ein generelles Umdenken ist hier nötig. Dabei ist nicht nur die Politik gefordert, sondern gleichsam die Wirtschaftsbetriebe und vor allem jede einzelne Bürgerin und jeder einzelne Bürger. Viele kurze Autofahrten sowie der Weg zum Arbeitsplatz im Auto sind vermeidbar und wären durch den öffentlichen Verkehr oder durch nicht motorisierte Verkehrsmittel leicht zu ersetzen. Anstatt neue Strassen zu bauen, muss daher von Staat und Wirtschaft eine entsprechende Infrastruktur gefordert und von diesen auch zur Verfügung gestellt werden. Begleitet von finanziellen Anreizen und Werbe- bzw. Informationskampagnen könnte so ein Teil des Individualverkehrs auf den öffentlichen Verkehr umgelagert und ein geringeres Verkehrsaufkommen erreicht werden. Der knappe Boden und letzte Naturflächen in Liechtenstein können so geschützt und erhalten werden.

Neue Technologien im Bereich alternative Antriebsmöglichkeiten oder Verkehrsleitsysteme dürfen nicht weiterhin ignoriert, sondern müssen nach Möglichkeit gefördert werden. Auch der öffentliche Verkehr darf sich dem technischen Fortschritt nicht

verschliessen, sondern sollte mit gutem Beispiel vor-ausgehen: Nach über 100 Jahren hat der Verbrennungsmotor als nicht zukunftsfähige Technik ausgedient, ökonomischere und ökologischere Alternativen gibt es längst. Diese alternativen Antriebe zu forcieren wäre nicht nur aus ökologischer Perspektive sinnvoll, sondern würde Liechtenstein einen

wichtigen Vorsprung in einem Zukunftsmarkt geben. Denn eines ist klar: Das Erdöl reicht nicht ewig. Ein Umstieg vom Verbrennungsmotor muss gezwungenermassen erfolgen. Es stellt sich nicht die Frage nach dem «Ob», sondern nur nach dem «Wann» und danach, wie viele ökonomische und ökologische Schäden bis dahin entstanden sind.

## 2 Einleitung

Sich Fortzubewegen – das ist wohl eines der Grundbedürfnisse des Menschen schlechthin. Der über Jahrtausende gehende technische Fortschritt, angefangen mit der Erfindung des Rades, bietet uns heutzutage die Möglichkeit, uns schnell zu weit entfernten Orten zu bewegen.

Diese Betrachtungsweise der Mobilität, als die Überwindung der Distanz zwischen zwei Punkten, ist jedoch zu eng: Vielmehr hat sich die Fortbewegung durch eine kontinuierliche Erhöhung der Reisegeschwindigkeit zu einem integralen und prägenden Element unserer Gesellschaft und Zivilisation entwickelt.

Arbeiten in der Stadt und Wohnen im Grünen, Konsum- und Wirtschaftsgüter aus aller Welt, Reisen an jeden beliebigen Punkt der Erde binnen kürzester Zeit sind möglich, kurzum: Unsere ganze Gesellschaft und Wirtschaft, unser gesamter Wohlstand, baut auf dieser Mobilität auf. Sie wird als Grundrecht gefordert und konsumiert.

Durch die enge Beziehung zwischen Wirtschaft und Technik ergeben sich Rückkoppelungen, die Reise- und Transportgeschwindigkeit wird durch technischen Fortschritt weiter erhöht, was andere, globale Wirtschafts- und Gesellschaftskreisläufe fördert und beschleunigt, welche dann wiederum nach schnelleren Transportmöglichkeiten verlangen. *Technische* Grenzen dieser Aufwärtsspirale sind nicht in Sicht.

Der Preis, den wir alle – nicht nur die «Mobilen» unter uns – für diese Mobilität und individuelle Freiheit bezahlen, ist allerdings hoch. Die Folgen der Umweltbelastung durch Abgase und Lärm sind, wie Kapitel 5 zeigt, ebenso komplex wie die oben genannten Auswirkungen des Phänomens «Mobilität» auf alle gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bereiche. Diese Komplexität zeigt sich nicht nur in der direkten Veränderung und teilweisen Zerstörung unserer Umwelt, sondern auch in deren negativer Rückwirkung auf Gesellschaft und Wirtschaft.

### 2.1 Nachhaltigkeit als Grundgedanke

Die Dreiecksbeziehung zwischen ökologischer Verträglichkeit, sozialer Auswirkung und ökonomischer Leistungsfähigkeit muss bei jeglicher Verkehrsplanung an erster Stelle abgewogen werden. Sie ist der erste Schritt zu einer nachhaltigen Entwicklung und für unsere Zukunft lebenswichtig.

Die Brundtland-Kommission definierte Nachhaltigkeit (→ Glossar) folgendermassen: «Nachhaltigkeit ist ein Konzept, das allen heute lebenden Menschen erlaubt, ihre Bedürfnisse zu befriedigen, ohne die Lebenschancen kommender Generationen zu beeinträchtigen» (BUWAL, 1987). Eine Planung des Verkehrs auf Basis dieser Definition ist nicht nur die einzig sinnvolle und zukunftssträchtige, sondern langfristige gesehen auch die ökonomisch günstigste.

### Reisezeit Basel – Chiasso (13. Jh. bis heute)

Jahr	Verkehrserneuerung	Verkehrsmittel	Reisezeit	Geschwindigkeit
13. Jh.	Saumweg über Gotthardpass	Saumtier, Schiff	6 Tage	4 km/h
1830	Fahrbare Strasse	Kutsche, Wagen	3.5 Tage	9 km/h
1833	Dampfschiffgesellschaft Vierwaldstättersee	Dampfschiffe	3 Tage	10 km/h
1882	Gotthardeisenbahn	Eisenbahn	10.5 Std.	30 km/h
1904	Doppelspuriger Betrieb der Gotthardeisenbahn	Eisenbahn	7.5 Std.	40 km/h
1924	Elektrischer Betrieb der Gotthardeisenbahn	Eisenbahn	6.5 Std.	45 km/h
1960	Technische Neuerungen	Eisenbahn	4.5 Std.	70 km/h
1981	Nationalstrasse N2	Auto	3.0 Std.	90 km/h
2016	NEAT	Eisenbahn	1.75 Std.	160 km/h

Tabelle 1: Entwicklung der Reisezeit vom 13. Jh. bis heute am Beispiel der Strecke Basel-Chiasso (Quelle: Bertschi 1985)

## 3 Momentane Verkehrssituation in Liechtenstein und der Region

Um sich einen möglichst richtigen und umfassenden Überblick über das Verkehrsgeschehen eines Gebiets zu machen, sind auf jeden Fall die umliegenden Regionen sowie grossräumige Verkehrsströme in die Untersuchung mit einzubeziehen. Im Falle von Liechtenstein sind das die angrenzende Schweiz und Österreich, im speziellen natürlich die Rheintalregion, sowie der Raum Süddeutschland. Das Rheintal mit Liechtenstein ist jedoch im grösseren Rahmen Europas zu sehen, liegen sie doch im Zentrum Westeuropas an der grössten Nord-Süd-Barriere, den Alpen, und bilden in diese eine Art Schneise.

Der lokale und der grenzüberschreitende Verkehr verursacht unterschiedliche Problematiken und hat unterschiedliche Ursachen. Damit verbunden sind auch unterschiedliche Lösungsansätze (Kapitel 8). Aus diesen Gründen werden die Teilbereiche (Binnenverkehr 3.1, Ziel-/Quellverkehr 3.2, Transitverkehr 3.3) getrennt behandelt (Abbildung 1). Innerhalb der gesamten Mobilität muss differenziert werden zwischen motorisiertem Individualverkehr (MIV), nicht motorisiertem Individualverkehr (NMIV), öffentlichem Verkehr (ÖV) und Güterverkehr (GV).

In absoluten Zahlen wurden im Schnitt 95'790 Fahrten pro Tag gezählt. Dabei werden 91'500 Fahrten (95.5%) mit dem Pkw zurückgelegt, 4'290 Fahrten (4.5%) sind Lkw-Fahrten, wobei als Lkw alle Fahrzeuge mit einem Gesamtgewicht von über 3.5t gelten (Besch und Partner, 2001).

Weiter müssen die Fahrten nach ihrem Zweck unterteilt werden. Besch und Partner (2001) erhoben durch Befragungen für das Gesamtverkehrsmodell Liechtenstein die Fahrtzwecke (Tabelle 2). Es wurden die Zwecke *Besuch, Einkauf, Freizeit, Pendler, Wirtschaftsverkehr* und «keine Angabe» unterschieden. Im Modell wurden anschliessend lediglich die drei Zwecke *Einkauf, Freizeit* und *Pendler* unterschieden. Um diese Vereinfachung zu erreichen wird zum Zweck *Freizeit* der Zweck *Besuch* dazuge-rechnet, zum Zweck *Einkauf* der Bereich *Wirtschaftsverkehr*. Im Fall des Wirtschaftsverkehrs, der eine eigene Charakteristik aufweist sowie einen grossen Anteil (23.9%) des Verkehrs ausmacht, scheint diese Vereinfachung äusserst fragwürdig und verfälschend. Weil lediglich diese Daten zur Verfügung stehen wird jedoch auch im vorliegenden Positionspapier im folgenden lediglich von den drei Fahrtzwecken *Einkauf, Freizeit* und *Pendler* gesprochen. Die Berücksichtigung dieser Daten allein für den Pkw-Verkehr ergibt folgende Aufteilung auf den Zweck der Fahrten (Besch und Partner, 2001; Metron, 2001): Freizeit: 27.1%, Einkauf: 30.6%, Pendler: 42.3%

- Binnenverkehr 50,4%
- Quell-/Zielverkehr 45,4%
- Transitverkehr 4,2%



Abbildung 1: Anteil des Binnenverkehrs, Quell-/Zielverkehrs und Transitverkehrs am Gesamtverkehrsaufkommen in Liechtenstein (Quelle: Metron, 2001)

### 3.1 Binnenverkehr

Zum Binnenverkehr zählen jene Fahrten, welche sowohl Start- als auch Zielort in Liechtenstein haben. Trotz der kleinen Landesgrösse und der somit immer naheliegenden Grenze sowie der vielen Auslands-pendler macht der Binnenverkehr den Hauptteil von 50.4% (Besch und Partner, 2001) am Gesamtverkehr aus. Das entspricht 48'300 Fahrten. Dieser Verkehr ist hausgemacht.

Fahrtzweck	in %	Bemerkung
Besuch	6.9	Besuch und Freizeit zusammen zu Freizeit: 26.4%
Freizeit	19.5	Besuch und Freizeit zusammen zu Freizeit: 26.4%
Einkauf	11.2	Einkauf und Wirtschaftsverkehr zusammen zu Einkauf: 35.1%
Wirtschaftsverkehr	23.9	Einkauf und Wirtschaftsverkehr zusammen zu Einkauf: 35.1%
Pendler	38.0	Hauptsächlich Arbeitspendlerverkehr
Keine Angabe	0.4	–

**Tabelle 2: Aufteilung der Fahrten nach ihrem Zweck auf alle Fahrten (95'790) in Liechtenstein** (Quelle: Besch und Partner, 2001)

### 3.1.1 Motorisierter Pendlerverkehr im Binnenverkehr Liechtensteins

Der gesamte Pendlerverkehr, der hauptsächlich aus Arbeitsverkehr besteht, macht 42.3% des gesamten MIV Liechtensteins aus, wovon wiederum 58% Binnenpendlerinnen (Pendler zwischen den Gemeinden) und 42% Gemeindebinnenpendler (Pendlerinnen innerhalb der Gemeinde) sind.

Der Pendlerverkehr zeichnet sich für den Einzelnen aus durch die selbe, immer wieder gefahrene Strecke zur gleichen Uhrzeit, was ein Umsteigen auf den öffentlichen Verkehr besonders einfach machen würde. Entsprechende Massnahmen seitens des öffentlichen Verkehrs gibt es bereits. Diese finden sich vor allem in der Fahrplangestaltung, wie zum Beispiel beim «Taktolino»: kürzere Intervalle und schnelle Anschlüsse. Genutzt werden diese Möglichkeiten zu wenig. Nach Besch und Partner (1998) wird der Weg zur Arbeit bei Unternehmen mit mehr als 50 Beschäftigten zu 74% mit dem eigenen Kfz zurückgelegt, nur 20% verwenden den ÖV und nur 6% fallen unter den NMIV. Nach INFRAS (1996) liegt die Pkw-Auslastung im Arbeitspendlerverkehr bei nur 1.28 Personen/Pkw im Vergleich zur Auslastung im Gesamt-MIV von 1.61 Personen/Pkw<sup>1</sup>.

Aus verkehrstechnischer Sicht ergibt sich durch den Arbeitsverkehr aus oben genannten Gründen eine starke Verkehrskonzentration zu den Stosszeiten morgens und abends. Bedingt durch Staus verliert dadurch auch der ÖV – im Falle Liechtensteins der Bus – an Attraktivität.

### 3.1.2 Einkaufs- und Freizeitverkehr

Dieser mit knapp 58% grosse Bereich des MIV ist sehr uneinheitlich und gekennzeichnet einerseits durch Unregelmässigkeit in Zeit (z.B. Nachts) und Weg (oft mehrere Wegstrecken werden zurückgelegt), andererseits durch Transporttätigkeiten (z.B. Einkauf), was ein Umsteigen auf den ÖV in der

konventionellen Form oder das Fahrrad oft erschwert. Dem motorisierten individuellen Einkaufs- und Freizeitverkehr wäre demnach mit weitergreifenden strukturellen Änderungen (z.B. Siedlungsplanung- und Raumplanung) eher als mit Fahrplangestaltung beizukommen. Die durchschnittliche Pkw-Auslastung im Freizeitverkehr ist nach INFRAS (1996) mit 2.1 Personen/Pkw relativ hoch.

### 3.1.3 Nicht motorisierter Individualverkehr (Rad- und Fussverkehr)

Zahlen und Erhebungen zu diesem Verkehrsbereich fehlen völlig, dieser Verkehrsbereich wird in aktuellen Verkehrsmodellen (Besch und Partner, 2001) bisher nicht berücksichtigt.

Grundvoraussetzung für die stärkere Nutzung des Fahrrads oder der eigenen Füsse sind kleinräumige Siedlungsstrukturen mit geringen Distanzen zwischen Quellen und Zielen, welche die für den NMIV akzeptablen Entfernungen<sup>2</sup> nicht überschreiten. Diese Voraussetzungen sind grösstenteils gegeben, sowohl innerorts durch die geringe Ausdehnung als auch zwischen den Orten, vor allem im Siedlungsgürtel Triesen, Vaduz und Schaan.

Topographische Verhältnisse sind als ebenso wichtig einzustufen, da zu überwindende Höhenunterschiede das Gehen oder Radfahren erschweren. Der Talboden des Rheintals weist durchgehend geeignete Verhältnisse für den NMIV auf. Siedlungsstrukturen wie in Triesenberg («Wohnen am Hang»), an den Abhängen von Schaan und Vaduz sowie im Gebiet Schellenberg oder Zersiedlung («Wohnen im Grünen») wirken jedoch einer häufigen Benutzung des Fahrrades entgegen.

Als dritte Voraussetzung für den NMIV ist ein gutes Wegenetz zu nennen. Primär bilden Strassen das Wegenetz für den MIV sowie den NMIV. Durch die hohe Geschwindigkeit der Kfz sowie die fehlende «Schutzhülle» des NMIV ist eine entsprechende Strassengestaltung notwendig.

In Liechtenstein sind entlang der Hauptverkehrsstrassen grossteils Radstreifen markiert oder von der Hauptfahrbahn getrennte Fuss- und Radwege vorhanden. Gerade in den wichtigen Ortschaften Triesen, Vaduz, Schaan, Nendeln und Mauren aber wird aus Platzmangel der motorisierte und der Radverkehr zusammen geführt, was auf Grund der hohen Geschwindigkeiten der Kfz nicht attraktiv, sondern vielmehr gefährlich ist für Radfahrer. Verbesserungen wären hier notwendig, sind aber schwer durchzuführen. Ein weiterer grosser

<sup>1</sup> Die Zahlen beziehen sich auf die Schweiz, grosse Unterschiede zu Liechtenstein sind nicht zu erwarten

<sup>2</sup> Als akzeptable Entfernungen werden von uns für Radfahrer maximal 4 km Weglänge, für Fussgänger maximal 1 km mit jeweils maximal 100 m Höhendifferenz angenommen

,Mangel sind praktisch überall fehlende Fahrrad-abstellmöglichkeiten, sei es auf öffentlichen Plätzen, bei öffentlichen Gebäuden oder auf Firmengeländen. Dies müssen nicht immer überdachte Fahrradparkplätze sein, einfache Metallbügel erfüllen genauso ihren Zweck.

Zudem ist noch ein gutes Radwegenetz für den Freizeitverkehr (z. B. Rheindamm) vorhanden, welches jedoch zur Verringerung des MIV nur von beschränkter Bedeutung ist.

### 3.1.4 Öffentlicher Verkehr

Liechtenstein wird im Bereich Öffentlicher Verkehr vor allem durch Regionalbuslinien erschlossen. Der Zugverkehr hat im Binnenverkehr (Quelle und Ziel innerhalb Liechtensteins) eine vernachlässigbare Bedeutung.

Busse verkehren auf den Hauptlinien im 20-Minuten Takt. Hauptlinien sind vor allem die Orte im Zentrum von Liechtenstein und Linien mit Anschluss an das Bahnnetz in Sargans, Buchs und Feldkirch.

Es sind alle Ortszentren Liechtensteins erschlossen, ebenso befinden sich an den wichtigsten Arbeitsplatzstandorten Bushaltestellen. Lücken in der Erschliessung gibt es teilweise in Hanglagen, in einigen Industrie- und Gewerbegebieten in Vaduz und Triesen sowie in Freizeitanlagen. Trotzdem kann die Erschliessung als gut bezeichnet werden.

Die Ortsstruktur begünstigt zusätzlich eine gute Erschliessung, da die grösseren Ortschaften eher langgezogen sind und keine grosse Breite haben. Als eventuelle Mängel am Busangebot sind zu nennen:

- kompliziertes Liniennetz
- unterschiedliche Linienführung (Linien 70 bis 75)
- Vermischung von Funktionen: Anbindung ans Ausland und Feinerschliessung in den Gemeinden durch die selbe Linie.
- Nacht- und Wochenendangebot unzureichend, dadurch wird MIV in der Freizeit verursacht.

Trotz des insgesamt guten Angebots und des sehr günstigen Preises (Jahreskarte CHF 80) werden die Buslinien im Vergleich zum privaten Kfz wenig genutzt. Eine Zählung der PTT 1997 ergab, dass pro Tag im Durchschnitt 11'300 (Regierung des Fürstentums Liechtenstein, 1997) Fahrgäste transportiert werden – im Vergleich zu 95'790 Kfz-Fahrten täglich(!). Die angegebenen Gründe dafür sind vielschichtig und sind rational und wirtschaftlich teilweise nur schwer nachzuvollziehen:

- zu wenig bequem
- zu langsam (Gesamtreisezeit mit Anmarschweg, Wartezeiten, Umsteigen)
- zu unflexibel (Unabhängigkeit wird gewünscht)
- Gewohnheit ans eigene Kfz
- Komplizierte Fahrpläne
- Teilweise unangenehme Haltestellen
- Niedriges Prestige

### 3.1.5 Fazit zum Binnenverkehr

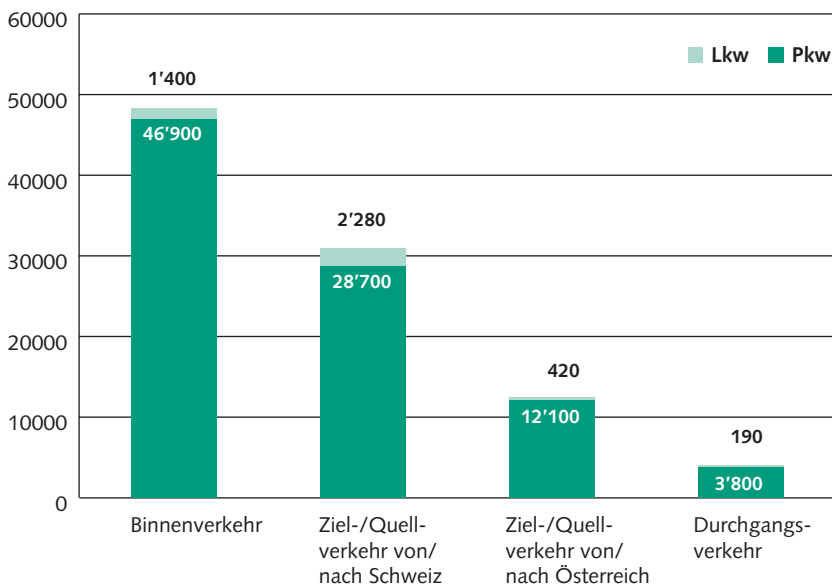
Obwohl das Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln ausreichend, wenn auch noch verbesserungsbedürftig ist und auch zum Teil eine gute Infrastruktur für den NMIV vorhanden wäre, werden diese Angebote kaum wahrgenommen. Der Grossteil der Wege wird mit dem eigenen Kfz zurückgelegt. Gerade im Arbeitspendlerverkehr läge ein grosses Reduktionspotential, wenn man einerseits die Wegestruktur, andererseits die extrem geringe Pkw-Auslastung in Betracht zieht.

Auch der bei weitem günstigere Preis des ÖV im Gegensatz zum MIV scheint kein Argument zu sein. Das Auto ist Gewohnheit und Kult-/Prestigeobjekt und wird ohne Nachdenken im Bezug auf ökonomische und ökologische Überlegungen verwendet. Um den Anteil des Öffentlichen Verkehrs zu erhöhen müsste vor allem eine Imageverbesserung stattfinden, was in Ansätzen schon geschieht.

### 3.2 Ziel-/Quellverkehr

Unter den Ziel-/Quellverkehr fallen alle Fahrten, welche entweder ihren Ausgangs- oder ihren Zielort in Liechtenstein haben. 45.4% des Verkehrs gemessen am Gesamtverkehrsaufkommen oder 43'500 Fahrten pro Tag sind nach Besch und Partner (2001) dem Ziel-/Quellverkehr zuzuordnen, wobei der Anteil des Verkehrs von/in die Schweiz mit 30'980 Fahrten (71.2%) gegenüber 12'520 Fahrten (28.8%) von/nach Österreich deutlich überwiegt. Eine Befragung von Besch und Partner (2001) an Grenzübergängen Liechtensteins ergab eine durchschnittliche Fahrzeugbelegung von 1.3 Personen. Durch die immer stärker werdenden internationalen Verflechtungen der Wirtschaft, teilweisen Abbau der Grenzhindernisse sowie den durch Arbeitskräftebedarf stärker werdenden Auslandspendlerverkehr ist die Tendenz des Ziel-/Quellverkehrs anteilmässig am Gesamtverkehrsaufkommen stark steigend. 1983 waren 24%<sup>3</sup> des MIV dem Ziel-/Quellverkehr zuzuordnen (Institut für Strassenbau

3 Diese Studie bezieht sich allein auf den MIV während sich die aktuellen Zahlen des «Gesamtverkehrsmodell Liechtenstein» auf das Gesamtverkehrsaufkommen beziehen



**Abbildung 2: Verkehrsaufkommen (gesamt: 95'790 Fahrten) unterschieden nach Binnen-, Ziel-/ Quell- und Durchgangsverkehr, sowie nach Personen- und Güterverkehr**  
(Quelle: Metron, 2001)

d. Univ. Innsbruck, 1983), was in etwa der Hälfte des heutigen Aufkommens entspricht.

### 3.2.1 Pendlerverkehr im Ziel-/Quellverkehr

Nach Besch und Partner (1998) haben 65% der Zupendlerinnen ihren Arbeitsplatz im Gebiet Schaan–Vaduz–Triesen. Der Grossteil der Pendlerfahrten von Österreich wird über den Grenzübergang Tisis/Schaanwald abgewickelt.

Der Anteil der Auslandspendler am Gesamtpendleraufkommen macht laut Besch und Partner (1998) 35% aus, in absoluten Zahlen sind das laut Amt für Volkswirtschaft (2001) pro Tag 11'586 Zupendler, davon rund 5'240 Zupendlerinnen aus Österreich, ca. 4'340 aus der Schweiz sowie ein Teil aus Deutschland (Amt für Volkswirtschaft, 2000). Dazu kommen 1'131 Wegpendler, also in Liechtenstein wohnende Personen, welche in Österreich oder der Schweiz arbeiten. Geht man davon aus, dass 80% 2-Fahrten-Pendler (eine Hin- und eine Rückfahrt pro Tag) sind und 20% 4-Fahrten-Pendlerinnen (zwei Hin- und zwei Rückfahrten pro Tag), sowie von einer durchschnittlichen Fahrzeugbelegung von 1.3 Personen pro Pkw so ergibt sich ein Faktor von 1.85, mit dem die Pendlerzahl multipliziert werden kann, um annähernd die Anzahl der Pendlerfahrten zu berechnen. Es ergibt sich eine Pendlerfahrtenzahl von ca. 9'700 von/nach Österreich und ca. 8000 von/nach der Schweiz. Die Gesamtpendlerfahrten mit Wegpendlerinnen beläuft sich somit auf über 19'500 als Maximalwert<sup>4</sup>. Der grösste Teil wird mit dem eigenen Kfz zurückgelegt,

der ÖV hingegen wird kaum benutzt: Zählungen der PTT 1992 ergaben am Grenzübergang Schaanwald laut Metron (1992) 360 Fahrgäste / Tag, bei der ÖBB wird mit ca. 300 Fahrgästen / Tag gerechnet. Bei diesen ohnehin schon niedrigen Zahlen muss aber bedacht werden, dass nicht nur Arbeitspendler, sondern alle Fahrgäste miteinbezogen wurden.

Durch die Einführung des Liechtenstein-Takts mit mehreren Zügen und einer neuen Haltestelle Forst Hilti sind bereits einige Änderungen in die richtige Richtung geschehen – mit Erfolg: Die Fahrgastanzahl in Zügen konnte von 275 im Mai 2000 (vor der Fertigstellung der Haltestelle) um 44% auf 396 im Juni 2000 (nach der Fertigstellung) erhöht werden.

Eine stärkere Rolle kommt den Werksbussen zu, sie erreichen etwa 2'148 Fahrten pro Tag. Der überwiegende Rest von rund 16'000 Fahrten fällt in den Bereich MIV. Der NMIV spielt wegen der grösseren Distanzen praktisch keine Rolle.

Trotz der breiten Akzeptanz der Werksbusse werden diese von den Firmen schrittweise wegen hoher Kosten reduziert. In einigen Betrieben gibt es ein Engagement Richtung Mobilitätsmanagement, welche eine Kompensation durch Förderung des ÖV und anderer Massnahmen erreichen wollen. Damit diese Umstellung nicht scheitert, wäre vor allem auf gute kombinierte Bus- und Bahnschlüsse zu achten, um gewisse Synergieeffekte zu erzielen. Ebenso sind neue Buslinien, etwa über Nofels-Ruggell zu erstellen. Zudem wäre eine günstigere Tarifstruktur der schweizerischen und österreichischen Verkehrsbetriebe sowie eine enge Zusammenarbeit wichtig.

### 3.2.2 Güterverkehr innerhalb des Quell-/Zielverkehrs

Der Lkw-Anteil am Gesamtverkehrsaufkommen liegt bei 4.5% – bei einer Fahrtenzahl von 95'790 sind das in etwa 4'290 Lkw / Tag (Besch und Partner, 2001).

Aus Abbildung 2 ist ersichtlich, dass mit 53% der Grossteil des Lkw-Güterverkehrs mit der Schweiz abgewickelt wird – vor allem wegen der offenen Grenze. Ein Drittel kann dem Binnenverkehr zugerechnet werden, knappe 10% des Güterverkehrs gehen von/nach Österreich.

#### 3.2.2.1 Güterverkehr auf der Schiene

Pro Tag verkehren zwischen Feldkirch und Buchs pro Richtung im Durchschnitt 8 bis 9 Güterzüge. Unter-

<sup>4</sup> Dieser rechnerische Wert ist höher als der von Besch und Partner (1998) angenommene Wert. Der Grund dafür dürfte das unterschiedliche Bezugsjahr, sowie die in den letzten Jahren stark gestiegene Anzahl der Zupendlerinnen sein.

Import	566'066 t
Export	249'692 t
Transit	625'135 t
<b>Summe</b>	<b>1'440'893 t</b>

**Tabelle 3: Menge der im Jahr 1996 auf dem Schienenweg in Liechtenstein beförderten Güter** (Quelle: Regierung des Fürstentum Liechtenstein, 1997)

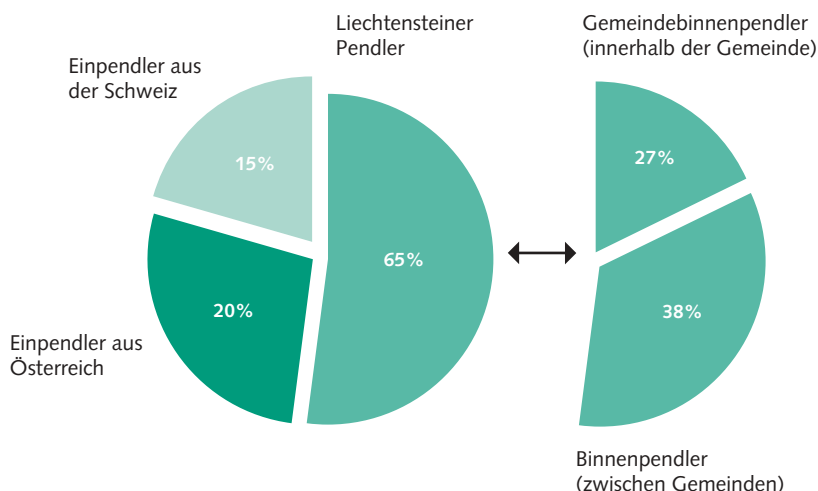
teilt in Import und Export (entsprechend Quell-/Ziel) und Transit ergeben sich nach Frachtgewicht folgende Zahlen:

Die Summe von 1.44 Mio. t durch die Bahn transportierten Güter verglichen mit der auf ein Jahr hochgerechneten Zahl allein der Lkw-Fahrten von 1.3 Mio. in Liechtenstein zeigt, dass der Bahn-Güterverkehr nur einen verschwindend kleinen Anteil am Gesamtgüterverkehr ausmacht: Der Grossteil der Güter wird per Lkw transportiert.

### 3.2.3 Fazit zum Quell-/Zielverkehr

Auch im Quell-/Zielverkehr spielt das eigene Auto durch die längeren Wegstrecken eine dominierende Rolle. Vor allem der Auslandspendlerverkehr wäre dazu prädestiniert, wie in 3.1.1 beschrieben, auf den ÖV umzusteigen, wobei hier eine weitere Angebotsverbesserung notwendig wäre. Ein Engagement der Arbeitgeber in diese Richtung wäre ebenfalls wünschenswert, damit erspart sich der Betrieb grosse Unkosten, z.B. durch verminderten Parkplatzbau (siehe 8.3.1).

Der Güterverkehr wird zum Grossteil per Lkw abgewickelt, die Bahn nimmt auch hier nur den Platz einer Randerscheinung ein, wohl deshalb weil eine Feinverteilung der Güter per Bahn bisher nicht möglich ist.



**Abbildung 3: Anteile der Pendler nach Wohnort 1998** (Quelle: Besch und Partner, 1998)

### 3.3 Transitverkehr

Nur etwa 4.2% (Metron, 2001) des Gesamtverkehrs in Liechtenstein sind reiner Transitverkehr, davon entfallen in etwa 5% auf den Gütertransitverkehr per Lkw. Gemessen am Gesamtverkehr macht der Lkw-Durchgangsverkehr lediglich 0.2% aus. In Anbetracht der vielfach stärkeren Abgas- und Lärmbelastung als beim Pkw sowie der starken Fahrbahnbeanspruchung wird dieser geringe Wert in seinen Auswirkungen allerdings wieder relativiert. Trotzdem ist der Lkw-Transitanteil mit 0.2% am Gesamtverkehr nicht so gross wie oft vermutet wird. Der Grossteil des Güterverkehrs im Rheintal findet auf der schweizerischen A13 und auf der parallel laufenden österreichischen A14 statt, Liechtenstein fällt die Rolle der Verbindung zwischen diesen zwei Routen zu. Der Transit Österreich-Schweiz durch Liechtenstein wird zu gleichen Teilen über die Routen Schaanwald-Nendeln-Haag und Schaanwald-Schaan-Buchs abgewickelt.

95% des Durchgangsverkehrs fallen unter den Personentransport. Dieser Bereich ist vom Fahrtzweck her sehr inhomogen, darunter etwa Urlaubs- und Einkaufsverkehr in die Schweiz respektive Österreich sowie ebenfalls Arbeitspendler. Das in 3.1.1 zum Binnenverkehr gesagte trifft hier ebenfalls zu: Gerade der Arbeitspendlerverkehr mit dem eigenen Auto wäre leicht vermeidbar.

#### 3.3.1 Güterverkehr innerhalb des Transitverkehrs

Der Güterverkehr, sowohl im Import-/Exportbereich als auch im Transit wird grundsätzlich per Lkw durchgeführt. Liechtenstein befindet sich damit in bester internationaler Gesellschaft, steigt doch der Lkw-Transit jährlich. So sank der Bahnanteil im alpenquerenden Güterverkehr zwischen 1970 und 1999 von 78% auf 33%. Der Strassenanteil stieg im selben Zeitraum von 22% auf 67% bei einer Vervielfachung(!) der Gütermenge (nur auf der Strasse) von 6.1 Mio. t auf 85.2 Mio. t (LITRA, 2001).

Der Transitverkehr wird dabei über Schaanwald-Nendeln-Haag sowie über Schaanwald-Schaan/Vaduz-Buchs geleitet, was zu einer zusätzlichen Belastung der dort wohnhaften Bevölkerung führt. Dies führt wiederum zum Wunsch nach einer Umfahrungsstrasse, und somit wären wir in der in der Einleitung genannten Verkehrsspirale um eine weitere Windung nach oben gelangt.

Dennoch muss nochmals wiederholt werden, dass der Transit bislang nur einen relativ geringen Anteil am liechtensteinischen Verkehrsgeschehen

hat, da der internationale Nord-Süd-Güterverkehr auf anderen Routen abgewickelt wird.

### 3.4 Übersicht Pendlerverkehr

Der Pendlerverkehr besteht zu einem grossen Anteil aus Arbeitsverkehr. Abbildung 4 zeigt, dass ca. ein Drittel des Pendlerverkehrs aus dem Ausland kommt, 65% des Pendlerverkehrs wird im Land erzeugt.

Dies entspricht auch in etwa dem Verhältnis der Zupendlerinnen zur liechtensteinischen erwerbstätigen Bevölkerung von ca. 11'500 abzüglich 1'130 Wegpendlerinnen (Amt für Volkswirtschaft, 2000). Unabhängig von der tendenziell kürzeren Wegstrecke fahren also die Liechtensteinerinnen genauso oft mit dem Auto zum Arbeitsplatz wie die Zupendler.

Nochmals soll an dieser Stelle betont werden, dass gerade der Arbeitsverkehr prädestiniert ist für den ÖV. Zukünftige verkehrsplanerische sowie betriebsinterne Massnahmen müssen deshalb darauf abzielen, diesen Verkehrsbereich zumindest teilweise auf den ÖV zu verlagern. Als erwünschte Nebenwirkung würden die Kapazitätsengpässe an verschiedenen Punkten des Strassennetzes zu Spitzenzeiten beseitigt. Abgesehen davon, dass Strassen nie auf Spitzenbelastungen ausgelegt werden dürfen, wäre ein Ausbau der entsprechenden Strassenteile dadurch ebenfalls unnötig.

### 3.5 Zahlen im Überblick

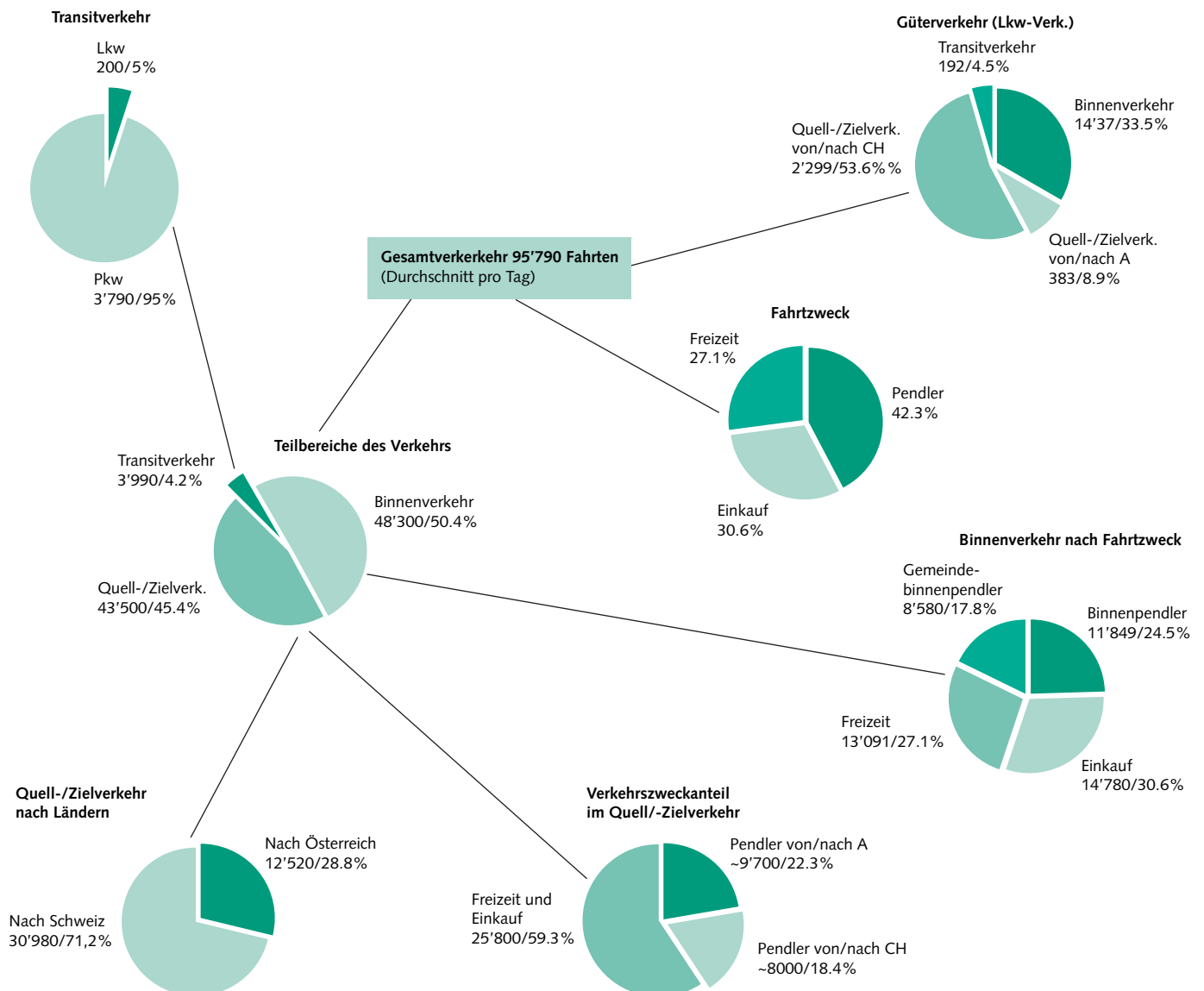


Abbildung 4: Grafische Übersicht über das Verkehrsverhalten und die Verkehrssituation in Liechtenstein und der Region

## 4 Entwicklungen und Tendenzen im Verkehr

Wie schon eingangs festgestellt steigt das Verkehrsaufkommen jährlich, sowohl auf nationaler wie auch auf internationaler Ebene. Das Auto und auch der Warenverkehr per Lkw haben sich durch die Verkehrspolitik der vergangenen Jahrzehnte zu einer selbstverständlichen und bequemen Gewohnheit entwickelt. Immer stärker wird dieser Verkehr jedoch zur Belastung für die Bevölkerung.

### 4.1 Verkehrsentwicklung in Liechtenstein

Innerhalb Liechtensteins ist diese Entwicklung anhand einer Kfz-Statistik deutlich zu sehen (Tabelle 4).

So erhöhte sich die Anzahl der Motorfahrzeuge in 3 Jahren um knapp 13%, was einer jährlichen Steigerung von über 4% entspricht. Die Zahl der Personenwagen pro Kopf stieg von 1975 von 0.4 auf mittlerweile 0.7 (ohne Miteinberechnung von Motorrädern, Motorfahrrädern oder anderweitiger Kfz). Entgegen früherer Annahmen wurde kein Sättigungsgrad erreicht, ein Ende dieser Entwicklung ist also nicht abzusehen.

In der «Problemzone» Unterland stieg die Verkehrsbelastung auf der Vorarlbergerstrasse in Schaan-

wald von ca. 3 Mio. Kfz im Jahr 1983 auf ca. 4.2 Mio. im Jahr 1996, in der Essanestrasse in Eschen im selben Zeitraum von 2.6 Mio. auf 4.6 Mio. pro Jahr. Dieser Zustand ist einerseits für die Bevölkerung untragbar, andererseits aber grossteils von ihr selbst verursacht, da der Durchgangsverkehr in Liechtenstein nur eine Randbedeutung hat, wenngleich der Gesamttransitanteil mit 13%<sup>5</sup> auf diesem Streckenabschnitt deutlich höher ist.

### 4.1.2 Fazit zur Verkehrsentwicklung

Aus Tabelle 5 ist deutlich erkennbar, dass sowohl der Individualverkehr als auch das Verkehrsaufkommen insgesamt zunehmen. Daraus ergeben sich Staus, welche auch den ÖV betreffen und dessen Attraktivität stark mindern. Hier sind Lösungen gefordert. Der Ausbau der Bahn ist problematisch und in einem kleinen Land nur begrenzt sinnvoll. Das Bussystem bietet ein relativ gutes und vor allem sehr günstiges Angebot, leidet jedoch an Verkehrsbehinderungen durch den MIV. Der Ausbau für den NMIV ist noch lückenhaft und durch den Mischverkehr unattraktiv, weshalb der NMIV tendenziell abnimmt.

### 4.1.3 Prognosen

Der Kurzbericht von Gruner und Emch&Berger (1997) analysiert mittels Modellrechnung die Verkehrsentwicklung der Region mit und ohne Auswirkung geplanter Strassenbauprojekte. Darin wird davon ausgegangen, dass durch wirtschaftliche Entwicklung und somit Arbeitskräftebedarf, durch geändertes Freizeitverhalten und höheren Wohlstand bis zum Jahr 2005 im Raum Feldkirch eine Steigerung des Pkw-Aufkommens um +19.5% und des Lkw-Aufkommens um +34.4% zu erwarten sind. Am Zollamt Schaanwald ist mit einem Plus von 18% für jeweils Pkw und Lkw auf das Bezugsjahr 1995 zu rechnen. Diese Zahlen gelten ohne bauliche Massnahmen.

Eine Verkehrsuntersuchung von Besch und Partner (1999) rechnet Planfälle mit verschiedenen

<sup>5</sup> Dieser Wert ergibt sich rechnerisch aus 95'790 täglichen Fahrten in Liechtenstein, wovon 4.2% Transitverkehr sind, von denen ca. 50% über die Route Eschen abgewickelt werden, sowie der Verkehrszählung von Besch und Partner (1999), wonach an der Essanestrasse 15'600 Kfz/Tag gezählt wurden.

Fahrzeuge	1960	1980	1996	1999	Differenz 1999 zu 1996
Gewerbliche Traktoren	12	10	27	26	-3.7%
Autobusse, Autocars	20	43	60	66	+10.0%
Kleinbusse	—	62	60	49	-18.3%
Spezialwagen	—	216	407	456	+12.0%
Landwirtschaftl.					
Traktoren	529	751	868	893	+2.9%
Lkw	199	980	2'079	2'428	+16.8%
Motorräder/					
Motorfahrräder	1'017	2'005	2'607	3'563	+36.7%
Personenwagen	1'815	12'569	19'310	21'150	+9.5%
<b>Total</b>	<b>3'592</b>	<b>16'636</b>	<b>25'418</b>	<b>28'631</b>	<b>+12.6%</b>

**Tabelle 4: Anzahl der 1960 bis 1999 in Liechtenstein zugelassenen Motorfahrzeuge (—: Zahlen nicht verfügbar)** (Quelle: Amt für Volkswirtschaft, 2000)

#### 4.1.1 Generelle Sachverhalte und Folgewirkungen

Sachverhalt	Feststellung	Handlung
<b>Generelle Entwicklungen</b>		
<b>Geringe Entfernungen</b> – im Land – zu angrenzenden Zentren im Ausland	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Nahbereich günstig für den NMIV</li> <li>• MIV konkurrenzlos schnell</li> <li>• beim ÖV hat Fussweg grossen Anteil an der Gesamtreisezeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• klare Tendenz zum MIV</li> </ul>
<b>Steigende Einkommen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wohnbautätigkeit</li> <li>• mehr Wohnfläche</li> <li>• Mehr vollmotorisierte Haushalte</li> <li>• Höhere Kaufkraft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weitere Zersiedelung</li> <li>• Verlängerung der Pendlerwege</li> <li>• Disperses Verkehrsaufkommen</li> <li>• Geändertes Freizeitverhalten</li> </ul>
<b>Attraktiver Wirtschaftsstandort</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mehr Arbeitsplätze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mehr Pendlerverkehr</li> </ul>
<b>Grenzhemnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abbau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Höheres Verkehrsaufkommen von/nach Vorarlberg</li> </ul>
<b>Raumentwicklung</b>		
<b>Wohnen im Grünen</b> – Randlagen – Hanglagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• «individueller» (Auto-)Lebensstil</li> <li>• geringe Siedlungsdichte</li> <li>• von den ÖV-Achsen horizontal und vertikal entfernt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ÖV-Erschliessung schwierig</li> <li>• Zugang zum ÖV unattraktiver</li> <li>• Klare MIV-Orientierung</li> </ul>
<b>Parkplätze</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fast überall in mehr als genügendem Mass vorhanden</li> <li>• meistens gratis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bevorzugung des MIV</li> </ul>
<b>Arbeitsplatzansiedlung</b> – Auch ausserhalb des Korridors Triesen–Schaan – z.T. dispers, peripher	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Netzgestaltung beim ÖV schwierig</li> <li>• z. T. entstehen längere Fusswege bei Benutzung des ÖV</li> <li>• Parkplatzangebot vorhanden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ÖV hat Schwierigkeiten, den MIV zu ersetzen</li> </ul>
<b>Dezentrale Freizeitangebote</b> – Unterhaltung – Sport	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zunehmendes Angebot</li> <li>• vielfach ausserhalb des Siedlungsgebietes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erschliessung durch den ÖV schwierig</li> </ul>
<b>Infrastruktur</b>		
<b>Hauptstrassennetz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geringe Behinderung für MIV</li> <li>• gleichzeitig Hauptachsen für ÖV und Rad</li> <li>• keine Ersatzrouten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• konkurrenzlos kurze Fahrzeiten</li> <li>• Behinderungen treffen ÖV stärker</li> <li>• Geringe Sicherheit für Radfahrer</li> </ul>
<b>Fernverkehr Bahn</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschlusspunkte entfernt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anbindung unattraktiv</li> </ul>
<b>Regionalverkehr Bahn</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einbindung im Raum Feldkirch gut</li> <li>• bzgl. Hauptsiedlungskorridor tangential</li> <li>• absolut ungeeignete Infrastruktur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• praktisch immer gebrochener Verkehr (mit Umsteigen)</li> <li>• Angebotsausbau kaum möglich</li> </ul>
<b>Regionalbus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• insgesamt gutes Angebot</li> </ul>	

Tabelle 5: Strukturelle Sachverhalte, Feststellungen und Folgen auf den Verkehr (Quelle: Abgeändert und zusammengefasst aus Metron, 2001)

Bauvarianten in Vorarlberg (S18, Letzetunnel) durch und kommt ohne Baumassnahmen in Liechtenstein, die Entlastungswirkung der voll ausgebauten A13 auf Schweizer Seite jedoch miteinbezogen, am Grenzübergang Schaanwald zu einer Verkehrssteigerung von mindestens 10% bis 2010. Die geplante S18 als Verbindung der A13 mit der A14 hat nach der selben Studie auf den Zollübergang Schaanwald praktisch keine Entlastungswirkung. Der Bau des Letzetunnels in Feldkirch würde eine zusätzliche Verkehrsbelastung für den Grenzübergang Schaanwald von 18% bringen.

#### 4.1.4 Fazit zu den Prognosen

Klar wird, dass von Seite der Regierung eine verkehrsplanerische Lösung und rasches Handeln gefordert wird, um den weiter wachsenden Verkehr auch in Zukunft bewältigen zu können. Jedoch gilt es, ein breites Spektrum an ökonomischen, ökologischen und sozialen Folgewirkungen eventueller Massnahmen abzuklären, um nicht an den Bedürfnissen der Bevölkerung vorbeizubauen. Erforderlich ist ein Gesamtverkehrskonzept für Liechtenstein, welches nicht nur wie im aktuellen Gesamtverkehrsmodell von Besch und Partner (2001) den MIV abdeckt, sondern die wünschenswerten Alternativen wie ÖV sowie Fussgänger- und Radverkehr mit einbindet, um das Verkehrsproblem im Ansatz zu lösen und langfristige, gut aufeinander abgestimmte Lösungen zu bieten.

#### 4.1.5 Die bisherige nationale und internationale Verkehrspolitik

Die Verkehrspolitik der vergangenen Jahrzehnte war darauf ausgerichtet, bei Kapazitätsengpässen im Individualverkehr neue Infrastrukturen herzustellen. Diese Aussage gilt nicht nur für Liechtenstein, sondern ist für den gesamten Europäischen Raum gültig. So wurde laut dem Verkehrs-Club der Schweiz (1991) von 1950 bis 1987 7.6 Mrd. CHF in den Schienenausbau investiert, in den Strassenausbau hingegen 23 Mrd. CHF. In Wechselwirkung damit hat der Motorfahrzeugbestand in der Schweiz laut Bundesamt für Statistik (2000) von 189'000 im Jahr 1950 auf 4.2 Mio. im Jahr 1998 zugenommen. Im Jahr 1980 wurden in die Infrastruktur Strasse 2.58 in die Infrastruktur Schiene 0.52 Mia. CHF investiert, was ein Verhältnis von fünf zu eins ergibt (LITRA, 2001). Für das Jahr 2000 hat sich die Gesamtsumme stark erhöht das Verhältnis verschob sich hingegen zu Gunsten der Schiene: In die Strasse

wurden 4.2 Mia. CHF investiert, bei der Schiene waren es 2.9 Mia. CHF, was einem Verhältnis von 1.5 zu 1 entspricht (Neue Zürcher Zeitung, 14. 5. 2002).

Untersuchungen sowohl zu in der Vergangenheit im Rheintalgebiet gebauten Strassenprojekten wie auch zu geplanten Projekten, im konkreten Fall Liechtenstein etwa S18 oder Letzetunnel mit Umfahrungsstrassen, zeigen einerseits eine grossräumige Verlagerungs- und Anziehungswirkung des Verkehrs auf die neu gebaute Trasse (→ Glossar), andererseits eine generelle Verkehrszunahme durch induzierten Verkehr (→ Glossar). Dies sind Fahrten, welche nur unternommen werden, weil eine neue, attraktive Verkehrsbeziehung angeboten wird (vgl. dazu Regierung des Fürstentums Liechtenstein, 1997; Besch und Partner, 1999).

Durch die fortschreitende Öffnung gegen Osten innerhalb Europas werden sich die Handelsbeziehungen in den kommenden Jahrzehnten zwischen West- und Osteuropa vervielfachen. Das österreichische Wirtschaftsforschungsinstitut rechnet laut Vorarlberger Nachrichten (11./12. 8. 2001) mit einer Versechsfachung des Ost-West-Gütertransits durch Österreich bis 2015. Davon wird auch Liechtenstein nicht verschont bleiben, wenn nicht durch restriktive Massnahmen im Bereich Individual- und Güterverkehr dieser Entwicklung gegengesteuert wird.

Eine solche Gegensteuerung scheint jedoch in Europa – vor allem in der Europäischen Union – nicht Ziel der Verkehrspolitik zu sein. Jährlich fordert die EU von den Alpenländern höhere Transitquoten. Österreich als Mitglied bekommt dies besonders zu spüren, aber auch die Schweiz und Liechtenstein werden dem nur teilweise entgegen gehen können, wie etwa die Angleichung des Lkw-Gewichtslimits in der Schweiz auf 40 Tonnen zeigt. Zu gross ist die wirtschaftliche Übermacht der EU. Somit ist zukünftig mit einer Zunahme des Gütertransits auch durch Liechtenstein zu rechnen.

#### 4.1.6 Fazit zur Verkehrspolitik der letzten Jahrzehnte

Strassenneubau, in den letzten 50 Jahren konsequent betrieben, hat sich nicht als dauerhaftes Mittel gegen Überlastung bestehender Strecken bewährt, sondern bewirkt nur eine grossräumige Anziehung und Zunahme des Verkehrs. Im Hinblick auf zukünftige wirtschaftliche und politische Entwicklungen sind andere Lösungen zu suchen. Eine Verbindung der Schweizerischen A13 mit der Österreichischen

A14 wäre ein idealer Knotenpunkt für zukünftigen West-Ost Transit durch die Alpen. Damit würde einer äusserst bedenklichen Entwicklung Tür und Tor geöffnet und ein solcher Bau widerspricht dem Gedanken einer nachhaltigen Verkehrsentwicklung in Liechtenstein und Europa. Einem solchen Wachstum ist, auch im Hinblick auf die EU, frühzeitig und vorausschauend ein Riegel vorzuschieben, um das Land vor einer untragbaren Belastung zu schützen und dem Gedanken der Nachhaltigkeit zu entsprechen. Eine Verankerung der Transitfrage in der Liechtensteinischen Verfassung würde dabei die Verhandlungsposition Liechtenstein gegenüber der EU stärken.

## 5 Ökologische Auswirkungen des Verkehrs

Die direkten und indirekten Auswirkungen des Verkehrs auf Mensch, Umwelt und Wirtschaft gehören zu den komplexesten Bereichen der Verkehrsthematik. Viele Teilbereiche sind entweder noch nicht untersucht oder die Ergebnisse lassen sich nur schwer in exakte Zahlen oder Geldwerte fassen. Trotzdem soll hier versucht werden, die direkten Folgewirkungen des Verkehrs auf Mensch und Umwelt darzustellen sowie eine Analyse der entstehenden externen Kosten (→ Glossar) als Folge der Umweltbelastungen zu erstellen, wobei selbstverständlich auch der externe Nutzen (→ Glossar) des Verkehrs miteinbezogen werden soll.

Ziel ist, eine wahre Kostenrechnung des Verkehrs darzustellen, mit dem Hintergrund, die externen Kosten zu minimieren und nach dem Verursacherprinzip diese Kosten dem Verursacher anzulasten.

An erster Stelle soll jedoch eine Analyse der schädlichen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt stehen – Auswirkungen, die nicht nur in Zahlen oder gar Kosten gemessen werden können, da sie einen stark ideellen und sozialen Charakter haben und auch ethische Fragestellungen aufwerfen. Schliesslich wird sich niemand anmassen wollen zu urteilen, was ein menschliches Leben, die Gesundheit eines Einzelnen oder auch nur eine veränderte Lebensqualität, in monetären Werten ausgedrückt, wert sind.

### 5.1 Umwelteffizienz von Verkehrsmitteln

Um Aussagen über die Gesamtbelastung bzw. der Umwelteffizienz (→ Glossar) der einzelnen Verkehrsmittel zu machen eignet sich am besten die Einheit «Umweltbelastung pro Personen-/Tonnenkilometer». Als wichtigste Komponenten der Umweltbelastung werden Energieverbrauch, Luftbelastung, Klima, Lärm, Flächenverbrauch und Sicherheit gesehen.

Auch die Auslastung ist entscheidend für die Umwelteffizienz – sitzen 2 Personen im Pkw ist die

Umwelteffizienz doppelt so hoch. Dies spielt vor allem beim ÖV eine entscheidende Rolle.

Weiter muss unterschieden werden zwischen direkter und indirekter Belastung. Dies wären am Beispiel eines Kfz einerseits Lärm und Umweltbelastung während des Betriebs, andererseits der Energieverbrauch bei der Kfz-Herstellung, Umweltbelastungen beim Bau und Erhalt der Strassen sowie Treibstoffherstellung und Transport.

#### 5.1.1 Energieverbrauch

Aus der Abbildung 6 (Anhang) ist deutlich zu sehen, dass im ÖV-Bereich Busse für Kurzstrecken und Schnellzüge für Langstrecken ein deutlich höhere Energieeffizienz im Vergleich mit dem Pkw haben. Die relativ schlechte Energieeffizienz von Regionalzügen resultiert aus deren oft geringen Auslastung.

Zu erwähnen ist jedoch, dass die Umwelteffizienz in Bezug auf Energie und Abgasausstoss beim Schienenverkehr stark von der Art der Stromproduktion abhängt. Der von der SBB bezogene Strom setzt sich nach Maibach (1997) aus 85% Wasserkraft, 11% Atomstrom 2% fossilen Energieträgern sowie 2% ausländischem Strom zusammen und enthält somit einen höheren Anteil an erneuerbaren Energien (inklusive Wasserkraft) als der durchschnittliche Schweizer Strommix.

Im Güterverkehr schneidet beim Energieverbrauch pro Tkm der Lkw gegenüber dem Schienenverkehr ebenfalls deutlich schlechter ab (vgl. Abbildung 7 im Anhang).

#### 5.1.2 Schadstoffemission

Wie die Abbildung 8 bis Abbildung 11 im Anhang verdeutlichen sind die Emissionen von NO<sub>x</sub> und Kohlenwasserstoffen bei elektrisch betriebenen Fahrzeugen wie Bahn, Tram oder Trolleybus pro Personenkilometer deutlich geringer als bei Kfz. Die NO<sub>x</sub>-Emissionen bei Bussen pro Pkm ist sehr hoch, was einerseits aus einer geringen Auslastung resultiert,

andererseits durch Dieselmotoren, bei denen ein Katalysator nicht möglich ist, bedingt ist. Bei den seit neuem eingesetzten gasbetriebenen Bussen in Liechtenstein ist dieser Wert jedoch laut LBA um den Faktor 15 niedriger. Auf Pkm umgerechnet ergibt sich ein Wert von 7% des Pkw-Ausstosses von NO<sub>2</sub>.

Trotz Abgasvorschriften sind die Kohlenwasserstoff-Emissionen bei Mofas und Motorrädern extrem hoch, wofür die veralteten, umweltbelastenden 2-Takt-Motoren verantwortlich sind.

Beim Güterverkehr verhält es sich ähnlich dem Personenverkehr: Pro Tkm ist die NO<sub>x</sub>- und KW-Belastung bei Lkws um das in etwa 50fache höher als beim Schienengüterverkehr.

Bei der Partikelemission, welche vor allem durch Dieselmotoren sowie Brems-, Kupplungs- und Reifenabrieb verursacht wird, entstehen bei der rollenden Landstrasse (Lkw-Verlad) nur 46% bzw. beim unbegleiteten Kombiverkehr (Bahn und Lkw als Feinverteiler) nur 34% der Emissionen, die beim reinen Lkw-Transport entstehen.

### 5.1.3 Lärm

Abbildung 12 und Abbildung 13 im Anhang zeigen die Lärmentwicklung von Fahrzeugen. Die Lärmentwicklung wird gemessen als Anzahl der m<sup>2</sup>, welche mit mindestens 60 dB(A) beschallt werden. Es ergibt sich ein stark unterschiedliches Bild im Vergleich zu den Schadstoffemissionen. Regionalzüge sind pro Pkm über 5 mal lauter als ein durchschnittlich ausgelasteter Pkw. Die Gründe sind altes Rollmaterial sowie die geringe Auslastung. Beim Schnellzug oder beim Güterverkehr ergibt sich ein umgekehrtes Bild: Ein Güterzug entwickelt nur 66% der Lärmimmissionen eines Lkw pro Tonnenkilometer.

## 5.2 Risiken für Mensch, Tier und Pflanze

Die Emissions- bzw. Immissionssituation bestimmt jeweils die Intensität, Dauer und Häufigkeit, mit der die gesamte Natur Lärm, Schadstoffen und Folgeprodukten ausgesetzt ist. Vom Menschen verursachte Stickoxidemissionen (NO<sub>x</sub>) erreichen ein Ausmass (Eintrag über die Luft), das zur Änderung biogeochemischer Kreisläufe führt, die sich nicht nur auf lokale Lebensräume beschränken, sondern auch regional – ja sogar global (z.B. Treibhauseffekt) auswirken. Hierbei spielen das Wetter, insbesondere aber auch topographische Verhältnisse eine bedeutende Rolle.

Die zunehmenden Gesamtzulassungszahlen von Kraftfahrzeugen haben bewirkt, dass immer mehr Strassen von intensivem Verkehr beansprucht wer-

den; dadurch hat die von Kfz-Abgasen und Lärm belastete Fläche insgesamt stark zugenommen.

### 5.2.1 Schadwirkungen von Kfz-Abgasen und Streusalz

Im folgenden wird ein kurzer Überblick über das Wirkungsspektrum von primären und sekundären Schadstoffen aus Kfz-Emissionen gegeben. Genauere Informationen finden sich im Anhang.

Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Kohlenmonoxid (CO), Stickoxide (NO, NO<sub>2</sub>), Blei (Pb), Russ, Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und eine Vielzahl organischer Verbindungen (→ Glossar) werden vom Kfz direkt emittiert, während 90% des Stickstoffdioxides (NO<sub>2</sub>) und Ozon (O<sub>3</sub>) sowie saure Verbindungen erst in der Atmosphäre gebildet werden. Die hiermit verbundene zeitliche Verzögerung führt dazu, dass die höchsten Konzentrationen von CO und NO zu Hauptverkehrszeiten, die Ozon-Spitzen im allgemeinen erst mehrere Stunden später auftreten. Da gleichzeitig auch atmosphärische Umwandlungs- und Transportvorgänge ablaufen, ist das Auftreten dieser Schadstoffe sehr stark zeit- und ortsabhängig.

Betrachtet man die lufthygienisch bedeutsamen Schadstoffe aus den Kfz-Emissionen, so kann man sich auf folgende Stoffe oder Stoffgruppen beschränken: Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>), vor allem das toxischere Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), Blei, flüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC), Benzol und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), die mit Russ und anderen partikulären Emissionen gemeinsam auftreten, sowie die sogenannten Oxidantien mit Ozon (O<sub>3</sub>) als deren Leitschadstoff.

#### Kohlenmonoxid (CO)

CO-Emissionen entstehen bei allen unvollständig ablaufenden Verbrennungsprozessen. CO ist in Industriestaaten der mengenmässig häufigste in die Luft abgegebene toxische Schadstoff. Kohlenmonoxid beeinträchtigt die Sauerstoffversorgung des Gewebes, zentralnervöse Störungen sind die Folge. Auf Pflanzen ist bisher keine direkte Schädigung beschrieben worden. Zudem ist CO an der Bildung bodennahen Ozons sowie am Entstehen des treibhauswirksamen CO<sub>2</sub> beteiligt.

#### Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub> = NO und NO<sub>2</sub>)

Der Kfz-Verkehr verursacht einen Hauptteil der Stickoxidemissionen – in Österreich 88% (Ecker et al., 1991) – die aus menschlichen Tätigkeiten ent-

stehen. Stickoxide greifen vor allem die menschlichen Atemwege an und führen auch bei Pflanzen zu akuten Schäden. Verstärkt wird die Wirkung dabei durch andere Schadstoffe.

NO<sub>x</sub>-Verbindungen gelangen als saurer Regen auf die Erdoberfläche zurück und führen dort zu Nährstoffauswaschung, einseitiger Überdüngung und somit zur Destabilisierung von Ökosystemen. Gebäudeschäden sind ebenfalls auf Stickoxide zurückzuführen.

#### **Bodennahes Ozon (O<sub>3</sub>)**

Ozon bildet sich in der Luft aus den primär emittierten Schadstoffen CO, NO<sub>x</sub> und Kohlenwasserstoffen (Vorläufersubstanzen [→ Glossar]) zusammen mit Sauerstoff durch Sonneneinstrahlung. Bei Menschen und Tieren wirkt Ozon als typisches Reizgas.

Tränen, Reizung der Atemwege, Kopfschmerzen und Atembeschwerden treten bei empfindlichen Personen auf. Bei Pflanzen schädigt Ozon den Wasserhaushalt und die Photosynthese. Studien berechnen Produktionsverluste bei landwirtschaftlichen Kulturen von 5–15% unter den derzeitigen Verhältnissen.

Die Daten der Messstationen in Vaduz und Planken (Anhang) zeigen in Planken (790 m ü. M.) eine bedeutend höhere Ozon-Konzentration als in Vaduz (452 m ü. M.), an 40 Tagen wurde im Jahr 2000 der Grenzwert überschritten (Ostluft, 2001). Dies ist durch hangnahe Aufwinde bedingt, welche in West- und Südhängen durch Erwärmung auftreten und somit das Ozon, bzw. seine Vorläufersubstanzen zum Hang verfrachten. Diese Situation kann insbesondere im Schutzwald zu unabsehbaren Folgen führen.

#### **Blei (Pb)**

Dieses Schwermetall stammt zum grössten Teil aus der Verwendung von bleihaltigem Benzin. Bei vergleichsweise geringen Belastungen treten Konzentrationsschwäche, Appetitlosigkeit und Minderung der Lernleistung auf.

Die Bleibelastung aus Kfz-Emissionen ist durch bleifreies Benzin zwar rückläufig, die bereits eingetretenen Bodenbelastungen werden jedoch noch lange Zeit bestehen.

#### **Polyzyklische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Benzol**

Neben dem Benzol selbst sind vor allem die höhermolekularen PAK im Tierversuch krebserzeugend.

#### **Feinstaubpartikel (PM<sub>10</sub>)**

Als PM<sub>10</sub> werden Partikel oder Schwebstoffe des Gesamtstaubes mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als 10 µm bezeichnet. Sie entstehen bei Verbrennungsprozessen im motorisierten Strassenverkehr, durch Dieselruss, Reifenabrieb, Bremsbeläge und Wiederaufwirbelung von Staub, sowie durch Industrie, Gewerbe sowie Land- und Forstwirtschaft. Pollen oder Saharastaub sind natürliche Quellen.

Der Feinstaub gelangt in die feinsten Lungenverästelungen und kann zu eingeschränkter Lungenfunktion, Asthma oder Bronchitis führen. Weiter sind im Feinstaub, PAK, sowie Schwermetalle (Pb, Cd, Zn) mit toxischer Wirkung enthalten.

#### **Streusalz**

In Liechtenstein werden laut Tiefbauamt im Durchschnitt 250t Streusalz pro Winter ausgebracht. Dies ist eine extreme Belastung für die Vegetation am Fahrbahnrand. An Boden und Vegetation entstehen dadurch Schäden, die zu Strukturverlust, Nährstoffauswaschung, Veränderung der Bodenlösung, Austrocknungsschäden, Verätzungen, Hemmung der Nährstoffaufnahme und frühzeitigem Blattabfall führen können. Dort, wo Strassenabwasser abgeleitet werden, sind sehr hohe Konzentrationen zu beobachten, was zu lokalem Baumsterben führen kann.

#### **5.2.2 Wirkung von Lärm auf die Umwelt**

Der durch den Verkehr verursachte Lärm wird von einem Grossteil der Bevölkerung als störend bzw. nach Bode et al. (1991) sogar als grösste Umweltbelastung empfunden. Zwischen dem subjektiven Gefühl der Belästigung und objektiv messbaren Werten bestehen lineare Zusammenhänge, wobei gerade der Strassenverkehrslärm als besonders unangenehm empfunden wird.

Die Auswirkungen von Lärm auf den menschlichen Organismus sind:

- Erhöhung der Herzschlag- und Pulsfrequenz
- Anspannung des sympathischen Nervensystems
- Erhöhter Blutdruck
- Erhöhung der Stressfaktoren über das sympathische Nervensystem

Als Folgen sind Schlafstörungen, Herz-Kreislauf-erkrankungen, Nervosität, Lern- und Sprachstörungen, herabgesetzte Konzentrationsfähigkeit, Depression, Aggression und erhöhte Reizbarkeit zu nennen. Beeinträchtigung der Kommunikation sowie die sozia-

len und gesundheitlichen Folgen dieser Belastungen sind nur sehr schwer zu erfassen und je nach Individuum verschieden, die besser quantifizierbaren gesamt- und volkswirtschaftlichen Folgen sind jedoch enorm. Die wirtschaftlichen Folgen setzen sich einerseits zusammen aus volkswirtschaftlichen Schäden durch die genannten Krankheitssymptome sowie Belastungen des Gesundheitssystems, andererseits aus Bemühungen, den Lärm zu reduzieren, etwa durch Schallschutzwände und Isolierglasfenster und auch aus «Lärmfluchtkosten», wie etwa Fahrten ins Grüne, welche wiederum Lärm erzeugen (siehe Kap. 6.1.4).

Auf die (Säuge-)Tierwelt hat Lärm ähnliche Auswirkungen. Er wirkt ebenfalls stresserzeugend – mit Folgen wie etwa aggressivem Verhalten und stärkerem Wildverbiss bei Jungbäumen.

### 5.3 Unfälle und Verletzungen

Trotz der jährlichen Zunahme des Kfz-Bestandes in Liechtenstein ist die Anzahl der Verkehrsunfälle seit 1970 in etwa gleichbleibend (Amt für Volkswirtschaft, 2000), die Anzahl der Verkehrstoten ist sogar rückläufig. Im Jahr 1999 wurden in Liechtenstein 363 Verkehrsunfälle registriert, 91 davon mit Personenschäden, 272 mit Sachschäden.

Dieser Trend ist auf technische Entwicklungen im Fahrzeugbau, Gurtenpflicht und Tempolimits zurückzuführen. Allerdings gehen die Verbesserungen lediglich zugunsten der Insassen: zu den gefährdetsten Verkehrsteilnehmerinnen gehören Fussgänger und Radfahrerinnen. Und vor allem Kinder: Nach Bode (1991) beruht die Kindersterblichkeit in Deutschland zu 70% auf Verkehrsunfällen.

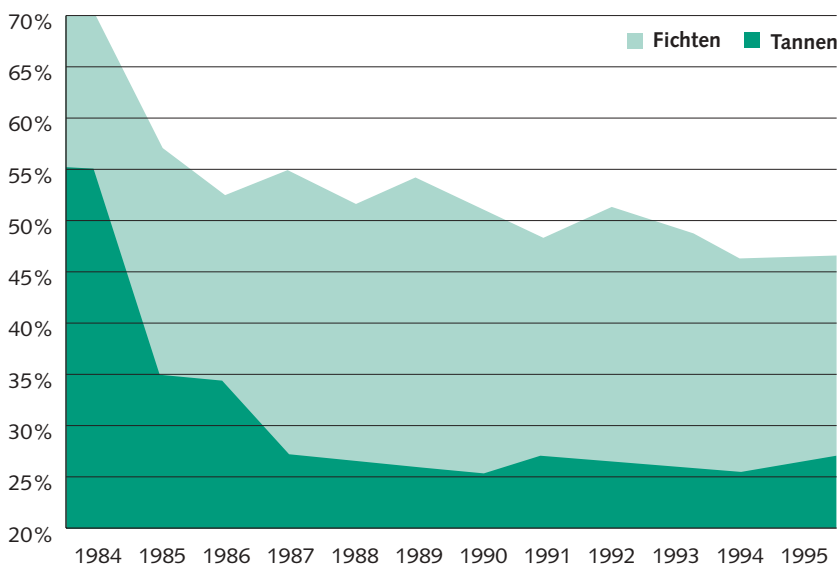


Abbildung 5: Anzahl der gesunden Bäume in Prozent des Gesamtbestandes einer Art. Ab 1996 keine weiteren Erhebungen auf den untersuchten Flächen. (Quelle: AWNL, 2000)

## 5.4 Lokale und globale Auswirkungen

Auf die physiologischen Auswirkungen giftiger Abgassubstanzen auf Mensch, Tier und Pflanzen wurde bereits im Kapitel 5.2 eingegangen. Um jedoch die Dimension dieser Schäden durch Abgase und bauliche Massnahmen zu erfassen, soll in diesem Kapitel auf die Gesamtfolgen des Verkehrs lokal und weltweit eingegangen werden.

### 5.4.1 Lokale Umweltproblematiken

Im Bezug auf die Schadstoffe und deren Verfrachtung spielen im Rheintal, im besonderen in Liechtenstein, zwei durch die Standortgeographie bedingte klimatische Erscheinungen eine grosse Rolle. Einerseits ist dies die in der kalten Jahreszeit auftretende Inversionswetterlage, andererseits die in Kapitel 5.2.1 bereits angesprochene Luftverfrachtung des Ozons hangaufwärts.

Bei der Inversionswetterlage befindet sich eine kalte Luftschicht am Boden bis in etwa 800 – 1000 m ü.M., welche überlagert ist von einer warmen Luftschicht. Die Schichten sind oft durch eine Nebeldecke getrennt. Durch diese inverse Schichtung wird eine grossräumige Luftdurchmischung verhindert, was zu einer starken Konzentration der Abgase und Schadstoffe unter dieser «Glocke» führt. Die starke NO<sub>2</sub>-Belastung im Winter (vgl. Anhang) belegt diesen Effekt.

Besonders an der Obergrenze der Kaltluftschicht kommt es zu einer erhöhten Schadstoffwirkung durch den oftmals vorhandenen Nebel. Viele Oxidationsreaktionen laufen im Wasser schneller ab, die Schadprodukte konzentrieren sich in den Nebeltröpfchen und werden auf den Pflanzen abgeladen.

Dies hat vor allem für den Schutzwald die in 5.2.1 beschriebenen schwerwiegenden Folgen, was zu einer erhöhten Gefahr von Lawinen- und Murenabgängen sowie Steinschlägen führt. Teure Hangverbauungen sind die notwendige Folge um den fehlenden Schutzwald, der laut AWNL (2000) 35% am Gesamtwaldanteil ausmacht, zu ersetzen.

Vom Waldsterben wird seit Jahren im Vergleich zu den 80er Jahren kaum mehr berichtet. Der Wald stirbt allerdings weiter, was die Dauerbeobachtungsflächen in Liechtenstein eindeutig zeigen (Abbildung 5).

Ähnlich verhält sich die Situation im Landwirtschaftsbereich: Durch die Schadstoffbelastungen wird das Pflanzenwachstum gestört, durch sauren Boden wird die Wurzelfunktion beeinträchtigt und in Folge des hohen NO<sub>x</sub>-Gehalts in der Luft findet eine

teilweise Überdüngung statt. Zudem gelangen die trotz den ergriffenen Massnahmen – wie bleifreies Benzin – immer noch vorhandenen Schwermetalle in die Nahrungskette und somit schlussendlich in den menschlichen Körper (vgl. Anhang).

#### 5.4.2 Zerschneidung von Lebensräumen

Eine andere Störung des natürlichen Beziehungsgefüges erfolgt durch die mit dem Strassenbau einhergehende Trennung von Tierlebensräumen. Strassen verringern die Möglichkeit der Fortbewegung von Tieren enorm. Die Palette der negativen Wirkungen ist gross. Sie reicht vom direkten Töten der Tiere durch Fahrzeuge bis zum Verlust von Lebensräumen. Wanderbewegungen etwa zur Fortpflanzung werden verhindert.

Untersuchungen zufolge bilden Strassen – auch wenig befahrene – für Kleinsäuger und Amphibien eine Barriere, welche kaum überwunden wird. Populationen werden so durch fehlende Fortpflanzungsmöglichkeiten genetisch getrennt und verkleinert, was die Populationen anfälliger macht bezüglich zumindest lokaler Ausrottung. Dies wiederum hat im komplexen Beziehungsgefüge der Ökosysteme jedenfalls destabilisierende Auswirkungen – wenn etwa Frassfeinde einer Art entfallen.

#### 5.4.3 Grossräumige und globale Veränderungen durch Verkehr

Abgase sind kein lokal beschränktes Problem. Sie werden über tausende Kilometer weitertransportiert und richten weit entfernt vom Verursacher Schaden an. So ist ein beträchtlicher Teil des Waldsterbens in Skandinavien verursacht durch Abgase aus England und Nordamerika, welche mit Westwinden von dort verfrachtet werden.

Bezüglich globaler Veränderungen sind an erster Stelle vor allem Änderungen des Klimas zu nennen, welche im Vergleich zu den lokalen Veränderungen um vieles langsamer ablaufen. Die Folgen sind, bedingt durch die Komplexität des Klimageschehens schwer abzuschätzen, jedenfalls wirken sich auch kleine durchschnittliche Temperaturerhöhungen schwerwiegend aus.

#### Treibhauseffekt

Bei jeder Verbrennung entsteht als Hauptprodukt  $\text{CO}_2$ . Wie alle dreiatomigen Gase absorbieren Kohlendioxid-Moleküle Infrarotstrahlung (Wärmestrahlung).

Die einfallende Sonnenstrahlung wird teilweise von der Atmosphäre unverändert reflektiert oder

absorbiert, ca. 70% erreichen die Erdoberfläche und werden dort in zum Grossteil in Wärme umgewandelt. Die Infrarotstrahlung wird von der Erdoberfläche wieder in Richtung Weltraum abgestrahlt. Treffen diese Wärmestrahlen auf ein  $\text{CO}_2$ -Molekül, absorbiert dieses die Strahlung – und erwärmt sich und somit die Atmosphäre.

Modellrechnungen gehen in den nächsten 100 Jahren von einer Temperaturerhöhung von im Durchschnitt  $3^\circ\text{C}$  aus bei gleichbleibender Produktion von Treibhausgasen. Das würde etwa für England ein subtropisches Klima bedeuten, während Südeuropa zur Wüste wird.

In den letzten 2 Jahrzehnten sind diese Auswirkungen bereits weltweit in Form von häufigen Umweltkatastrophen wie Wirbelstürmen, Sturmfluten, Rufen usw. spürbar geworden. In Deutschland solidarisieren sich Rückversicherungsgesellschaften bereits mit Umweltschützerinnen im Kampf gegen den Klimawandel, da die Kosten der Katastrophen für diese Versicherungen untragbar geworden sind.

Aus dem gesagten zu schliessen, der Treibhauseffekt per se wäre negativ, ist nicht richtig. Ohne Treibhauseffekt würde auf der Erdoberfläche eine Durchschnittstemperatur von minus  $15^\circ\text{C}$  herrschen. Gefährlich ist nur eine übermässige und vor allem die sehr schnelle Steigerung durch Emission von Kohlendioxid.

#### Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ )

Kohlendioxid ist nicht giftig, sondern notwendig für jegliches Leben. Pflanzen assimilieren es und wandeln es mit Hilfe der Lichtenergie in Kohlenstoffverbindungen um, wobei als Produkt Sauerstoff entsteht.

Aus diesem Kreislauf ergibt sich folgendes: Wird eine Pflanze, etwa ein Stück Holz verbrannt, so wird genau die Menge an  $\text{CO}_2$  dabei entstehen und wieder in den Kreislauf eintreten, welche die Pflanze im Laufe ihres Lebens assimiliert hat. Deshalb spricht man bei dieser Energie von  $\text{CO}_2$ -neutral (→ Glossar). Werden fossile Brennstoffe verbrannt, welche zwar ebenfalls pflanzlichen Ursprungs sind, aber vor vielen hundert Millionen Jahren entstanden und deswegen nicht mehr diesem Kreislauf zugerechnet werden können, so erhöht sich der  $\text{CO}_2$  Anteil in der Atmosphäre – mit den oben beschriebenen Folgen.

## 6 Gesamtwirtschaftliche Kosten

Betrachtet man die in Kapitel 5 aufgezeigten Auswirkungen des Verkehrs auf Mensch und Umwelt, so wird deutlich, dass daraus Folgekosten entstehen. Je nach Bereich sind diese Kosten leichter oder schwerer in Zahlen zu fassen. Gelingt dies bei materiellen Schäden durch Unfälle noch relativ leicht, so stellt sich etwa bei Umweltbelastungen die Frage: «Wie viel ist die Umwelt wert?» Dabei stehen wir vor dem Problem, etwas, das an sich keinen Geldwert hat, in das von unserer Gesellschaft erfundene Geldsystem einzubinden.

Diese externen Kosten des Verkehrs, welche nicht vom Verursacher, sondern bisher von der Allgemeinheit getragen werden, sollen im folgenden Kapitel behandelt werden. Anzumerken ist dabei, dass für Liechtenstein keine derartigen Studien vorliegen. Die Zahlen beziehen sich auf die Schweiz, in Kapitel 6.3 erfolgt eine vereinfachte Umrechnung auf liechtensteinische Verkehrsverhältnisse.

Wie schon angedeutet, sind einige Zahlen nur (durch Überlegungen plausible) Abschätzungen durch Studien. Die Gründe für die «Nichtberechenbarkeit» sind vielseitig:

- Nicht alle Zusammenhänge zwischen Schadstoff und Schaden sind hinreichend bekannt.
- Kenntnisse über Wechselwirkungen und Synergien fehlen teilweise
- Nicht lineare Schadensverläufe und Schwellenwerte, ab denen die Schäden explosionsartig steigen.

### 6.1 Externe Kosten des Verkehrs

Legt jemand eine Strecke mit einem Fortbewegungsmittel zurück, so fallen Kosten für diese Person an. Im Falle des Autos wären dies etwa Benzin und Parkplatzgebühren als offensichtlichste Ausgaben. Etwas versteckter sind die Kosten für die Abnutzung des Fahrzeugs und Service, Reifen- und Ölverbrauch, Wertminderung durch Abschreibung oder kilometerunabhängige Ausgaben wie Versicherung und Kfz-Steuer. Im Schnitt betragen diese privaten

Kosten etwa 70 Rappen pro Kilometer (INFRAS, 1996). Diese Kosten werden in Haushalten oder Wirtschaftsunternehmen bei Kaufentscheidungen oder beim Fahrverhalten wenig berücksichtigt.

Die externen Kosten (→ Glossar) werden dem gegenüber völlig vernachlässigt – werden sie doch vom Staat und der Allgemeinheit getragen und nicht von der Verursacherin selbst. Bestandteile der externen Kosten sind

- Verbrauch von Umweltressourcen wie Luft, Ruhe, schöne Landschaften. Die Allgemeinheit leidet unter den Folgen und muss entsprechende Massnahmen bezahlen.
- Beeinträchtigung von Menschenleben durch Tod oder Krankheit, welche über die Versicherungsdekung hinausgehen: Opfer und Angehörige leiden, der Volkswirtschaft gehen Ressourcen verloren.
- Nur teilweise von der Benutzerin gedeckte Infrastrukturkosten, Teile davon werden vom Staat, d.h. vom Steuerzahler getragen.

In den folgenden Kapiteln soll genauer auf die einzelnen Kostenfaktoren eingegangen werden. Wie schon angemerkt, beziehen sich die Zahlenwerte auf die Schweiz, da für Liechtenstein laut Amt für Volkswirtschaft keine entsprechenden Daten und Studien bezüglich externer Kosten im Verkehr vorliegen.

#### 6.1.1 Infrastrukturkosten

Die Finanzierung von Bau, Unterhalt und Betrieb von Verkehrsinfrastrukturen kostet Geld, die jährlichen Ausgaben müssen finanziert werden. Ist dies in anderen Sektoren, etwa der Telekommunikation oder der Energiewirtschaft durch entsprechende Tarife gesichert und auch nach dem Verursacherprinzip geregelt, so ist das beim Strassenverkehr nicht der Fall. Der «Tarif» im Strassenverkehr setzt sich aus verschiedenen Abgaben und Steuern zusammen, welche jedoch in Summe die den Verkehrsteilnehmern zugerechneten Infrastruktur- und Betriebsko-

sten nicht komplett decken. Maibach et al. (1993) nennen beim Personenverkehr auf der Strasse einen Kostendeckungsgrad von 88%, beim Schwerverkehr 80%. Der (in absoluten Zahlen enorm grosse) Rest muss über den allgemeinen Staatshaushalt und somit von der Allgemeinheit finanziert werden, ist also nicht verursachergerecht.

Dieser Eigenwirtschaftlichkeitsgrad im Bezug auf Infrastruktur- und Betriebskosten ist beim öffentlichen Verkehr noch viel geringer, bei den Schweizer Bundesbahnen sind es nach INFRAS (1996) 67% an Kostendeckung<sup>6</sup>.

### 6.1.2 Staukosten

Staus und überlastete Strassen gehören in Liechtenstein und international zum Alltag. Besonders während der Morgen- und Abendspitzen – verursacht grossteils durch den Arbeitspendlerverkehr – sind Hauptverkehrswege wie etwa die Feldkircher-/Vorarlbergerstrasse verstopft.

Staus verursachen externe Kosten. Jedes Fahrzeug in einem Stau auferlegt den nachfolgenden Fahrzeugen Wartezeiten. Dieser Kostenpunkt fällt bei den einzelnen Verkehrsteilnehmerinnen an – sie verlieren Zeit und Geld durch höheren Treibstoffverbrauch. Dies wiederum führt zu höheren externen Umwelt- und Gesundheitskosten – die eingeatmete Abgasmenge im Stau ist enorm.

Der staubedingte volkswirtschaftliche Schaden am Beispiel der Agglomeration Zürich beträgt jährlich rund 100 Mio. CHF (INFRAS, 1996).

Es zeigt sich, dass Stau- und Infrastrukturkosten in enger Wechselwirkung zueinander stehen: als Ausweg wird oft eine Kapazitätserweiterung in Betracht gezogen. Wirtschaftswissenschaftlich sind Kapazitätserweiterungen in Form von Strassenneubauten sinnvoll, wenn die dadurch anfallenden Kosten geringer sind als die Staukosten. Hinzu kommt, dass Strassenneubauten nur kurzfristig eine Erleichterung bringen. Beobachtungen und wissenschaftliche Studien belegen, dass allgemein und auch im Fall Liechtensteiner Unterland neue Strassen Mehrverkehr auslösen (vgl. dazu Besch und Partner, 1999). Dieser Mehrverkehr führt einerseits zu weiteren Umweltbelastungen, andererseits führt er an neuralgischen Punkten oftmals nach einigen Jahren wieder zu Kapazitätsproblemen – mit den oben dargestellten externen Kosten.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist der öffentliche (Bus-)Verkehr. Auch dieser ist von Staus betroffen, was zu einer verminderten Attraktivität und oftmals

zum Umsteigen auf das eigene Auto führt.

### 6.1.3 Unfallkosten

Wie schon in Kapitel 5.3 bemerkt, ist die Unfallzahl in Liechtenstein seit Jahren stagnierend – allerdings auf hohem Niveau.

Primär bedeuten Unfälle oftmals persönliche Tragödien, sowohl für die Opfer als auch für Angehörige oder Hinterbliebene. Die Folgen von Verkehrsunfällen sind für die betroffenen Personen und Angehörigen durch bleibende körperliche oder psychische Schäden schwerwiegend – sie reichen von langen Krankenhausaufenthalten, Rechtsstreitigkeiten, Verlust des Arbeitsplatzes bzw. Arbeitsunfähigkeit über psychische Probleme wie Depressionen, Suizidgefährdung bis zur kompletten Existenzzerstörung.

Somit verursachen Unfälle auch extrem hohe externe Kosten, angefangen von den direkten Kosten an der Unfallstelle bis hin zur Wiedereingliederung der Opfer ins Erwerbsleben. Zu nennen sind hier Polizei- und Gerichtskosten, Sachschäden an Fahrzeugen und Immobilien, Administration, Versicherungskosten, Heilkosten, Produktionsausfälle, immaterielle Verluste etwa bei Todesfällen, Wiedereingliederung oder Umbesetzungskosten am Arbeitsplatz.

Sind Sachschäden genau zu berechnen, so ist dies bei Personenschäden schwerer möglich, ganz abgesehen davon, dass die Frage, wie viel ein Toter kostet, ethisch nicht beantwortbar ist. Es existieren jedoch zwei verschiedene Ansätze, um Kosten von Personenschäden zu quantifizieren.

Der *Humankapitalansatz* (→ Glossar) versucht, den ökonomischen Wert eines Menschen, in erster Linie auf die Arbeitswelt bezogen, zu erfassen. Basis ist der Bruttoertrag, den ein Mensch produziert.

Der *Zahlungsbereitschaftsansatz* (→ Glossar) geht davon aus, dass der Verlust eines Menschenlebens soviel wert ist, wie die Gesellschaft bereit ist, Massnahmen zur Unfallverhinderung zu ergreifen. Als Basis dienen die jährlich aufgewendeten Kosten zur Unfallverhinderung. Dieser Ansatz führt zu signifikant höheren Ergebnissen (3–7 Mio. CHF pro Todesfall) als der Humankapitalansatz mit 1.5 bis 2 Mio. CHF pro Todesfall. In der Schweiz wie auch in Tabelle 6 wird der Humankapitalansatz zur Berechnung verwendet.

In der Schweiz werden seit 1988 die sozialen Unfallkosten publiziert. Im Vergleich von 1993 zu 1988 ergibt sich eine Steigerung der Gesamtun-

<sup>6</sup> Der im Vergleich dazu gute Kostendeckungsgrad des Strassenverkehrs in der Schweiz resultiert aus den Treibstoffzollerhöhungen der letzten Jahre, während Grossinvestitionen im Schienenverkehr dessen Eigenwirtschaftlichkeit gesenkt haben. Zu beachten ist ebenfalls, dass es sich hier um Zahlenangaben einzelner Jahre handelt, die keinen repräsentativen Durchschnitt bilden.

fallkosten im Strassenverkehr um +15%. Dies ist vor allem auf höhere Gesundheitskosten zurückzuführen.

Während die ohnehin schon hohen Kosten im Strassenverkehr weiterhin noch stark zugenommen haben, ist im Schienenverkehr ein Rückgang sichtbar geworden.

Da jedoch Verkehrsteilnehmer ihre Beiträge an Kranken- und Unfall- sowie Haftpflichtversicherungen bezahlen, sind nicht alle diese Kosten extern. Es gilt hier zu differenzieren:

- Unfallkosten der Verursacherinnen sind extern, wenn sie nicht vom Verursacher selbst, sondern von Personen-/Haftpflichtversicherungen oder der Allgemeinheit getragen werden.
- Kosten der Unfallopfer sind extern, wenn sie nicht von der Haftpflichtversicherung des Unfallverursachers getragen werden.
- Leistungen von Personenversicherungen wie Krankenkasse werden nicht angerechnet, da sie nicht verursachergerecht finanziert werden und unabhängig vom Verkehrsverhalten anfallen.

International werden Personenschäden wissenschaftlich immer häufiger nach dem Zahlungsberechtigungsansatz berechnet. An externen Unfallkosten in der Schweiz fallen im Strassenverkehr 1.74 bis 4.74 Mrd. CHF und im Schienenverkehr 50 bis 100 Mio. CHF an. Die niedrigere Zahl bezieht sich auf den Humankapitalansatz, die höhere auf den Zahlungsberechtigungsansatz.

	1988	1993	% Zunahme
<b>Strasse</b>			
Pkw	3.7	4.3	+ 16%
Lkw, Lieferwagen	0.7	0.8	+ 9%
Motor(fahr)rad, Fahrrad, Fussgänger	1.4	1.6	+ 18%
<b>Total</b>	<b>5.8</b>	<b>6.7</b>	<b>+ 15%</b>
<b>Schiene</b>			
Personenverkehr	0.077	0.075	- 3%
Güterverkehr	0.012	0.015	- 17%
<b>Total</b>	<b>0.095</b>	<b>0.090</b>	<b>- 5%</b>

**Tabelle 6: Soziale Unfallkosten in der Schweiz in Mrd. CHF berechnet aufgrund des Humankapitalansatzes** (Quelle: INFRAS, 1996)

#### 6.1.4 Kosten des Verkehrslärms

Lärm stört wie kaum ein anderes Umweltphänomen. Er ist Begleiterscheinung unserer modernen Gesellschaft und fast allgegenwärtig. Die Auswirkungen von Lärm auf den menschlichen Organismus wurden bereits in Kap. 5.2.2 beschrieben.

Um die Kosten der Lärmbelastung abzuschätzen wird hier wieder der Zahlungsberechtigungsansatz verwendet. Als Kosten der Lärmbelastung werden also alle Aufwendungen bezeichnet, die wir täglich unternehmen, um dem Lärm zu entfliehen. Konkret sind hier vor allem Lärmschutzmassnahmen, Massnahmen an der Lärmquelle, «Lärmflucht» und die damit verbrachte Zeit sowie oben genannte lärmbedingte Krankheitssymptome samt deren Folgekosten zu nennen. Auch lärmgestresste Tiere wie Rotwild verhalten sich aggressiver und verursachen mehr Schäden, etwa durch Baumverbiß.

1993 überschritten die externen Lärmkosten in der Schweiz die Milliardengrenze. Auf den Strassenverkehr entfielen dabei 875 Mio. CHF, auf den Schienenverkehr 145 Mio. CHF (INFRAS, 1996).

#### 6.1.5 Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung

In Kapitel 5.2.1 wurden die Auswirkungen von Luftschadstoffen bereits diskutiert. Die Folgen der Luftverschmutzung durch den Verkehr sind weitreichend und komplex – vor allem, was deren Auswirkung auf Natur und Mensch betrifft. Schäden bei Gebäuden oder in der Landwirtschaft lassen sich besser quantifizieren. Die entstehenden Kosten durch negative Einwirkungen auf das Ökosystem Wald hingegen sind nur schwer abschätzbar.

#### Gebäudeschäden

Innerhalb der letzten Jahrzehnte wurden Fassaden beschädigt, welche der Witterung zuvor Jahrhunderte standgehalten haben. Die grössten Schäden gehen von SO<sub>2</sub>- und NO<sub>x</sub>-Immisionen aus. Die durch den Verkehr anfallenden Kosten für Renovierung, Fassaden- und Fensterreinigung werden durch Analyse der Renovationszyklen von verkehrsexponierten Gebäuden im Vergleich mit abseits gelegenen Gebäuden ermittelt. In der Schweiz betragen die durch Verkehr entstandenen Gebäudeschäden nach INFRAS (1996) 1240 +/- 220 Mio. CHF.

#### Produktionseinbussen in der Landwirtschaft

Luftschadstoffe während der Vegetationsperiode hemmen das Wachstum landwirtschaftlicher Kulturen. Als Hauptschadstoff ist hier das Ozon zu nennen (vgl. Kap. 5.2.1). Je nach Pflanzenart sind die Schäden unterschiedlich hoch. Beim empfindlichen Weizen können die Ernteausfälle bis zu 25% ausmachen, während es beim Mais nur 0.2 – 2.2% sind. Die verkehrsbedingten Ertragsverluste (inkl. Subven-



### Schadstoffe, Staub und Lärm sind verantwortlich für gesundheitliche Schäden und verursachen volkswirtschaftliche Kosten

tionen) wurden für 1993 von INFRAS (1996) mit 150 Mio. CHF beziffert.

#### Waldschäden

Um die Kosten der Waldschäden abzuschätzen wird von den Funktionen des Waldes ausgegangen. Als Folgen des Verkehrs sind deshalb hier zu nennen:

- Ertragsausfälle in der Forstwirtschaft: Zwangsrodungen und Störung der Erntekonzepte, geschwächte Bäume, weniger Resistenzen gegenüber Krankheiten und Schädlingen)
- Kosten von Naturgefahren im Gebirge, wobei sich diese aus Vermeidungskosten für Schutzmassnahmen wie Lawinen-/Steinschlagverbauungen, intensiverer Waldpflege und aus Schadenskosten bedingt durch Naturereignisse (Lawinen, Rufen, etc.) zusammensetzen
- Einnahmeausfälle im Tourismus und in der Berglandwirtschaft
- Beeinträchtigung des Erholungsnutzens stadtnaher Wälder infolge der Waldschäden
- Sekundäre Folgen der Waldschäden, wie leichtere

Jahreskosten 1993		Mio. CHF/Jahr
Forstwirtschaft	Schadenskosten	380–640
	Naturgefahren	1'300–2'000
Tourismus	Schadenskosten	470
	Vermeidungskosten	350
Berglandwirtschaft	Einkommensausfälle	45–55
Erholungsnutzen	Nutzeneinbussen	0–230
<b>Totale Kosten</b>		
<b>immissionsbedingter Waldschäden</b>		<b>1'200–3'300</b>

Tabelle 7: Kosten der immissionsbedingten Waldschäden in der Schweiz 1993

(Quelle: INFRAS, 1996)

Anfälligkeit für Unwetter, weniger Kapazität bei der CO<sub>2</sub>-Umsetzung. Überdüngung durch Lufteintrag von Stickstoff führt zu Nährstoffungleichgewichten und gestörter Mineralstoffversorgung

#### Kosten der immissionsbedingten

##### Gesundheitsschäden

Die vom Verkehr durch Luftverschmutzung verursachten Gesundheitskosten können nur schwer berechnet werden, da weder in Liechtenstein noch in der Schweiz entsprechende Kostenrechnungen vorliegen, weshalb INFRAS (1996) die Kosten für die Schweiz unter Zuhilfenahme von Untersuchungen aus der BRD berechnet. Aufgrund von Krankenkassendaten wird darin der Zusammenhang von Luftverschmutzung und Häufigkeit/Dauer von Atemwegs- und Herz-/Kreislaufkrankungen abgeleitet. Die berechneten Kosten umfassen Ausgaben für ambulante und stationäre Behandlung, Krankengelder und Lohnfortzahlungen.

Pro Person ergeben sich aus dieser auf die Schweiz übertragenen Untersuchung Kosten zwischen 133 und 642 CHF pro Jahr. Bei dieser Zahl fehlen allerdings Kostenelemente wie Beeinträchtigungen, welche nicht zu Kassenbeanspruchung führen, Ausfall der Arbeitsleistung ausserhalb der Erwerbswirtschaft, Nutzenverluste in der Freizeit, Schmerzen, Auswirkung von Allergien oder Sterblichkeit.

#### 6.1.6 Verkehrsbedingte Klimaschäden

Das gesamte klimatische Geschehen auf unserem Planeten ist derart komplex und von sich gegenseitig beeinflussenden Faktoren charakterisiert, dass eine genaue Vorhersage bezüglich des Einflusses menschlicher Aktivitäten, insbesondere eine Gesamtkostenrechnung bei jetzigem Wissensstand nicht möglich ist. Das Klima unterliegt natürlichen Schwankungen, die auch vor dem Einfluss des Menschen existierten. Als wissenschaftlich gesichert gilt jedoch der Zusammenhang von erhöhten Anteilen an Treibhausgasen (CO<sub>2</sub>, Methan, NO<sub>2</sub>, u.a.) durch den Verkehr und der Erwärmung des Klimas. Seit 1850 hat die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre um 25% zugenommen, die weltweite Durchschnittstemperatur stieg in den letzten 30 Jahren um 0.5°C.

#### Klimarisiken

Mit der Erwärmung der Atmosphäre steigt der Meeresspiegel, einerseits durch die thermische Expansion der Meere, andererseits durch das Abschmelzen von Gletschern, Permafrostböden und Polkappen.

Durch dieses Abschmelzen wird die reflektierende Oberfläche der Erde stark verringert. Die unter dem Eis auftauchenden Böden absorbieren die Sonneneinstrahlung und erwärmen die Atmosphäre weiter.

Steigt der Meeresspiegel um 4 mm pro Jahr, so werden in diesem Jahrhundert 345'000 km freie Küste, 6'400 km Küste in Städten, 10'700 km Sandstrände, 1'800 km<sup>2</sup> Hafensfläche und somit der Lebensraum vieler Millionen Menschen gefährdet.

Die Klimazonen verschieben sich (siehe Kapitel 5.4.3) und häufigere und intensivere klimabedingte Naturkatastrophen wie Dürren, Wirbelstürme, Überschwemmungen und Sturmfluten werden erwartet.

Der Meeresspiegelanstieg und die Verschiebung von Klimazonen dürfte weltweite Migrationsströme und somit grosse politische, soziale und wirtschaftliche Konflikte auslösen.

Im Alpenraum würde die Schneegrenze bei einem Temperaturanstieg von 3°C um 300 bis 500m höher liegen, die Gletscherfläche ginge um 75% zurück, alpine Permafrostböden unter 3000 m würden auftauen und dadurch viele hochalpine Hänge destabilisiert werden. Die Niederschläge im Winterhalbjahr würden zunehmen und, durch die steigende Schneegrenze, ebenfalls die Abflüsse. Die potentielle Hochwassersaison würde von 3 auf 5 Monate verlängert, das Hochwasserrisiko um 50 – 100% steigen. Dies hätte nicht nur fatalen Folgen in wirtschaftlichen Bereichen wie etwa Tourismus, sondern würde existenzbedrohende Ausmasse im alpinen Raum annehmen.

### **Kosten**

Aus den genannten Klimarisiken geht hervor, wie schwierig eine genaue Kostenabschätzung der Klimaveränderungen ist. Jedenfalls ergibt sich jedoch daraus, dass Investitionen zur Reduktion der klimaverändernden Abgase weitaus günstiger sind als die Folgen einer eventuellen Klimaänderung. Allein in den letzten Jahrzehnten vervielfachten sich die für die europäische Versicherungswirtschaft entstandenen Kosten, welche durch Naturkatastrophen hervorgerufen wurden. Die Münchner Rückversicherungsgesellschaft, die weltweit grösste Rückversicherung, spricht laut Weidemann (2000) von einer Verdreifachung der Anzahl der Naturkatastrophen und von einer Verneunfachung der entstandenen, bereits inflationsbereinigten Schadenssummen durch Naturkatastrophen in den letzten 40 Jahren.

Zur Berechnung von Folgekosten gibt es mehrere Ansatzmethoden, wobei dem Ansatz der Ver-

meidungskosten hier der Vorzug gegeben werden soll. Er basiert auf den Kosten der Massnahmen zur Reduktion eines Schadstoffes auf ein gegebenes Emissionsziel. Der Ansatz der Schadenskosten bezieht sich auf die Schäden infolge der Klimaveränderung, welche jedoch nicht vollständig erfassbar sind. Der Ansatz der Zahlungsbereitschaft für die Reduktion von Treibhausgasen widerspiegelt die Bewertung der heutigen Bevölkerung, was bei Massnahmen oder Auswirkungen, welche erst zukünftige Generationen betreffen, problematisch ist.

Um der UNCED-Konferenz in Rio 1992 zu entsprechen müsste die CO<sub>2</sub>-Produktion in der Schweiz bis zum Jahr 2025 halbiert werden. Würden die anderen Industrienationen mitziehen, würde das die Geschwindigkeit der Klimaveränderungen auf ein als vertretbar erachtetes Mass begrenzt werden. Nach PROGNOS (1992) resultieren daraus jährliche Vermeidungskosten von 3.4 bis 4.4 Mrd. CHF/Jahr.

### **6.1.7 Externe Kosten für Transport, Lagerung und Raffination von Erdölprodukten**

Transport Lagerung und Raffination von Erdölprodukten verursachen folgende Umweltbelastungen:

- Belastung der Meere durch Förderung und Transport sowie Tankerunfälle. Pro Tonne Erdöl fallen 1 bis 5 CHF an externen Kosten an.
- Lokale Boden- und Gewässerbelastung durch Transport und Lagerung von Erdöl. Die Schäden werden normalerweise vom Verursacher übernommen, die externen Kosten sind somit vernachlässigbar.
- Gewässerbelastung durch Raffination. Pro Tonne Öl fallen 3.5 t mit Ölrückständen versetztes Wasser an. Durch Abwasserreinigung in den Raffinerien sind die externen Kosten ebenfalls vernachlässigbar.

Als Summe der aus diesem Bereich entstehenden externen Kosten wird ein Betrag von 1.2 bis 5.8 CHF/t angenommen.

### **6.1.8 Weitere externe Kosten: Boden, Gewässer, Natur und Landschaft**

Der Verkehr tangiert Böden und Gewässer in verschiedener Weise:

- Beim Bau der Infrastruktur werden Oberflächen- und Grundwasser beeinträchtigt
- Im Winterdienst in Liechtenstein werden jährlich 250 Tonnen Streusalz verbraucht
- Unfälle mit Gefahrgut verursachen Verunreinigungen von Gewässern, die Folgeschäden sind nur teilweise von Versicherungen gedeckt

Kostenbereich	Schweiz	Liechtenstein
Soziale Unfallkosten	6'700	45.7
Lärm	875	6.0
Gebäudeschäden	1240	8.5
Landwirtschaft	150	1.0
Wald	1'200–3'300	8.2–22.5
Gesundheit	133–642	0.9–4.4
Klima	3'400–4'400	23.2–30.0
Landschaft und Trennwirkung	4'600	31.4
Weitere externe Kosten	100–200	0.7–1.4
Summe	18'398–22'107	125.5–150.8

**Tabelle 8: Externe Gesamtkosten für die Schweiz und Liechtenstein in Mio. CHF**

(Diverse Quellen und eigene Berechnungen)

- Schwermetalle wie Blei, Kupfer und Zink lagern sich im Boden ab

Eine Schätzung der Vermeidungsmassnahmen in der Schweiz ergibt eine Grössenordnung von 100 – 200 Mio. CHF/Jahr.

### 6.1.9 Landschaft und Trennwirkung

Negative Auswirkungen auf Landschaft und Trennwirkung durch Strassen verursachen ebenfalls externe Kosten. In Deutschland wurden die volkswirtschaftlichen Kosten der Zeitverluste von Fussgängerinnen auf 400 Mio. CHF pro Jahr geschätzt (INFRAS, 1996). Weit höher liegt der entgangene Nutzen im Bereich «Ausflüge und Freiraumnutzung», d.h. vor allem in der Tourismusbranche mit 4.6 Mrd. CHF.

### 6.2 Externe Nutzen

Den externen Kosten steht der externe Nutzen (→ Glossar) des Verkehrs gegenüber. Der volkswirtschaftliche Gesamtnutzen des Verkehrs ist enorm gross und praktisch nicht in Zahlen fassbar. Verkehr ist der Motor für wirtschaftliche Entwicklungen und somit eine Grundlage unseres Wohlstandes. Dieser Nutzen kommt jedoch im Allgemeinen dem zugute, der die Verkehrsleistung (direkt oder indirekt) nutzt und dafür bezahlt. Für das Konsumierte (in dem Fall der Nutzen) wird bezahlt und somit der Nutzen über den Markt abgegolten.

Wichtig ist hier jedoch die Frage, welcher Nutzen marktextern ist, also welchen Nutzen Dritte haben, ohne dafür direkt oder indirekt über den Markt zu bezahlen, um so eine Gegenüberstellung von externen Kosten und Nutzen zu ermöglichen.

Dieser Sachverhalt soll zunächst an einem Beispiel verdeutlicht werden: Wird eine Strasse gebaut, etwa an einen Tourismusort, so wird dort durch die bessere Erreichbarkeit die Anzahl der Touristen steigen. Es werden daher mehr Hotels oder Geschäfte etc. gebaut werden. Der Umsatz der dortigen Geschäfte und Hotels wird somit höher sein als ohne die gebaute Strasse, der Nutzen der Konsumenten besteht in verbessertem und eventuell günstigerem Angebot. Dies sind jedoch keine marktexternen Nutzen, da sie über den Markt weitergegeben werden.

Ökonomisches Denken führt dazu, dass Nutzen internalisiert werden, Kosten jedoch externalisiert. Schliesslich tätigt kein vernünftiger Geschäftsmann gerne Handlungen, welche Dritten zugute kommen, ohne selbst davon zu profitieren.

Es ist also zu sehen, dass Verkehr, so wichtig und grundlegend er für das Funktionieren unserer gesamten Wirtschaft ist, letztendlich zur Hauptsache privatwirtschaftlichen Nutzen erzeugt.

Das soll nun nicht heissen, es gäbe im Bereich Verkehr keine externen Nutzen. Als wichtigste marktexterne Nutzen sind zu nennen:

- Erschliessungsfunktion
- Militärischer Nutzen
- Notfalltransporte oder sozial motivierte Transporte (Behindertentransporte)
- Schöne Baukonstruktionen

### 6.3 Zahlen auf einen Blick

Wie schon angemerkt liegen zu Liechtenstein bezüglich externer Kosten im Verkehr keine Daten vor. In untenstehender Tabelle sind die Zahlen für Liechtenstein errechnet aus den Zahlen der Schweiz, welche mit dem Faktor 0.00682 multipliziert sind. Dieser Faktor ergibt sich aus dem Verhältnis der in der Schweiz und in Liechtenstein zugelassenen Motorfahrzeuge. Diese Tabelle dient deswegen nur zur grössenordnungsmässigen Abschätzung der externen Kosten in Liechtenstein.

Der Verkehrsbericht 1997 zitiert ebenfalls eine Tabelle aus INFRAS (1996) und errechnet externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz von 8.6 bis 12.7 Mrd. CHF. Pro Kopf ergibt das 1'500 CHF. Die Differenz zu den Zahlen in Tabelle 8 beruht hauptsächlich auf der Vernachlässigung der sozialen Unfallkosten in der zitierten Tabelle. Weiter wird im Verkehrsbericht 1997 zur Umrechnung auf Liechtenstein das Verhältnis der Wohnbevölkerung der Schweiz und Liechtenstein verwendet. Das in diesem

Positionspapier verwendete Verhältnis der zugelassenen Kfz der beiden Staaten ist realistischer, wobei zusätzlich zu bedenken ist, dass der grosse (motorisierte) Zupendleranteil in Liechtenstein ebenfalls hohe externe Kosten verursacht, die auch in diese Verhältnisrechnung nicht einbezogen sind.

#### 6.4 Fazit zu externen Kosten und Nutzen

Aus Sicht eines Individuums als Teil des marktwirtschaftlichen Systems besteht der Wunsch, Kosten zu externalisieren und Nutzen zu internalisieren. Es wurde gezeigt, dass der Verkehr sehr viele Nutzen hat, diese aber beinahe vollständig über den Markt abgegolten werden. Trotzdem wird der Verkehr, wie in 6.1 belegt, durch Kosten, welche von der Allgemeinheit getragen werden, stark subventioniert.

Die beschriebenen Umweltfolgen in Kapitel 5 lassen klar erkennen, dass es falsch ist, wenn der Konsum von Umweltgütern wie saubere Luft oder Ruhe keinen Preis besitzen, obwohl sie für die Allgemeinheit sehr wohl einen hohen Wert besitzen. Sie sind nicht im Überfluss vorhanden, sondern mittlerweile limitiert.

Dies führt zu einer starken Verzerrung der Preise im marktwirtschaftlichen System von Angebot und Nachfrage, wodurch auch das Fällen von falschen Entscheidungen begünstigt wird: Da die Umweltressourcen nichts kosten, gehen wir zu wenig verantwortungsvoll und schonend damit um.

#### 6.5 Mögliche Massnahmen

Nach dem Verursacherprinzip wären externe Kosten zu internalisieren. Würden diese Kosten in die

Marktpreise (Treibstoffe, transportierte Güter, usw.) miteinbezogen, würden für die Allgemeinheit schädliche Aktivitäten dem Verursacher angelastet und könnten somit wahrscheinlich reduziert werden. Dies ist auch volkswirtschaftlich sinnvoll. Auch führt eine Internalisierung der Kosten im Zusammenspiel mit dem freien Markt dazu, dass Umweltschutzmassnahmen dort erfolgen, wo dies zu den volkswirtschaftlich geringsten Kosten möglich ist.

Ein Internalisieren der Verkehrskosten kann etwa über den Treibstoffpreis geregelt werden. Dies ist nach dem Verursacherprinzip die gerechteste Abgeltung, wird somit doch der «Vielfahrer mit dem grossen Auto» am meisten zur Kasse gebeten, weil dieser grössere externe, bisher von der Allgemeinheit getragene Kosten verursacht als die Fahrerin eines sparsamen Kleinwagens. Eine steuerliche Regelung ist vor allem im nationalen Rahmen ebenfalls gut geeignet.

Würde der Energiepreis sukzessive erhöht, würden wir uns ohne grossen Aufwand auf einen sparsameren Umgang im Verkehrsbereich einstellen, wodurch das Risiko langfristiger Umweltschäden wie Klimakatastrophen stark verringert würde. Das verringert volkswirtschaftliche Kosten, die unsere Nachkommen zu tragen haben.

Natürlich ist die Kosteninternalisierung für sich alleine keine Patentlösung, allerdings verdeutlicht sie jedem von uns die Auswirkungen seines Tuns in einer leicht verständlichen Sprache – der des Geldes.

## 7 Geplante Baumassnahmen zur Verkehrsverringering

12'800 Fahrzeuge passieren täglich die Zählstelle Schaanwald, 15'600 sind es an der Zählstelle in Eschen (Besch und Partner, 1999) – der Verkehr nimmt an gewissen kritischen Punkten in Liechtenstein immer unerträglichere Ausmasse an und führt dabei mitten durch stark bewohntes Ortsgebiet.

Von vielen Seiten wird deswegen eine Ortsumfahrung der Gemeinden Mauren-Eschen-Bendern im Unterland gefordert, um die Ortsdurchfahrten zu entlasten. Diese Bauprojekte müssen jedoch in engem Zusammenhang mit möglichen strassenbaulichen Massnahmen im Rheintal gesehen werden.

### 7.1 Letzetunnel und S18

Das Tiefbauamt Liechtensteins gab im Februar 1998 an Besch und Partner/R & R Burger und Partner den Auftrag zur Untersuchung der Auswirkungen von Strassenbaumassnahmen in Österreich, der Schweiz und BRD auf das Verkehrsgeschehen in Liechtenstein.

Das Amt der Vorarlberger Landesregierung (zusammen mit dem Tiefbauamt Liechtensteins) gab ebenfalls eine Studie bei Gruner und Emch & Berger (1997) in Auftrag. Diese beiden Studien decken sich sowohl in ihren Aussagen als auch in den errechneten Zahlen. Für die folgenden Berechnungen zum Gesamtverkehr am Grenzübergang Schaanwald wurde der Mittelwert aus Minimum und Maximum der Prognosen aus Besch und Partner (1999) als Grundlage verwendet. Die Verkehrsstei-

gerungen des Gesamtverkehrs in Prozent beziehen sich auf das Jahr 1995 mit 11'210 Fahrten pro Tag. Das Prognosejahr ist das Jahr 2010.

- Szenario I: Verkehrsentwicklung ohne Baumassnahmen,
- Szenario II: Letzetunnel als Südumfahrung von Feldkirch zur Entlastung der Innenstadt ohne Anpassung des Verkehrsnetzes in Liechtenstein
- Szenario III: S18 als Verbindung zwischen der Schweizerischen A13 und der Österreichischen A14.
- Szenario IV: Letzetunnel und S18

Es ist zu sehen, dass der Bau des Letzetunnels bis 2010 eine enorme Verkehrssteigerung von 37% am Grenzübergang Schaanwald gegenüber der Verkehrssituation von 1995 bzw. eine Steigerung um 18% gegenüber der Prognose für 2010 ohne Letzetunnel bringen würde. Dies vor allem deshalb, weil der Grenzübergang Schaanwald für den Verkehr durch den Letzetunnel stark an Attraktivität gewinnt, was zu Verlagerungseffekten und induziertem Neuverkehr führt.

Der Bau der S18 hätte nur geringfügige Auswirkungen auf den Grenzübergang Schaanwald. Dies ist bedingt durch ein kurzfristiges Freiwerden von Kapazitäten, wodurch wieder eine geringfügige Verlagerung von den Übergängen Ruggell/Nofels und Mauren/Tosters nach Schaanwald stattfindet.

### 7.2 Ortsumfahrungsvarianten im Liechtensteiner Unterland

Zur Entlastung der Ortsdurchfahrten Schaanwald, Mauren, Eschen, Bendern sowie teilweise auch Schaan existieren laut einer Grobanalyse von Schaechterle und Mögerle (1999), sechs plus eine Variante(n), welche hier zusammenfassend aufgezeigt und bewertet werden.

#### 7.2.1 Variante 1 – Schellenbergtunnel

Die 5.0 km lange Trasse führt vom Zollamt Schaanwald der Landesgrenze entlang durch den Schellen-

Szenario	Absolute Verkehrszahlen/Tag	Veränderung in % gegenüber 1995
I: keine Bauten	13'063	+16.5%
II: Letzetunnel	15'352	+37.0%
III: S18	12'900	+15.1%
IV: Letzetunnel und S18	15'000	+30.2%

**Tabelle 9: Auswirkung von verschiedenen Bauprojekten in Vorarlberg auf den Grenzübergang Schaanwald (Bezugsjahr 1995 mit 11'210 Fahrten pro Tag, Prognosejahr 2010)**

(Quelle: Zusammengestellt aus oben erwähnten Studien)

bergtunnel mit 1.5 km Länge über eine Nordumfahrung von Ruggell zum Rheinübergang Sennwald. Es werden 2 landwirtschaftliche Gebiete durchkreuzt (Maurer und Ruggeller Riet), in Ruggell wären Lärmschutzmassnahmen notwendig.

Diese Variante ist mit Baukosten von 136 Mio. CHF verbunden.

Die durchschnittliche Belastung wird auf 1'800 Kfz/Tag berechnet. Mauren/Schellenberg wird dabei um 800 Kfz entlastet, Eschen um 200 – 400 Kfz, Ruggell um 1'700 und Schaan um 700. Die Verkehrsreduzierung in Schaanwald und Nendeln beträgt zwischen 700 und 1'600 Kfz.

Diese Variante dient mit einer Belastung von weniger als 2'000 Fahrzeugen pro Tag kaum zur Entlastung der Ortskerne im Unterland.

### 7.2.2 Variante 2 A – Eschnerbergtunnel

Diese Variante hat das Ostportal des Tunnels nördlich von Mauren, westseitig endet der Tunnel in Bendern. Die Zufahrtstrasse zum Tunnel führt von Schaanwald durch das Maurer Riet. Die Gesamtlänge der Trasse beträgt 5.9 km, davon verlaufen 3.5 km durch den Tunnel. Lärmschutzwände in Mauren und Bendern wären notwendig, ebenso wird landwirtschaftliches Gebiet in Mauren durchschnitten.

Die Baukosten sind mit 225 Mio. CHF veranschlagt.

Die Belastung wird von Schaechterle/Möegerle mit 6'700 Kfz/Tag berechnet, was zu einer Entlastung der Ortskerne führt (Reduktionen: Schaanwald 7'600 Kfz, Nendeln 2'500 – 6'000 Kfz, Schaan 2'500 – 3'000 Kfz, Eschen 3'800 – 4'000 Kfz).

Die Verlagerungen sind jedoch als eher gering einzustufen und rechtfertigen nicht die hohen Baukosten von 225 Mio. CHF.

### 7.2.3 Variante 2 B – Eschnerbergtunnel südlich Mauren

Diese Bauvariante ähnelt 2 A, das Ostportal liegt jedoch weiter südlicher zwischen Mauren und Eschen. Die Zufahrtstrasse von Schaanwald führt dabei kurz der ÖBB-Linie entlang und durchquert dann ebenfalls das Maurer Riet. Die Gesamtlänge beträgt 5.8 km, wobei der Tunnel eine Länge von 3 km hätte.

Die Baukosten liegen bei 206 Mio. CHF. Das Verkehrsaufkommen wird mit 6'100 Kfz/Tag angegeben, die Entlastungswirkung unterscheidet sich kaum von 2 A. Die Auswirkung dieser Strassennetz-

ergänzung auf den Verkehr ist somit nicht von grosser Bedeutung.

### 7.2.4 Variante 3 – Südumfahrung Eschen

Diese Variante der Umfahrungsstrasse führt zwischen Schaanwald entlang der ÖBB-Linie und der Esche über Eschen nach Bendern.

Die Strecke würde von täglich 7'100 – 9'400 Kfz belastet. Die Ortsdurchfahrt Schaanwald würde um rund 9'400 Kfz entlastet, Eschen um 4'400 Kfz. Schaan würde um 2'400 bis 2'800 Kfz entlastet. Die Entlastung für Mauren, Schellenberg und Ruggell sind allerdings gering.

Die Kosten werden mit 195 Mio. CHF noch veranschlagt.

Der Bau wäre ein massiver Eingriff in die Rietlandschaft, landwirtschaftlicher Grund wird durchkreuzt, der Landverbrauch ist gross, Lärmschutzwände bei Eschen und Mauren wären notwendig. Der Baugrund ist durch Rietboden schlecht, Pfahlbauten und Trockenlegungen wären unumgänglich. Durch diesen Strassenbau und den grossen Platzbedarf ginge Natur- und Kulturlandschaft verloren, die Trennwirkung ist gross. Eine notwendige Zufahrt nach Eschen würde den Platzbedarf und somit den Eingriff in die Natur weiter vergrössern. Aus diesen Gründen ist eine solche Variante abzulehnen.

### 7.2.5 Variante 4 – Nordspange Schaan

Die 3.5 km lange Nordspange Schaan führt nördlich von Schaan von der Feldkircher Strasse zur Bendenstrasse und zur Zollstrasse.

Die Baukosten betragen zwischen 46 und 61 Mio. CHF, je nach Lärmschutzmassnahmen.

Diese Variante würde vor allem das Gemeindegebiet von Schaan entlasten, die Entlastungen im Unterland sind gering, die Ortsdurchfahrt Nendeln wird stärker belastet.

Es werden ebenso Rietlandschaft und landwirtschaftliche Flächen durchschnitten. Zusammenfassend stellt die Nordspange Schaan keine Lösung der Verkehrsprobleme im Unterland dar.

### 7.2.6 Variante 4 A – Schwabbrünnentunnel mit Nordspange Schaan

Diese Variante ist eine Kombination einer Nordspange Schaan mit einem Tunnel von Schaanwald bis zur Feldkircherstrasse zwischen Schaan und Nendeln. Der Tunnel hätte eine Länge von 4.2 bis 4.4 km, mit der Umfahrung Schaan ergäbe sich eine Streckenlänge von 7.7 bis 7.9 km.

Die Baukosten des Tunnels betragen 230 Mio. CHF, mit der Nordspange Schaan zwischen 276 und 291 Mio. CHF.

Zwischen Schaanwald und Nendeln wären starke Verkehrsrückgänge zu erwarten. In Kombination mit der Nordspange würde Schaan entlastet. Die Auswirkungen auf Eschen sind als gering einzustufen, das Verkehrsaufkommen auf der Verbindung Schaan – Bendern würde steigen. Die hohen Baukosten von 290 Mio. CHF sind kaum zu rechtfertigen.

### 7.2.7 0+ Variante

Diese Variante verzichtet auf teure zusätzliche Strassenbauten. Eine verkehrsverringende Wirkung wird erreicht durch

- Geschwindigkeitsreduktion/Rückbau
- Verkehrsberuhigung, veränderte Verkehrslenkung
- Parkplatzbewirtschaftung, Park and Ride
- Förderung des ÖV, Busbevorzugung an Knoten, Linienverbesserung, Mobilitätsmanagement, Werkverkehr
- Erhöhung der Sicherheit für alle Teilnehmer

Die Kosten sind mit ca. 6.9 Mio. CHF veranschlagt.

Diese Variante beruht darauf, den Verkehr in den bisher stark belasteten Gemeinden Schaanwald, Mauren, Nendeln und Eschen zu beruhigen, die bisherigen Ortsdurchfahrtsstrassen also für den MIV unattraktiv zu machen. Jedenfalls ist eine Reduktion des Lkw-Transits zu erwarten, bei gleichzeitiger starker Verbesserung des ÖV ist auch eine Reduktion des MIV und somit der Abgas- und Lärmbelastung sehr wahrscheinlich.

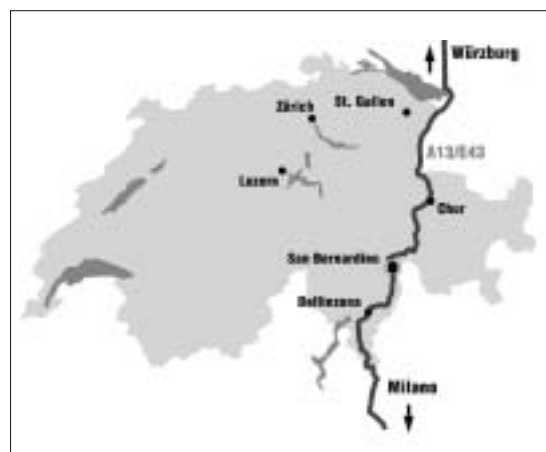
Die 0+ Lösung ist die einzige Variante, die das Problem (Individual-)Verkehr an der Wurzel angeht und zukünftigen weiteren Verkehrszuwachs auch im Transitverkehr zu verhindern vermag. Umweltbelastungen wären durch die wenigen Bautätigkeiten kaum festzustellen. Auch die Baukosten betragen nur einen kleinen Bruchteil der anderen Varianten, selbst wenn ein genügend grosser finanzieller Spielraum für die Verbesserung des ÖV miteinberechnet wird.

### 7.3 Fazit zu den Bauprojekten

Als im Ortsgebiet Schaanwald, Bendern und Eschen verkehrsreduzierende Variante können nur die Variante 3 – Südumfahrung Eschen sowie die Variante 0+ bezeichnet werden.

#### 7.3.1 Anstieg des Transitverkehrs

Die Studie von Schaechterle/Mögerle (1999a/b) rechnet im Bezug auf die Umfahrungsstrasse die in Kapitel 7.1 genannten geplanten Ba Massnahmen S18 und Letzetunnel seitens der Vorarlberger Landesregierung nicht mit ein. Eine Südumfahrung Eschen in Kombination mit dem Letzetunnel wäre ein Lückenschluss zwischen der Schweizerischen A13 und der Österreichischen A14 und in Anbetracht des bereits erfolgten Ausbaus der Autobahnen im Süddeutschen Raum somit eine ideale Ergänzung der Nord-Süd Transitroute über Liechtensteiner Gebiet. Im Zuge der schon in Kapitel 4.1.5 angesprochenen Ost-Öffnung wird sich auch der Ost-West Transit in den nächsten Jahren stark vergrössern – laut Vorarlberger Nachrichten (11./12.8.2001) wird in Österreich eine Versechsfachung



Lückenschlüsse S18 und Letzetunnel zwischen A13 und A14 sowie die Nord-Süd-Verbindung A13 über den San-Bernardino müssen als Gesamtsystem betrachtet werden

chung bis 2015 erwartet. Der durchgehende Ausbau der A13, die Autobahnverbindung Deutschland-Österreich im Süddeutschen Raum sowie die Anhebung des Gewichtlimits der Schweiz für Lkw auf 40t verstärken zudem die Rolle des Rheintals als Transitweg – und durch besagte Bauprojekte die Rolle Liechtensteins als internationaler Knotenpunkt des Transits.

### 7.3.2 Anstieg des Binnenverkehrs

Doch nicht nur der internationale Transitverkehr würde sich in Liechtenstein signifikant erhöhen. In seiner Studie der ETH Zürich weist E. Meier (1989) nach, «dass eine neue Verkehrsinvestition Neuverkehr verursacht. Dieser beträgt zwischen 5 und 20% (in Ausnahmefällen bis zu 30%) des Verkehrs im Kordon<sup>7</sup> vor Eröffnung der neuen Investition».

Auch Molt (1997) zeigt am Beispiel des Ambergtunnels in Feldkirch, dass der Bau einer zusätzlichen Umfahrungsstrasse keine Dauerlösung ist: «Man kann feststellen, dass der Bau des Ambergtunnels keine Entlastung für Feldkirch gebracht hat, es jedoch in der Summe beider Strecken zu einer Verdoppelung des Verkehrs gegenüber der Zeit der Eröffnung des Tunnels gekommen ist».

### 7.3.3 Zusammenhänge zwischen Strassenneubauten und Verkehr

Verkehr entsteht, weil Menschen ihre Aktivitäten wie Arbeiten, Wohnen, Erholung etc. nicht am selben Ort ausüben können. Im Normalfall zieht der Verkehrsteilnehmer aus seiner Tätigkeit am Zielort einen Nutzen materieller oder immaterieller Art. Eine Ortsveränderung ist jedoch auch mit einem bestimmten Aufwand verbunden (Kosten, Zeit), was als Widerstand empfunden wird. Im Allgemeinen wird eine Fahrt dann unternommen, wenn der Nutzen grösser als der Widerstand ist. Ist der Widerstand grösser als der Nutzen, so wird auf die Fahrt verzichtet, eine andere Tätigkeit gewählt oder diese an einem anderen Ort ausgeübt.

Dieser Zusammenhang geht in die sogenannte Gravitationsformel ein, welche zur Berechnung von Verkehrsstärken herangezogen wird und laut Molt (1997) nicht ernsthaft bezweifelt wird.

---

$$\text{Verkehrsstärke} = \frac{\text{Attraktion}_{\text{Quelle}} * \text{Attraktion}_{\text{Ziel}}}{\text{Widerstand}}$$

---

Der Widerstand setzt sich aus Zeit und Kostenaufwand zusammen. Wird der Widerstand durch eine Beschleunigung der Ortsveränderung in Folge eines Baus neuer oder kapazitätsstärkerer Strassen verringert, so steigt als Folge die Verkehrsstärke.

### 7.3.4 Steigerung des Verkehrs in der gesamten Region

Die genannte Südumfahrung Eschen wäre auch ein Signal in Richtung Vorarlberger Landesregierung, den Letzetunnel zu bauen, da Liechtenstein die Anschlüsse und Weiterführungen schon bereitgestellt hätte. Dies würde zu einem stark erhöhten Verkehrsaufkommen im Liechtensteiner Unterland führen, wie Besch und Partner (2001) belegen.

Die von Schaechterle/Mögerle genannte Verkehrsreduzierung wäre durch erhöhtes Verkehrsaufkommen auf der neuen Trasse und infolge von Rückverlagerungen auf die Ortsstrassen nur von kurzer Dauer.

Um den Sachverhalt nochmals zu verdeutlichen: Das Problem im Unterland ist nicht nur der Transitverkehr, sondern vor allem der hausgemachte Binnen- und Quell-/Zielverkehr, wie Kapitel 3 aufzeigt. Sich eine geringfügige Verlagerung dieses Verkehrs mit einer zukünftigen starken Zunahme des (Lkw-) Transits sowie einer grossräumigen Anziehungswirkung des internationalen Verkehrs zu erkaufen ist keine Lösung des Problems. Somit kann nur die O+–Variante als Verbesserung der bestehenden Situation herangezogen werden, zudem sie auch als einzige dem Kriterium Nachhaltigkeit entspricht.

7 Als Kordon wird (in der erwähnten Studie) die Gesamtheit aller Verkehrswege in einem Gebiet bezeichnet. Durch diese Betrachtungsweise können Ausweichverkehrsströme in die Betrachtung des Gesamtsystems einfließen.

## 8 Alternative Verkehrskonzepte und Lösungsvorschläge

Einzellösungen sind keine Patentrezepte, um das steigende Verkehrsaufkommen zu lösen. Nur Massnahmenbündel, welche die verschiedensten Bereiche abdecken, können Problemlösungen sein. Sowohl durch Modellstudien von Besch und Partner (1999) sowie Gruner und Emch & Berger (1997) bezüglich Bauprojekten im Rheintal als auch durch langjährige internationale Erfahrungswerte zeigt sich, dass neue Strassen immer Mehrverkehr verursachen. Es müssen daher grundsätzlich andere Methoden zur Verringerung der Verkehrsbelastung eingesetzt werden. Dabei muss auf nationaler genauso wie auf internationaler Ebene angesetzt werden. Visionäre Ideen müssen geprüft und überregionale Lösungen angestrebt werden.

Ziel einer nachhaltigen Verkehrspolitik muss sein, den MIV und den Gütertransit auf ein erträgliches Mass zu reduzieren, ohne dadurch volkswirtschaftliche Nachteile einzugehen.

### 8.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Basis einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Entwicklung von Mobilität sind rechtliche Grundlagen, welche es ermöglichen, Projekte zu prüfen und ihren Nutzen in Relation zu ihren Kosten und Eingriffen zu setzen. Der Artikel, der im Frühjahr 2002 vom «Initiativkomitee für eine Verkehrspolitik mit Zukunft» mit einer Volksinitiative zur Abstimmung gebracht wurde, hatte zum Ziel dieses Gedanken gut in der Verfassung Liechtensteins zu verankern. Der Vorschlag wurde vom Volk abgelehnt, das Anliegen jedoch bleibt aktuell.

Die Alpenkonvention ist ein völkerrechtlicher Vertrag zwischen Deutschland, Frankreich, Italien, Liechtenstein, Monaco, Österreich, Schweiz, Slowenien und der Europäischen Union (EU). Zentrale Gedanken des für alle Partner verbindlichen Vertragswerks sind der Schutz und die nachhaltige Entwicklung der Alpen. Die Alpenkonvention besteht aus einer Rahmenkonvention und neun Ausführungs-

protokollen – davon eines zum Verkehr. Die Protokolle wurden im April 2002 vom Landtag ratifiziert. Das Protokoll Verkehr hat zum Ziel, die Belastungen und Risiken im Bereich des inneralpinen und alpenquerenden Verkehrs auf ein Mass zu senken, das für Menschen, Tiere und Pflanzen sowie deren Lebensräume erträglich ist. Erreicht werden soll dieses Ziel unter anderem durch eine Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene, aber auch durch die Förderung des umweltfreundlichen öffentlichen Verkehrs (BUWAL, 2000).

#### 8.1.1 Die Initiative «Verkehrspolitik mit Zukunft»

Durch die Initiative «Verkehrspolitik mit Zukunft» sollten folgende Bestimmungen in die Verfassung eingebracht werden.

---

#### Die Verfassung vom 5. Oktober 1921, LGBl. 1921 Nr. 15, wird wie folgt abgeändert: Art. 20 Abs. 2, 3 und 4

---

2) Der Staat wendet seine besondere Sorgfalt einer den modernen Bedürfnissen entsprechenden Ausgestaltung des Verkehrswesens zu. Er verfolgt das Ziel einer auf Dauer tragbaren Mobilität. Dabei berücksichtigt er die Anforderungen der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit, der sozialen Verträglichkeit und des ökologischen Gleichgewichts, wobei die Belastung durch den Verkehr auf ein Mass zu begrenzen ist, das für Mensch, Tier, Pflanzen und ihre Lebensräume erträglich ist.

3) Die Transitkapazität ist darauf auszurichten und soll nicht erhöht werden.

4) Der bisherige Absatz 3 von LV 20 wird neu zu Absatz 4

---

(Quelle: Abstimmungsbroschüre «Ja zur Verkehrsinitiative»,  
Initiativkomitee, 2002)

### 8.2 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Strassenverkehr ist zu billig, was die hohen externen Kosten beweisen. Dadurch wurde bisher ein Umstei-

gen auf alternative Verkehrsmittel sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr selten in Betracht gezogen.

### 8.2.1 Internalisieren der externen Kosten

Dass eine Reduktion des Verkehrs sogar mit volkswirtschaftlichen Vorteilen möglich ist, wurde bereits in Kapitel 6 verdeutlicht. Eine Treibstoffpreiserhöhung ist ein Weg zur Internalisierung der Kosten, allerdings muss dies auf internationaler Ebene geschehen, um «Benzintourismus» zu vermeiden. Anfangs wäre deswegen als nationale Lösung eine Abstufung der Kfz-Steuer ausgerichtet nach Umweltbelastung und Treibstoffverbrauch zielführender. Im Bereich Gütertransport wurde mit der Einführung der LSWA bereits ein Schritt in die richtige Richtung gemacht. Dadurch sinkt die Rentabilität von «Sinnlostransporten» durch den gesamten europäischen Raum stark.

### 8.2.2 Lokale Wirtschaftskreisläufe stärken ...

... und Transportvolumen verringern. Eine Verteuerung der Treibstoffe und somit der Transporte würde ein Wiederaufleben lokaler und kleinräumiger Wirtschaftskreisläufe bewirken. Polemisch gesagt: Ein Rind muss nicht in Liechtenstein mit Futtermitteln aus Spanien aufwachsen, in Holland geschlachtet, in Italien in Dosen gepackt und in der Schweiz gegessen werden.

Entscheidend für den Konsumenten sind Preis und Qualität. Höhere Transportkosten müssten an den Markt und nicht an den Staat weitergegeben werden, was die Attraktivität lokaler Produkte steigert, zudem diese oft qualitativ hochwertiger sind. Internationale Transporte würden somit reduziert.

### 8.2.3 Technischer Fortschritt durch Steueranpassung

Motorisierter Individualverkehr kann und soll nicht abgeschafft werden – aber er kann umweltfreundlicher werden. Eine Erhöhung der Motorfahrzeugsteuer bzw. eine steuerliche Abstufung nach dem Treibstoffverbrauch würde mit Sicherheit eine Tendenz zu «Sparautos» auslösen.

### 3-Liter-Auto

Technisch gesehen ist das «3-Liter-Auto» kein Problem – auch noch weniger Treibstoffverbrauch ist durchaus möglich. Würde nur ein Bruchteil jener Forschungsausgaben für leistungsstarke Motoren oder Rennsport in Niedrigverbrauchsfahrzeuge inve-

stiert, gäbe es diese längst am Markt. Hier ist in erster Linie die Konsumentin gefragt, denn produziert wird nur, was sich gut verkauft.

### Elektrofahrzeuge

Elektroautos und -roller sind kein Kuriosum mehr, sondern haben längst Marktreife erreicht. Das Problem der Energiespeicherung und somit der Reichweite wurde durch neue Technologien wie der Brennstoffzelle gelöst. Beim Aufladen wird dabei Wasser in seine Komponenten Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt, wobei nur der Wasserstoff in einem Tank gespeichert wird. Bei der «Kaltverbrennung», einer chemischen Reaktion in der Brennstoffzelle, entsteht als einziges Abfallprodukt wiederum nur Wasser, welches optimalerweise gleich wieder recycelt wird. Auch unfallsichere Wasserstofftanks sind Sicherheitstechnisch kein Problem – in anderen Industriebereichen wird seit Jahrzehnten mit Wasserstofftanks gearbeitet und gasförmiger Wasserstoff gilt als ungefährlicher als brennbare Flüssigkeiten. Eine Kombination der Energieversorgung mit Solarzellen und Strom aus der Steckdose wäre der Idealfall. Ein solches Fahrzeug würde die Vorteile eines herkömmlichen Autos, nämlich Schnelligkeit und Flexibilität, mit der Umweltfreundlichkeit und dem geringen Energieverbrauch eines Schienenfahrzeugs bei gleichzeitig grosser Reichweite vereinen.

Entsprechende Prototypen gibt es bereits, doch kommt diesen Alternativen in den Marketingstrategien der Automobilkonzerne keine Bedeutung zu. Aber auch hier gilt das oben Gesagte: Letztendlich entscheidet der Konsument.

### Verkehrsleitsysteme

Auch in technische Neuerungen im Bereich Verkehrssteuerung sollte investiert werden. Modellstudien und Prototypen automatisch und intelligent gesteuert Fahrzeuge bzw. Verkehrsleitsysteme gibt es bereits. Diese Systeme umgehen und verhindern Stausituationen, der benötigte Fahrbahnplatz sinkt und der Verkehrsfluss steigt.

Eine Kombination aus Spar-/Elektromotoren und intelligenter Steuerung wäre in Hinsicht auf die Gesamtreisezeit den im Stau steckenden PS-Boliden deutlich überlegen.

### 8.3 Soziale Rahmenbedingungen

Mobilität muss für jeden zugänglich sein. Jedoch kann das Bedürfnis nach bzw. die Notwendigkeit von (Auto-)Mobilität verringert werden.

### 8.3.1 Flexible Arbeitszeitmodelle und Mobilitätsmanagement

Flexible Arbeitszeiten sind zwar angenehm für den Beschäftigten, machen jedoch den Einsatz von bisher stark frequentierten Werksbussen unrentabel und fördern somit den Individualverkehr. Dem kann nur durch ein gut ausgearbeitetes Mobilitätskonzept entgegengewirkt werden. Dass nicht jeder Mitarbeiter im privaten Pkw zur Arbeit fährt liegt durchaus im Interesse des Betriebes. Schliesslich kostet ein Parkplatz eine Firma durchschnittlich 2'500 CHF pro Jahr – Geld, das ein Betrieb besser einsetzen kann. Ist also der Einsatz von Werksbussen für Betriebe nicht mehr sinnvoll, so wären folgende Möglichkeiten auszuschöpfen:

- Verbesserungen für Zufussgehende
- Verbesserungen für Radfahrende im Betrieb (Duschen, Fahrradständer)
- Verbesserungen im öffentlichen Verkehr inklusive Förderung.
- Förderung von Fahrgemeinschaften durch finanzielle Anreize und interner Dienstleistung, wie Mitfahrzentrale
- Parkplatzbewirtschaftung

Der Betrieb spart jedoch nicht nur an Parkplatzen, sondern auch indirekt: Durch weniger Staus wird auch der Gewerbeverkehr weniger behindert, durch gesündere Arbeitswege verringern sich Arbeitsausfälle.

Auch der Arbeitnehmer fährt natürlich billiger und in der Freizeit würde das Auto durch ein gesteigertes Problembewusstsein ebenfalls weniger eingesetzt – vielleicht würde ein Autokauf sogar überflüssig.

### 8.3.2 Car sharing

In der Schweiz und in anderen europäischen Ländern gibt es schon seit längerem Car-sharing Genossenschaften<sup>8</sup>. Die Entrichtung eines Mitgliedbeitrags sowie ein je nach gefahrenen Kilometern zu bezahlender Betrag, der sich aus allen effektiven Kosten wie Treibstoff, Abnutzung, Versicherung, Abschreibung und Service sowie den Administrationskosten der Genossenschaft zusammensetzt. Jedem Mitglied wird die Benutzung eines Autos ermöglicht, wenn er es (wirklich) braucht. Die positiven Auswirkungen liegen in folgenden Punkten

- viele Sinnlosfahrten entfallen, da das Auto im voraus reserviert werden muss
- Der pro Fahrt zu bezahlende Betrag basiert auf den oben genannten realen Kosten, wodurch die

Kosten einer kurzen Einkaufsfahrt für jeden einzelnen sichtbar werden

- Die Autos sind stärker ausgelastet
- Standplätze bei Einkaufszentren ermöglichen das Einkaufen grundsätzlich mit dem ÖV und nur bei Bedarf, etwa einem Grosseinkauf, die Fahrt mit dem Auto.

Ein derartiges System in Liechtenstein wäre nicht nur umweltfreundlich und eine echte Alternative zum eigenen Auto, sondern auch eine gute Geschäftsidee.

### 8.3.3 Abkehr vom Auto-Kult

Das Auto ist nicht nur Fortbewegungsmittel, sondern Kultobjekt und eine Zur-Schau-Stellung der eigenen Lebensphilosophie und Statussymbol. Dabei gilt: Je grösser und stärker, desto besser. Durch den in den letzten Jahrzehnten gestiegenen Wohlstand verstärkt sich dieser Trend immer mehr.

Durch gezielte Öffentlichkeitsarbeit, Werbung und Imagekampagnen für den ÖV muss dem entgegengearbeitet werden, um eine Sensibilisierung der Bevölkerung zu erreichen. Auch muss ins Bewusstsein gerückt werden, dass Verkehr nicht gottgegeben ist, sondern grösstenteils hausgemacht.

Auch «kreative» Möglichkeiten sollten ausgeschöpft werden: Aktionen wie etwa eine Solarmobilshow können auf unaufdringliche Weise Interesse am Thema wecken, ein positiver Effekt auf den Tourismus wäre dadurch ebenfalls vorhanden.

### 8.4 Raumplanerische Rahmenbedingungen

Bedingt nicht nur durch die stark gestiegene Einwohnerzahl der letzten Jahrzehnte sondern auch durch zunehmenden Wohlstand und dem Wunsch nach einem eigenen Haus wurden die Bauzonen stark ausgeweitet.

In den neuen Bauzonen besteht jedoch kaum Infrastruktur wie Geschäfte, öffentliche Einrichtungen und Ämter – die Notwendigkeit von Mobilität steigt dadurch. Aus dieser Entwicklung resultiert der grösste Teil des heutigen Verkehrsaufkommens, wenn man den hohen Anteil des Binnenverkehrs bedenkt (vgl. Kapitel 3.1).

Eine zukunftsorientierte Raumplanung muss sich daher nach innen ausrichten, eine weitere Streubauweise sollte verhindert werden. Eine Nutzungsdurchmischung sollte stattfinden, um die Nähe von Wohnung, Arbeitsplatz und Einkaufsmöglichkeiten zu fördern. Dies würde nicht nur naturnahe Landschaften schonen, welche wir und zukünftige Gene-

<sup>8</sup> Für die Schweiz: Mobility CarSharing. Informationen unter [www.mobility.ch](http://www.mobility.ch) (Mobility, 2002)

rationen als Frei- und Erholungsraum, zur Landwirtschaft und zur Ernährung brauchen. Auch eine grundlegende Ursache des steigenden Verkehrsaufkommens würde damit beseitigt.

### 8.5 Verkehrsplanerische Rahmenbedingungen

Ziel einer vernünftigen, nachhaltigen Verkehrsplanung ist, ein Umsteigen der Bevölkerung auf den öffentlichen Verkehr oder den NMIV zu erreichen. Als Mittel dazu müssen sowohl «kurzfristige» Massnahmen als auch längerfristige Konzepte bis hin zu Zukunftsvisionen in Betracht gezogen werden.

#### 8.5.1 Verbesserung der Bedingungen für den NMIV

Um eine häufigere Benutzung von nicht motorisierten Verkehrsmitteln zu erreichen ist grundsätzlich eine Infrastruktur notwendig, welche diesen gefährdetsten Verkehrsteilnehmern ein sicheres und umwegfreies Vorwärtskommen ermöglicht. Zu bedenken ist dabei, dass eine Wegstrecke für den NMIV nur so attraktiv ist wie der unattraktivste Teil des Weges. Es muss daher auf ein vollständiges, lückenfreies und sicheres Wegnetz geachtet werden. Die Wegstrecken sind dabei möglichst kurz und ohne Umwege zu gestalten, da diese für den NMIV inakzeptabel sind.

Beim Ausbau des Radwegnetzes ist vor allem den Kurzstrecken Vorzug zu gewähren, da der NMIV für Langstrecken kaum geeignet ist. Gerade in den Ortskernen gibt es dahingehend starke Mängel, andererseits gibt es etwa gut ausgebaute Radwege zwischen Ruggell, Bendern und Schaan, welche jedoch, bedingt durch die langen Wegstrecken, kaum benutzt werden und somit an den Bedürfnissen der Radfahrer und den Einsatzmöglichkeiten des Fahrrads eher vorbeigebaut wurden. Paradoxerweise enden diese Radwege oft am Ortsanfang – dort wo das Einsatzgebiet des Fahrrades beginnen würde.

In Ortskernen ist durch Platzmangel der Bau von Radwegen oft nur durch Rückbau von Strassen möglich – und somit nur möglich in einem Gesamtverkehrskonzept, welches den MIV zu reduzieren versucht. Wenn Autos und Radfahrer sich eine Strasse teilen müssen, dann ist im Sinne der Verkehrssicherheit an diesen Stellen eine Geschwindigkeitsbegrenzung des MIV auf 30 km/h notwendig.

Ein weiterer Punkt, auf den schon hingewiesen wurde, sind entsprechende Abstellmöglichkeiten für Fahrräder. Diese müssen an geeigneten Punkten sowohl im öffentlichen Bereich als auch auf Firmen-

geländen errichtet werden.

Eine Kombination aus Fahrradbenutzung und Autobus/Bahn wäre für den Verkehrsteilnehmer ideal, da Anfahrtswege von/zur Haltestelle stark verkürzt werden. Es müssen daher einerseits Abstellmöglichkeiten bei Haltestellen errichtet werden, andererseits der problem- und kostenlose Transport des Fahrrades im oft kaum ausgelasteten ÖV ermöglicht werden.

Die Fusswege in Liechtenstein sind oft mangelhaft. So ist etwa in Schaan an der Lindenkreuzung von der im Verkehrsbericht 1997 (Regierung des Fürstentums Liechtenstein, 1997) festgelegten Bevorzugung von Fussgängern nichts zu bemerken – zu lange sind die Wartezeiten. Gehsteige sind dort teilweise nur 30 cm breit. Hier sind Verbesserungen nötig, sei es durch verbesserte Ampelsteuerung, eine Unterführung oder einen Rückbau der Strasse zugunsten der Fussgänger.

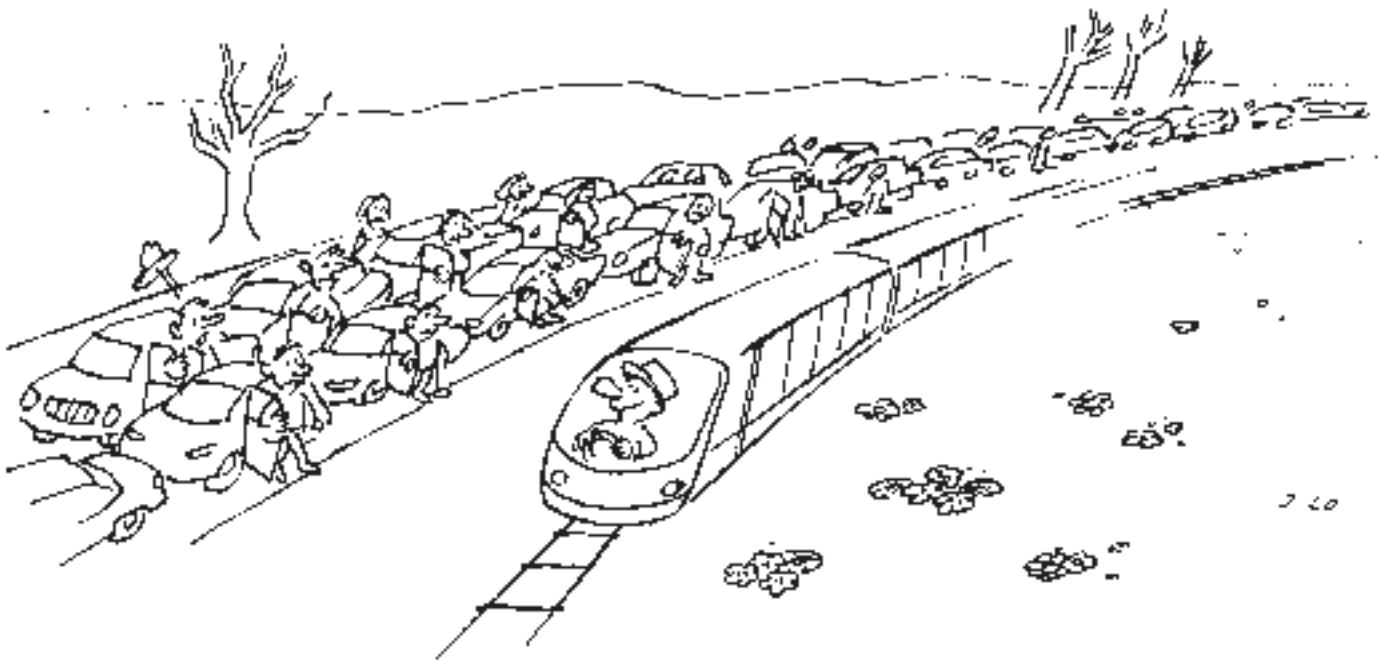
#### 8.5.2 Verbesserung des bestehenden ÖV

Der Vorteil des eigenen motorisierten Fahrzeugs gegenüber dem Öffentlichen Verkehr liegt vor allem in seiner Flexibilität, Schnelligkeit und örtlichen/zeitlichen Verfügbarkeit. Um ein Umsteigen zu erreichen, muss der ÖV, im speziellen der Busverkehr in diesen Bereichen aufholen.

Zur Verbesserung der örtlichen und zeitlichen Verfügbarkeit sowie der Flexibilität wären mehr Buslinien notwendig, auf denen Busse in schnelleren Takten verkehren. Sieht man sich die heutigen Busse an, so sind diese nur zum geringen Teil ausgelastet. Der Einsatz kleinerer Autobusse, dafür eine grössere Anzahl würde die Verfügbarkeit und Flexibilität deutlich erhöhen, der Personal- und Kostenaufwand würde aber ebenfalls steigen. Durch höhere Einnahmen aus dem MIV-Bereich könnte diese Differenz abgedeckt werden.

Den Idealfall des öffentlichen Verkehrs finden wir in grösseren Städten, in denen die Verkehrsmittel nicht fahrplangebunden, sondern in kurzen Intervallen verkehren. Bei der bestehenden Ausnutzung des Busverkehrs wäre ein solches System in Liechtenstein nicht zu finanzieren, allerdings würde gerade ein derartiges, nicht fahrplangebundenes Bussystem die Akzeptanz und Ausnutzung und somit die Selbstfinanzierung stark erhöhen.

Um die Geschwindigkeit des öffentlichen Verkehrs zu erhöhen gibt es viele Möglichkeiten – ein Blick über die Grenze nach Feldkirch zeigt einige vernünftige Ideen: Eigene Busspuren an neuralgi-



### Hochattraktive öffentliche Verkehrsmittel als echte Lösung des Verkehrsproblems

schen Punkten, Bevorzugung bei Ampeln, Bushaltestellen statt Busbuchten zwingen den MIV hinter dem Bus zu bleiben und die Behinderung durch den MIV sinkt.

Begrüßenswert ist jedenfalls die kürzlich realisierte Umrüstung der Busflotte auf Gasmotoren - nicht nur der Umwelt zuliebe (Reduktion  $\text{NO}_x$ -Ausstoß), sondern auch, weil das Interesse der Bevölkerung am ÖV dadurch eventuell steigt.

#### 8.5.3 Öffentlicher Verkehr in der Zukunft

Trotzdem werden Autobusse nicht das Verkehrsmittel der Zukunft sein. Zu lange gibt es sie schon, zu sehr sind sie mit dem «Schüler- und Pensionisten»-Image behaftet. Ein allfälliges zukünftiges öffentliches Verkehrsmittel muss daher grundlegend neu konzipiert werden, um die Bevölkerung anzusprechen.

Um Überlegungen bezüglich eines zukünftigen öffentlichen Verkehrsmittels anzustellen, müssen sowohl verkehrspolitische Zielsetzungen definiert werden als auch Anforderungsprofile aus der Sicht des Fahrgasts formuliert werden.

Als verkehrspolitische Zielsetzungen wären vorstellbar:

- Mobilität für alle Bevölkerungsgruppen
- Reduktion des MIV auf den Stand von 1980
- 50% der gesamten Fahrten im ÖV
- Reduzierung der volkswirtschaftlichen Kosten bzw. externen Kosten
- Umweltverträglich – Nachhaltigkeit
- Intensivierung und Vernetzung der regionalen Wirtschaft

#### • Sicherheit

Aus der Perspektive des Benutzers sollte ein zukünftiges Verkehrsmittel folgende Eigenschaften aufweisen:

- Hohe räumliche und zeitliche Verfügbarkeit annähernd dem MIV
- Flexibel und schnell mit geringer Gesamtreisezeit (Unabhängig vom behindernden Strassenverkehr, kurzer Anmarschweg, geringe Wartezeiten)
- Einfache und bequeme Benutzung
- Günstiger als MIV
- Angenehme, aber unauffällige Erscheinung der Fahrzeuge und Haltestellen
- Lärmarm für Umwelt und Passagiere
- Verlässlichkeit und Sicherheit

Wie könnte ein solches öffentliches Verkehrsmittel, welches alle genannten Anforderungen möglichst erfüllt, konkret aussehen?

Um die Anforderungen der Fahrgäste – Flexibilität, Verfügbarkeit und Geschwindigkeit – zu erfüllen, muss es eine Mischung aus Individual- und öffentlichem Verkehr sein. Lärmarmut und Umweltverträglichkeit sowie das Prinzip der Nachhaltigkeit sprechen gegen Verbrennungsmotoren. Unauffälligkeit, ebenso wie geringe Lärmentwicklung sind innerorts durch unterirdische Trassenführung realisierbar.

Als futuristisches Konzept könnte die im folgenden vorgestellte Individual-U-Bahn das genannte Anforderungsprofil erfüllen.

#### Individual-U-Bahn – eine Lösung?

Die Trassenführung würde bei diesem System, wie

bereits angesprochen, innerorts unterirdisch und relativ weitverzweigt verlaufen. Im Umkreis von 200 Metern sollte immer eine Haltestelle verfügbar sein. Zwischen den Orten wäre aus Kostengründen eine überirdische Führung denkbar. Der Ausbau müsste auf den Hauptstrecken zweigleisig sein, auf weniger befahrenen eingleisigen Stücken in den Orten müssten Ausweichbuchten für den Gegenverkehr vorhanden sein. Die Trassenführung entspricht also – bis auf die Verzweigung – weitgehend einer konventionellen U-Bahn.

Für die relativ geringe Bevölkerungsanzahl Liechtensteins ist jedoch das Konzept der U-Bahn-Züge nicht geeignet. An deren Stelle müssten kleine Gondelheiten mit ca. 10 Plätzen zum Einsatz kommen, welche vollautomatisch und führerlos durch zentrale Steuerung zum vom Fahrgast eingegebenen Ziel gelangen. Diese Gondeln sind also nicht liniengebunden, sondern können auf dem gesamten Netz verkehren.

Für den Fahrgast läuft die Benutzung wie folgt ab: Er geht zur nächsten Haltestelle und gibt an einer einfachen Steuertafel seinen Zielort an. Die nächste Gondel, welche entweder verfügbar/leer ist oder besetzt ist, aber von den schon zugestiegenen Fahrgästen an den selben Zielort dirigiert wurde, bleibt stehen, der neue Fahrgast steigt zu.

Die Gondel fährt nun mit hoher Geschwindigkeit weiter zum Zielort und nimmt unterwegs bei noch vorhandener Kapazität und passendem Ziel weitere Fahrgäste auf. Am Zielort werden die Gäste an den gewünschten Haltestellen verteilt, neue Fahrgäste werden aufgenommen. Güterwaggons sind natürlich genauso denkbar.

Wie das Fragezeichen im Titel schon andeutet, handelt es sich bei diesem System nur um eines von mehreren möglichen visionären Konzepten. Prinzipiell wäre dieses System bei gutem Ausbau jedoch fähig, den Individualverkehr zumindest im Binnenraum fast vollkommen zu ersetzen. Auch die anderen Vorgaben würden erfüllt werden.

Zur Finanzierbarkeit werden an dieser Stelle keine Berechnungen angestellt – langfristig wäre

dieses Transportsystem jedoch jedenfalls günstiger als der jetzige Strassenverkehr mit all seinen schon besprochenen Kosten. Es soll hier auch nicht auf genaue technische Details der Linienführung in den einzelnen Gemeinden oder der komplexen Systemsteuerung dieser U-Bahn eingegangen werden. Das vorgestellte System soll aber anregen zu kreativem und über konventionelle Ideen hinausgehendem Nachdenken über mögliche Alternativen des Verkehrs in der Zukunft. Uns und unseren Nachkommen zuliebe.

## 8.6 Zukünftige überregionale Verkehrslösungen

Die Weichen für die Mobilität der Zukunft werden jetzt gestellt. Die Strassen, unsere Luft und die Belastung durch den Verkehr sind an der Schmerzgrenze angelangt.

Verkehrslösungen der Zukunft müssen auf 4 Pfeilern stehen:

- a) ein sorgfältiger Umgang mit Ressourcen muss gewährleistet werden
- b) die Lösungen müssen allen Nachhaltigkeitskriterien standhalten
- c) das Verkehrssystem ist auf überregionale Lösungen («Region Alpenrhein») auszulegen
- d) die Verknüpfung mit anderen Linien und Verkehrssystemen muss gewährleistet sein

Liechtenstein darf den Verkehr nicht lokal und lediglich innerhalb der Landesgrenzen betrachten und innerhalb dieser Grenzen nach Lösungen suchen. Lösungen müssen gemeinsam in der «Region Alpenrhein» gesucht und verwirklicht werden.

Dafür muss Geld zur Verfügung stehen. Ein «Zukunftsfonds Verkehr» ist einzurichten, finanzielle Mittel müssen grosszügig in visionäre, zukunftsgerichtete Projektstudien investiert werden. Diese materiellen Mittel können nirgendwo gewinnbringender angelegt werden, als in der Sicherung der Lebensgrundlagen bei gleichzeitigem Erhalt einer funktionierenden Mobilität.

## 8.7 Übersicht über Lösungsgrundsätze und ihre Handlungsfelder

Lösungsgrundsatz	Handlungsfelder	Beispiele
<b>Rechtliche Grundlagen schaffen Spielraum und setzen Ziele</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesetzliche Grundlagen schaffen</li> <li>• Gesetzliche Grundlagen umsetzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsprotokoll der Alpenkonvention</li> <li>• «Initiative Verkehrspolitik mit Zukunft»</li> </ul>
<b>Wirtschaftliche Rahmenbedingungen begünstigen Entwicklungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Internalisieren externer Kosten</li> <li>• Lokale Wirtschaftskreisläufe stärken</li> <li>• Technischer Fortschritt unterstützen</li> <li>• Steuerliche Lenkung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kfz-Steuer nach Umweltverbrauch bemessen</li> <li>• Benzinsteuern erhöhen</li> <li>• Transporte verteuern</li> <li>• Regionale Wirtschaft fördern</li> <li>• Nötige Transporte analysieren</li> <li>• 1-Liter-Auto, Elektrofahrzeuge, usw.</li> </ul>
<b>Soziale Rahmenbedingungen beeinflussen Verhalten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedürfnis nach Mobilität und Notwendigkeit von Auto-Mobilität verringern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbesserung für Radfahrerinnen</li> <li>• Car-Sharing</li> <li>• Image des ÖV verbessern</li> <li>• Mobilitätsmanagement</li> <li>• Lokalen Lebensraum aufwerten</li> </ul>
<b>Raumplanerische Rahmenbedingungen sind Grundlage für tiefgreifende Lösungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauzonengestaltung</li> <li>• Landesentwicklung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wohnen, Arbeiten, Einkaufen durchmischen und Wohnorte aufwerten</li> <li>• Verkehrsgesamtkonzept</li> </ul>
<b>Verkehrsplanerische Rahmenbedingungen schaffen Leitplanken</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbesserung NMIV</li> <li>• Verbesserung ÖV</li> <li>• Zukunftsvisionen entwickeln</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radwegnetz ausbauen</li> <li>• Fahrpläne, Taktfahrplan</li> <li>• Individual-U-Bahn</li> </ul>
<b>Überregionale Verkehrslösungen sind zeitgemäss</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weichen für die Zukunft jetzt stellen</li> <li>• Visionär und überregional Denken und Handeln</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lösungen an Nachhaltigkeitskriterien prüfen</li> <li>• Lösungen auf Region Rheintal auslegen</li> </ul>

Tabelle 10: Übersicht über das Kapitel 8: Alternative Verkehrskonzepte und Lösungsvorschläge

### 8.8 Fazit

Am Prinzip des Autos und des Verbrennungsmotors hat sich seit der Erfindung vor 120 Jahren nichts geändert. Riesige Summen wurden in die Weiterentwicklung dieser Technik investiert. Die negativen Folgen dieses Antriebskonzepts – Abgase, Lärm, Gesundheitsrisiken, hohe Wartungskosten usw. können jedoch systembedingt nicht verhindert werden.

Die Entwicklung der letzten Jahrzehnte in anderen Forschungsbereichen stellt sinnvolle Alternativen zur Verfügung. Es muss ein Paradigmenwechsel stattfinden – weg vom Verbrennungsmotor, hin zu umweltfreundlichen Antriebstechnologien. Auch die begrenzten Erdölvorräte zwingen dazu. Es ist nicht

die Frage, *ob* wir auf alternative, erneuerbare Energien umsteigen, sondern *wann* dies geschieht.

Grundzielsetzung ist, den MIV zu verringern. Dazu gehören Veränderungen im wirtschaftlichen und sozialen Bereich genauso wie verkehrsplanerische Massnahmen und Forcierung des ÖV. Die Weichen für die zukünftige Mobilität werden jetzt gestellt. Lösungen müssen überregional gefunden werden. In dieses Ziel müssen finanzielle Mittel investiert werden. Nur auf diese Weise können die Bedürfnisse nach Mobilität und nach lebenswerter Umwelt befriedigt werden.

# 9 Rolle der LGU und anderer Interessensvertretungen

## 9.1 Die LGU und andere Organisationen im Themenbereich Verkehr

Die Liechtensteinische Gesellschaft für Umweltschutz (LGU) wurde im Jahr 1973 gegründet. Der Verein besteht zur Zeit aus 730 Mitgliedern, der zehnköpfige Vorstand ist ehrenamtlich tätig. Die LGU versteht sich als NRO (Nicht-Regierungs-Organisation).

Die Arbeit der LGU erstreckt sich von Stellungnahmen zu politischen Entscheidungen im Umweltbereich, darunter ganz wichtig das Thema Verkehr, über die Organisation von Kampagnen, die Publikation von verschiedenen Schriften und Papieren, bis zur Organisation von Veranstaltungen, Vorträgen, Seminaren und Wettbewerben.

Aufgrund ihrer Unabhängigkeit von den politischen und wirtschaftlichen Strukturen sieht sich die LGU befähigt, sich für die Erhaltung der Natur, der Landschaften, der Gesundheit der Menschen und

damit für nachhaltige Verkehrslösungen einzusetzen, ohne dabei auf starke Lobbys Rücksicht nehmen zu müssen.

Die LGU greift dabei auf das Wissen und die Erfahrung von Fach-Personen zurück, verbreitet dieses Wissen, z.B. über komplexe ökologische Zusammenhänge und versucht solches Wissen in die täglichen Entscheide der Entscheidungsträgerinnen einfließen zu lassen.

Diese Arbeit wird auch in Zusammenarbeit und Koordination mit anderen Interessensgruppen zum Thema Verkehr realisiert, um eine Diskussion auf breiter Basis zu erwirken. Zwei dieser Organisationen und Interessensgruppen in diesem Bereich werden im Folgenden stellvertretend dargestellt. Gleichzeitig wird hier ein wichtiger Punkt der Arbeit von NRO deutlich: Es wird in und mit Netzwerken gearbeitet, um eine effizientere Organisation und Kommunikation zu erreichen.

### Die Plattform gegen den Letzetunnel

Auf Einladung der LGU diskutierten in Feldkirch 1996 Interessierte und Betroffene über das Thema Letzetunnel. Daraus entstand eine grenzüberschreitende, parteiunabhängige Plattform, welche eng mit der LGU kooperiert.

Ziel dieser Plattform ist es, durch Engagement und nachhaltige Verkehrslösungen eine menschen- und umweltgerechte Mobilität zu erreichen, um unseren Lebensraum für zukünftige Generationen zu erhalten. Im Zentrum steht das Projekt der Vorarlberger Regierung mit dem Bau des Letzetunnels Feldkirch vom Verkehr zu entlasten. Mit Aktionen, Zeitungsartikeln und in Gesprächen mit EntscheidungsträgerInnen wird das Projekt Letzetunnel kritisch hinterfragt.

### VCL – Verkehrs-Club Liechtenstein

Der VCL ist die Liechtensteiner Sektion des Verkehrs-Clubs der Schweiz (VCS). Der VCS ist ein par-

Rolle	Ausführung
Beratung / Know How	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beantwortung von Anfragen</li> <li>• Zusammenarbeit mit entsprechenden Stellen</li> <li>• Bildung von Arbeitsgruppen</li> <li>• Mitarbeit in Kommissionen</li> </ul>
Bewusstseinsbildung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mittels Organisation von Veranstaltungen</li> <li>• Broschüren</li> <li>• Weiterbildung</li> <li>• Medienpräsenz</li> </ul>
Unabhängige Beurteilung von Projekten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stellungnahmen</li> <li>• Öffentlichkeitsarbeit</li> </ul>
Informationsbeschaffung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellen von Studien</li> <li>• Verbreiten von Studien</li> </ul>
Eigene Projekte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planung, Organisation und Durchführung</li> </ul>

Tabelle 11: Die Rolle der LGU

teipolitisch unabhängiger Verkehrs- und Umweltverband mit ca. 130'000 Mitgliedern. Er hat gemeinnützigen Charakter und setzt sich für eine menschen- und umweltgerechte Verkehrspolitik ein.

Der VCL setzt sich hauptsächlich mit dem Bereich Verkehr in Liechtenstein auseinander. Durch Aktionen, mit Forumsbeiträgen in den Tageszeitungen und mit konkreten Vorschlägen an die Unternehmen und Politiker arbeitet der VCL erfolgreich auf eine umweltverträgliche Verkehrsgestaltung in Liechtenstein hin.

## 9.2 Grundsätze der LGU

Die Stellung der LGU zum Thema Verkehr wurde im vorliegenden Positionspapier umfassend dargestellt. Die LGU ist keine wirtschaftsfeindliche Verhindererin. Vielmehr sind im Ansatz der LGU die Bedürfnisse von Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft so berücksichtigt, dass unsere Lebensgrundlagen erhalten bleiben und wir unseren Nachkommen eine weitgehend intakte Umwelt hinterlassen können.

Eine solche Aufgabe fordert heraus. Diese Ziele zu kommunizieren ist schwierig. In unserem bestehenden politischen und wirtschaftlichen System werden unmittelbare Erfolge belohnt, was den Zwang zu kurzfristig-opportunistischem Handeln beinhaltet. Die vergleichsweise langsam ablaufenden Prozesse in der Umwelt sowie in der Gesellschaft verlangen jedoch ein langfristiges und auf Nachhaltigkeit angelegtes Denken und Handeln, um unser Überleben zu sichern. Dieser Widerspruch bildet wohl den Kern des Spannungsfeldes in dem sich die LGU und die Forderungen und Ideen des vorliegenden Positionspapiers befinden.

Dieser Gegensatz ist nicht unüberwindbar. Sind doch die Ziele von Umweltschutz, Politik, Gesellschaft und Wirtschaft sehr ähnlich: Ein Leben und Überleben in Wohlstand und Sicherheit für jetzige und zukünftige Generationen.

Das Gesagte zeigt auf, dass zukunftsfähige Lösungen anstehender Probleme ganzheitlich unter Einbezug und Berücksichtigung aller Beteiligten getroffen werden müssen.

Dass Entscheidungen, welche primär zugunsten der Umwelt gehen, sich langfristig nicht nachteilig auf die Wirtschaft auswirken müssen, wurde im vorliegenden Positionspapier ebenfalls verdeutlicht.

## 9.3 Ziele, Massnahmen und Mittel der LGU

Ziel und Grundgedanken der LGU im Bereich Verkehr ist es, ohne weitere Strassenbauten die Ver-

kehrsprobleme nachhaltig zu lösen, also einer weiteren Erhöhung des Verkehrs- und Transitaufkommens durch entsprechende Konzepte zu begegnen. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf Information und Beratung sowohl der Regierung und Ämter als auch der Liechtensteiner Bevölkerung.

Im Verkehrsbereich sieht die LGU ihre Aufgabe in der Mitarbeit in Kommissionen, im Liefern von neuen Ideen, im Aufzeigen der Zusammenhänge des Verkehrs mit zahlreichen weiteren Themen, wie Energieverbrauch, Flächenverbrauch und Klimaerwärmung, aber auch im Ansprechen des Einzelnen und die Aufforderung, die persönliche Mobilität zu reduzieren.

### 9.3.1 Ziel: minus 50% Verkehr

Konkretes Ziel ist eine Reduktion des Verkehrs auf 50% des heutigen Verkehrsaufkommens. Erreicht werden kann ein solches Ziel nur durch rigorose Massnahmen, die an der Wurzel des Problems angreifen. Das bedeutet, Mobilität so teuer zu machen, wie sie wirklich ist, also die vollständige Internalisierung der externen Kosten. Um das zu erreichen plädiert die LGU für eine starke steuerliche Belastung herkömmlicher Kfz sowie eine steuerliche Begünstigung bzw. Förderung von 3-Liter Autos oder Fahrzeugen mit alternativen Antriebskonzepten.

Gleichzeitig muss mit den höheren Steuereinnahmen der öffentliche Verkehr und die Infrastruktur für den NMIV grosszügig ausgebaut werden.

Ein weiteres mögliches Mittel ist die Schaffung einer Mobilitätszentrale, welche für individuelle Bedürfnisse individuelle Lösungen bietet, den ÖV koordiniert, Mitfahrzentrale ist und längerfristig ein Car-Sharing-Angebot entwickelt. Die LGU kann hier beratend mitwirken.

### 9.3.2 Ziel: Rechtliche Grundlage und ihre Umsetzung

Konkretes Ziel ist die Aufnahme einer Bestimmung in die rechtlichen Grundlagen des Landes Liechtenstein, welche eine Beurteilung des Verkehrs aus ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Interessen vornimmt und damit eine nachhaltige Entwicklung und eine auf Dauer tragbare Mobilität erreicht, die für Menschen, Tiere und Pflanzen sowie deren Lebensräume erträglich ist. Durch das Verkehrsprotokoll der Alpenkonvention wird dieses Ziel in einem Staatsvertrag verbindlich festgelegt, die Umsetzung im Land bleibt ein zentrales Ziel.

### 9.3.3 Ziel: kein Strassenausbau oder -neubau

Ein anderes klares Ziel der LGU ist es, das hauptsächlich im Unterland bestehende Verkehrsproblem ohne Strassenausbau oder -neubau zu lösen. Als Massnahme und Lösung dazu dient die 0+-Variante, welche als einzige keine Steigerung des Gesamtverkehrs in Liechtenstein bewirkt (Kapitel 7.2.7). Nur eine Reduktion des MIV kann als nachhaltige Entwicklung angesehen werden, somit entspricht diese Variante als einzige den im Verkehrsbericht 1997 vorgegebenen Zielen. Zudem ist ein Einfrieren der Transitkapazität in Liechtenstein notwendig.

Jedoch nicht nur verkehrsplanerische, sondern auch raumplanerische Massnahmen müssen eingesetzt werden, um eine zukünftige weiteres Bedürfnis nach Mobilität schon im Ansatz zu lösen. Es muss ganz klar ein verdichtetes Bauen und eine Entwicklung nach innen geben, um Distanzen und Flächenverbrauch zu minimieren. Die Raumplanung muss auf Verkehrsreduktion und regionale Versorgung ausgerichtet sein.

### 9.3.4 Ziel: weniger Schadstoffe

Eine wichtige Zielsetzung der LGU ist die Reduktion der Schadstoffe und damit die Erhaltung der Gesundheit von Mensch, Tier und Pflanzen.

Als Massnahme dazu dient in erster Linie die Förderung sparsamer, schadstoffarmer Fahrzeuge durch starke steuerliche Begünstigungen. Lenkungsabgaben sind ein weiterer Schritt, um eine Verkehrsreduktion und somit auch eine Reduktion der emittierten Schadstoffe zu erreichen. Autofreie Dorfzentren, Autofreie Tage oder die Subvention von Elektrofahrzeugen können einen wichtigen Beitrag für die Bewusstseinsbildung der Bevölkerung leisten.

### 9.3.5 Ziel: überregionale Verkehrslösungen erreichen

Ein langfristiges und gleichzeitig das zentrale Ziel der LGU ist die Arbeit an visionären Konzepten und die Forderung nach überregionalen Verkehrslösungen. Die Lösungen für die Mobilität der Zukunft müssen in überregionaler Zusammenarbeit und Entwicklung in der «Region Alpenrhein» entstehen. Die Verknüpfung mit anderen Linien und Verkehrssystemen muss gewährleistet sein

Liechtenstein muss den Verkehr länderübergreifend betrachten und in diesem Raum nach zukunftsfähigen Lösungen suchen. Dafür müssen grosszügig finanzielle Mittel in visionäre und zukunftsgerichtete Projektstudien investiert werden.

## 9.3.6 Übersicht der Ziele der LGU sowie Massnahmen und Mittel

Ziel	Massnahmen	Mittel
<b>Reduktion des MIV um 50%</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Förderung alternativer Verkehrsmittel</li> <li>• Belastungen für Kfz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steuerbemessung nach Leistung, Hubraum und Schadstoffemission</li> <li>• Lenkungsabgaben</li> <li>• Rückbau von Strassen</li> <li>• Ausbau und Neubau ÖV</li> <li>• Werbung für ÖV</li> <li>• Beratung der Bevölkerung</li> <li>• Schaffung einer Mobilitätszentrale</li> <li>• Car sharing</li> </ul>
<b>Rechtliche Grundlagen und ihre Umsetzung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Änderung und / oder Ergänzung der rechtlichen Grundlagen</li> <li>• Umsetzung Alpenkonventionsprotokoll Verkehr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorschläge und Diskussion von entsprechenden Artikeln</li> <li>• Verlagerung Güterverkehr auf die Bahn und Förderung ÖV</li> </ul>
<b>Kein Strassenneubau</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0+ Variante erweitern und anwenden</li> <li>• Reduktion des Verkehrs</li> <li>• Raumplanerische Massnahmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transitkapazität einfrieren</li> <li>• Verdichtetes Bauen</li> <li>• Auf Verkehrsreduktion und regionale Versorgung abgestimmte Raumplanung</li> </ul>
<b>Weniger Schadstoffe und Erhaltung der Gesundheit von Mensch, Tier und Pflanze</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sparsame, schadstoffarme Fahrzeuge fördern</li> <li>• Förderung alternativer Antriebskonzepte</li> <li>• Bewusstseinsbildung der Bevölkerung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steuerliche Begünstigungen für sparsame Kfz</li> <li>• Steuerfreiheit oder Subvention für alternative Antriebskonzepte</li> <li>• Autofreie Tage</li> <li>• Autofreie Dorfzentren</li> </ul>
<b>Überregionale Verkehrslösungen erreichen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überregionale Zusammenarbeit («Region Alpenrhein»)</li> <li>• Zukunftsgerichtete und visionäre Konzepte und Lösungen ausarbeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grosszügige finanzielle Mittel</li> <li>• Überregionale starke Arbeitsgruppen</li> </ul>

Tabelle 12: Ziele, Massnahmen und Mittel

## 10 Abkürzungsverzeichnis

AWNL	Amt für Wald, Natur und Landschaft (Liechtenstein)	ÖV	Öffentlicher Verkehr
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Schweiz)	t	Tonnen
CHF	Schweizer Franken	Tkm	Tonnenkilometer
dB(A)	Dezibel (das «A» steht für die menschliche Hörkurve): Einheit für den Schallpegel (logarithmisch)	UNCED	UN Conference on Environment and Development
GV	Güterverkehr	µm	Mikrometer = Millionstel Meter
Kfz	Kraftfahrzeug	VOC	Flüchtige Kohlenwasserstoffe (engl. volatile organic compounds)
KW	Kohlenwasserstoff(e)		
LBA	Liechtenstein Bus Anstalt		
LGU	Liechtensteinische Gesellschaft für Umweltschutz		
Lkw	Lastkraftwagen		
Mio	Million(en)		
MIV	Motorisierter Individualverkehr		
Mrd	Milliarde(n)		
NRO	Nicht-Regierungs-Organisation		
NMIV	Nicht motorisierter Individualverkehr		
PAK	Polyaromatische Kohlenwasserstoffe		
Pkm	Personenkilometer		
PM10	Feindisperse Schwebstoffe mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als 10 µm (engl. particulate matter)		
ppb	Parts per Billion (10 <sup>9</sup> ), d.h. ein Teil Beimischung auf eine Billion Teile Substanz		
ppm	Parts per Million, d.h. ein Teil Beimischung auf eine Million Teile Substanz		

### Symbole für chemische Stoffe

Al	Aluminium
Ca	Calcium
Cd	Cadmium
CH <sub>4</sub>	Methan
CO	Kohlenmonoxid
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
K	Kalium
Mg	Magnesium
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
NO <sub>x</sub>	Stickoxide. Das «x» steht für unterschiedliche Anzahl von Sauerstoffatomen (O) (NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, usw.)
O <sub>3</sub>	Ozon
Pb	Blei
SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
Zn	Zink

**CO<sub>2</sub>-neutral** (S. 20): Ein Prozess (für Energiegewinnung) ist CO<sub>2</sub>-neutral, wenn beim Prozess gleich viel CO<sub>2</sub> entsteht, wie zuvor für die Entstehung des Ausgangsproduktes (z.B. Holz) aus der Umwelt aufgenommen und fixiert wurde. Dadurch entsteht eine Null-Bilanz in Bezug auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoss

**Externe Kosten** (S. 16, 21): Kosten, welche durch eine Tätigkeit verursacht werden, die nicht durch den Verursacher sondern von der Allgemeinheit oder Dritten getragen werden und daher im Optimierungskalkül des Verursachers nicht berücksichtigt werden

**Externe Nutzen** (S. 16, 26): Nutzen, die durch eine Tätigkeit zu Gunsten der Allgemeinheit oder Dritten entstehen und dem Verursacher (über den Markt) nicht abgegolten werden

**Humankapitalansatz** (S. 22): Der Humankapitalansatz versucht den ökonomischen Wert eines Menschen, in erster Linie auf die Arbeitswelt bezogen, zu erfassen. Basis ist der Bruttoertrag, den ein Mensch produziert

**Induzierter Verkehr** (S. 14): Verkehr, der durch den (Neu)Bau oder die Verbesserung einer Verkehrsverbindung verursacht wird, weil die Strecke effizienter, attraktiver oder sicherer usw. wird. Dieser Verkehr entsteht neu und verkehrt zusätzlich zum bisherigen Verkehr

**Nachhaltigkeit** (S. 4): Begriff, der sich aus dem Englischen «Sustainability» ableitet und die Idee beschreibt nicht mehr von einem Gut zu nutzen als in der Zeitspanne der Nutzung nachwachsen kann sowie die Bedürfnisse zukünftiger Generationen nicht zu beeinträchtigen

**Organische Verbindungen** (S. 17): Die riesige Gruppe der organischen Verbindungen umfasst alle Verbindungen (mit ganz wenigen Ausnahmen), die Kohlenstoff (C) enthalten. Alle organischen Verbindungen enthalten zudem Wasserstoff (H) und ein grosser Teil zudem Sauerstoff (O) und / oder Stickstoff (N) sowie teilweise auch Schwefel (S), Phosphor (P) und Halogene (Fluor, Chlor, usw.)

**Trasse** (S. 14): Übergeordneter Begriff für die Linienführung und die Gesamtheit Strasse/Schiene, Strassen-/Schienenunterbau und der Strasse/Schiene entlang mitbetroffenes Gebiet

**Umwelteffizienz** (S. 16): Begriff, um den Nutzen einer Tätigkeit in Bezug zu ihrem Umweltverbrauch zu setzen

**Vorläufersubstanzen** (S. 18): (Chemische) Substanzen, welche in der Umwelt in eine andere Substanz umgewandelt werden, also dieser vorangehen. Die entstehende Substanz ist in vielen Fällen schädlicher

**Zahlungsbereitschaftsansatz** (S. 22): Der Zahlungsbereitschaftsansatz versucht den Wert von nicht durch den Markt bewerteten Gütern oder Dienstleistungen zu erfassen, indem festgestellt wird wie viel Individuen für das Gut zu zahlen bereit sind. (Im Bereich Unfallkosten geht der Zahlungsbereitschaftsansatz davon aus, dass der Verlust eines Menschenlebens soviel wert ist, wie die Gesellschaft bereit ist, Massnahmen zur Unfallverhinderung zu ergreifen. Als Basis dienen die jährlich aufgewendeten Kosten zur Unfallverhinderung)

## 12 Literaturverzeichnis

### Studien

- AWNL, Amt für Wald Natur und Landschaft des Fürstentums Liechtenstein (2000) Liechtensteini-sches Landeswaldinventar 1998. Vaduz
- Amt für Volkswirtschaft (2000) Statistisches Jahr-buch. Vaduz
- Amt für Volkswirtschaft (2001) Statistisches Jahr-buch. Vaduz
- Besch und Partner (1998) Pendlerverkehrsmodell Liechtenstein. Feldkirch
- Besch und Partner (1999) Verkehrsmodell: Grenz-überschreitender Verkehr Liechtenstein/Schweiz-Vorarlberg. Feldkirch
- Besch und Partner (2001) Gesamtverkehrsmodell Liechtenstein Individualverkehr. Feldkirch
- Bundesamt für Statistik Schweiz (2000) Taschen-statistik der Schweiz 2000.
- Gruner, Emch & Berger (1997) Verkehrsmodell Oberes Rheintal – Feldkirch. Basel
- Herry und Sammer (1999) Mobilitäts-erhebung Österreichischer Haushalte, Hrsg. Bundesministe-rium für Wissenschaft und Verkehr. Wien
- Institut für Strassenbau und Verkehrsplanung der Universität Innsbruck (1983) Verkehrsanalyse Liechtenstein. Innsbruck
- Meier E. (1989) Neuverkehr infolge Ausbau und Veränderung des Verkehrssystems. Hrsg. Institut für Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau (IVT) ETH Zürich
- Metron (1992) Aktivierung des öffentlichen Ver-kehrs im grenzüberschreitenden Verkehr zwischen Vorarlberg und Fürstentum Liechtenstein. Brugg
- Metron (2001) Zwischenbericht zum Gesamtver-kehrskonzept. Brugg
- Molt W. (1997) Die Auswirkungen des Letze-Tun-nels auf Schaan und das Unterland sowie auf die alpenquerenden Verkehrsströme. Augsburg
- PROGNOSE (1992) Untersuchung der Substitu-tionsmöglichkeiten zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emis-sionen im Wärmesektor und Gesamtoptimierung einer CO<sub>2</sub>-Strategie. Basel/Bern
- Regierung des Fürstentums Liechtenstein (1997) Verkehrsbericht 1997, Nr. 105/97. Vaduz
- Schaechterle/Mögerle (1999a) Überprüfung von möglichen strassenbaulichen Massnahmen zur Entlastung der Bevölkerung im Liechtensteiner Unterland, Beantwortung des Postulats im Land-tag, Grobanalyse der Varianten. Ulm/Baden
- Schaechterle/Mögerle (1999b) Überprüfung von möglichen strassenbaulichen Massnahmen zur Entlastung der Bevölkerung im Liechtensteiner Unterland, Beantwortung des Postulats im Land-tag, Technischer Bericht. Ulm/Baden
- Schaechterle/Mögerle (1999c) Überprüfung von möglichen strassenbaulichen Massnahmen zur Entlastung der Bevölkerung im Liechtensteiner Unterland, Beantwortung des Postulats im Land-tag, Anhänge. Ulm/Baden

### Literatur

- Arnold A, Bomatter R., Simmen S. (1991) Transit durch Granit. Hrsg. VCS Verkehrs-Club der Schweiz, Herzogenbuchsee
- Bertschi (1985) Der Alpenquerende Verkehr darge-stellt am Ausbau einer neuen Eisenbahntransver-sale durch die Schweiz. Bern
- Bode P., Hamberger S., Zängl W. (1991) Alptraum Auto, München: Raben Verlag
- BUWAL (1987) Der Weg zur Nachhaltigen Schweiz. Bern
- BUWAL (2000) Alpenkonvention. Die Alpen schützen und nutzen. Bern
- Ecker P., Gassebner H., Pack I., Scheiring H., Stöhr D., Weber A., Ziegner K. (1991) Auswirkungen des Strassenverkehrs auf die Umwelt, Teilbericht Luft/Vegetation/Boden. Hrsg. Amt der Tiroler Lan-desregierung. Innsbruck
- INFRAS (1996) Die vergessenen Milliarden. Bern: Haupt Verlag
- Initiativkomitee Verkehrspolitik mit Zukunft (2002) Ja zur Verkehrsinitiative, Schaan

- LITRA (Informationsdienst für den öffentlichen Verkehr) (Hrsg.) (2001). Verkehrszahlen '00. Bern. (<http://www.litra.ch>)
- Maibach M, Iten R., Mauch S.P. (1993) Kostenwahrheit im Verkehr. Zürich: Rüegger Verlag
- Maibach M., Schenkel P., Peter D., Gehrig S. (1997) Umweltindikatoren im Verkehr. Hrsg. GVF Dienst für Gesamtverkehrsfragen. Bern
- Neue Zürcher Zeitung NZZ (2002, 14. 5.)
- Vorarlberger Nachrichten (2001, 11./12. 8.)
- Weidermann V. (2000, 20.9.) Kuhmist statt Dogmen. Taz (Die Tageszeitung) Nr. 6301. Berlin

### Internet

Ostluft (2001) Website: <http://www.ostluft.ch>  
 Mobility (2002) Website: <http://www.mobility.ch>

### Tabellenverzeichnis

#### Table 1:

Entwicklung der Reisezeit vom 13. Jh. bis heute am Beispiel der Strecke Basel-Chiasso, Seite 5

#### Table 2:

Aufteilung der Fahrten nach ihrem Zweck auf alle Fahrten (95'790) in Liechtenstein, Seite 7

#### Table 3:

Menge der im Jahr 1996 auf dem Schienenweg in Liechtenstein beförderten Güter, Seite 10

#### Table 4:

Anzahl der 1960 bis 1999 in Liechtenstein zugelassenen Motorfahrzeuge, Seite 12

#### Table 5:

Strukturelle Sachverhalte, Feststellungen und Folgen auf den Verkehr, Seite 13

#### Table 6:

Soziale Unfallkosten in der Schweiz in Mrd. CHF berechnet aufgrund des Humankapitalansatzes, Seite 23

#### Table 7:

Kosten der immissionsbedingten Waldschäden in der Schweiz 1993, Seite 24

#### Table 8:

Externe Gesamtkosten für die Schweiz und Liechtenstein in Mio. CHF, Seite 26

#### Table 9:

Auswirkung von verschiedenen Bauprojekten in Vorarlberg auf den Grenzübergang Schaanwald (Bezugsjahr 1995 mit 11'210 Fahrten pro Tag, Prognosejahr 2010), Seite 28

#### Table 10:

Übersicht über das Kapitel 8: Alternative Verkehrskonzepte und Lösungsvorschläge, Seite 38

#### Table 11:

Die Rolle der LGU, Seite 39

#### Table 12:

Ziele, Massnahmen und Mittel, Seite 42

### Abbildungsverzeichnis

#### Abbildung 1:

Anteil des Binnenverkehrs, Quell-/Zielverkehrs und Transitverkehrs am Gesamtverkehrsaufkommen in Liechtenstein, (Quelle: Metron, 2001), Seite 6

#### Abbildung 2:

Verkehrsaufkommen (gesamt: 95'790 Fahrten) unterschieden nach Binnen-, Ziel-/Quell- und Durchgangsverkehr, sowie nach Personen- und Güterverkehr (Quelle: Metron, 2001), Seite 9

#### Abbildung 3:

Anteile der Pendler nach Wohnort 1998 (Quelle: Besch und Partner, 1998), Seite 10

#### Abbildung 4:

Grafische Übersicht über das Verkehrsverhalten und die Verkehrssituation in Liechtenstein und der Region, Seite 11

#### Abbildung 5:

Anzahl der gesunden Bäume in Prozent des Gesamtbestandes einer Art. Ab 1996 keine weiteren Erhebungen auf den untersuchten Flächen. (Quelle: AWNL, 2000), Seite 19

#### Abbildung 6:

Energieverbrauch im Personenverkehr pro Personenkilometer 1993, Seite 48

#### Abbildung 7:

Energieverbrauch im Güterverkehr pro Tonnenkilometer, 1993, Seite 48

#### Abbildung 8:

NO<sub>x</sub>-Emissionen im Personenverkehr pro Personenkilometer 1995, Seite 49

#### Abbildung 9:

NO<sub>x</sub>-Emissionen im Güterverkehr pro Tonnenkilometer 1995, Seite 49

#### Abbildung 10:

Kohlenwasserstoff-Emissionen im Personenverkehr pro Personenkilometer (ohne Methan) 1995, Seite 50

#### Abbildung 11:

Kohlenwasserstoff-Emissionen im Güterverkehr pro Tonnenkilometer 1995, Seite 50

**Abbildung 12:**

Lärm-Immissionen im Personenverkehr pro Tonnenkilometer 1995, Seite 51

**Abbildung 13:**

Lärm-Immissionen im Güterverkehr pro Tonnenkilometer 1995, Seite 51

**Abbildung 14:**

Luftschadstoffmessung Vaduz (Jahr 2000) mit Werten für NO<sub>2</sub>, Feinstaub und Ozon. Die Grenzwerte für Ozon und Feinstaub werden deutlich überschritten (Quelle: Ostluft, 2001), Seite 52

**Abbildung 15:**

Luftschadstoffmessung Planken (Jahr 2000) mit Werten für NO<sub>2</sub> und Ozon. Die Grenzwerte für Ozon wurden deutlich überschritten (Quelle: Ostluft, 2001), Seite 53

**Verzeichnis der Bilder****Seite 2:**

Eurotram Strassburg. Quelle: Projekt Stadtbahn Glattal (Legende: Moderne Lösungen für den öffentlichen Verkehr)

**Seite 24:**

Zeichnung zur Gesundheitsgefährdung durch Staub, Schadstoffe und Lärm. Quelle: J. Loretan (Legende: Schadstoffe, Staub und Lärm sind verantwortlich für gesundheitliche Schäden und verursachen volkswirtschaftliche Kosten)

**Seite 30:**

Karten zum Lückenschluss zwischen A13 und A14 durch S18 und Letzetunnel sowie zur A13 über den San-Bernardino. Quelle: Alpeninitiative und Komitee Stopp Transit A13 (Legende: Lückenschlüsse S 18 und Letzetunnel zwischen A13 und A14 sowie die Nord-Süd-Verbindung A13 über den San-Bernardino müssen als Gesamtsystem betrachtet werden)

**Seite 36:**

Zeichnung zum öffentlichen Verkehr. Quelle: J. Loretan (Legende: Hochattraktive öffentliche Verkehrsmittel als echte Lösung des Verkehrsproblems)

# 13 Anhang

## 13.1 Energie-Umwelteffizienz der Verkehrsmittel im Vergleich

Energie-Umwelteffizienz im Vergleich der Verkehrsmittel des Personen- und Güterverkehrs.

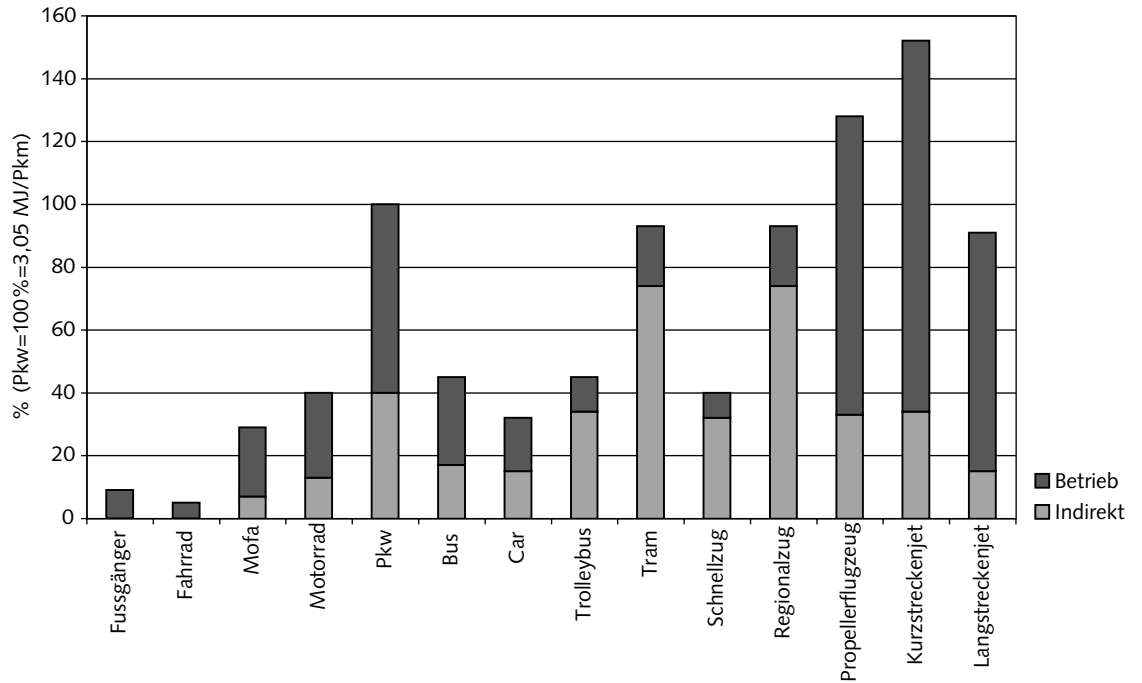


Abbildung 6: Energieverbrauch im Personenverkehr pro Personenkilometer 1993 (Quelle: Maibach et al., 1997)

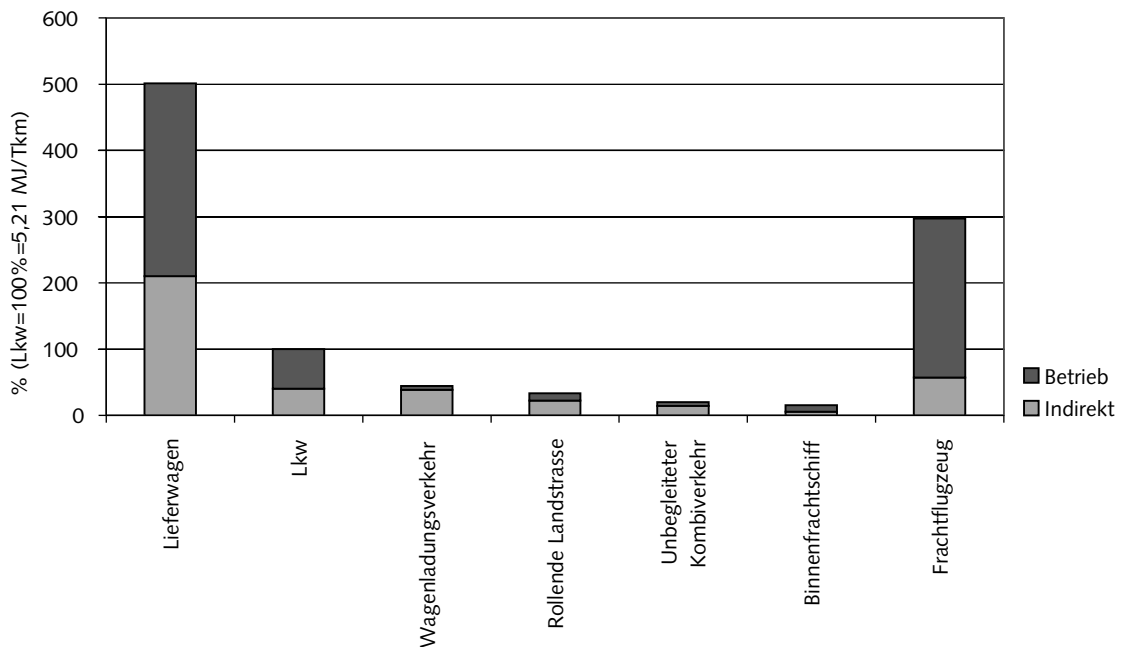


Abbildung 7: Energieverbrauch im Güterverkehr pro Tonnenkilometer, 1993 (Quelle: Maibach et al., 1997)

### 13.2 Emissions-Umwelteffizienz (NO<sub>x</sub>) der Verkehrsmittel im Vergleich

Emissions-Umwelteffizienz gemessen am Ausstoss von NO<sub>x</sub>.

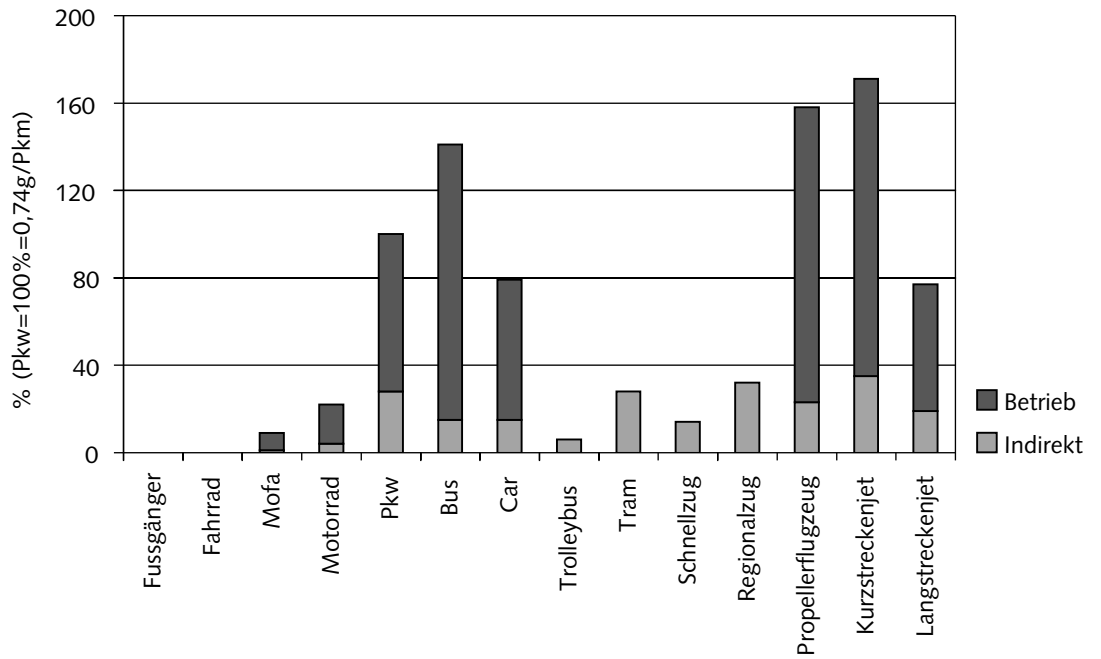


Abbildung 8: NO<sub>x</sub>-Emissionen im Personenverkehr pro Personenkilometer 1995

(Quelle: Maibach et al., 1997)

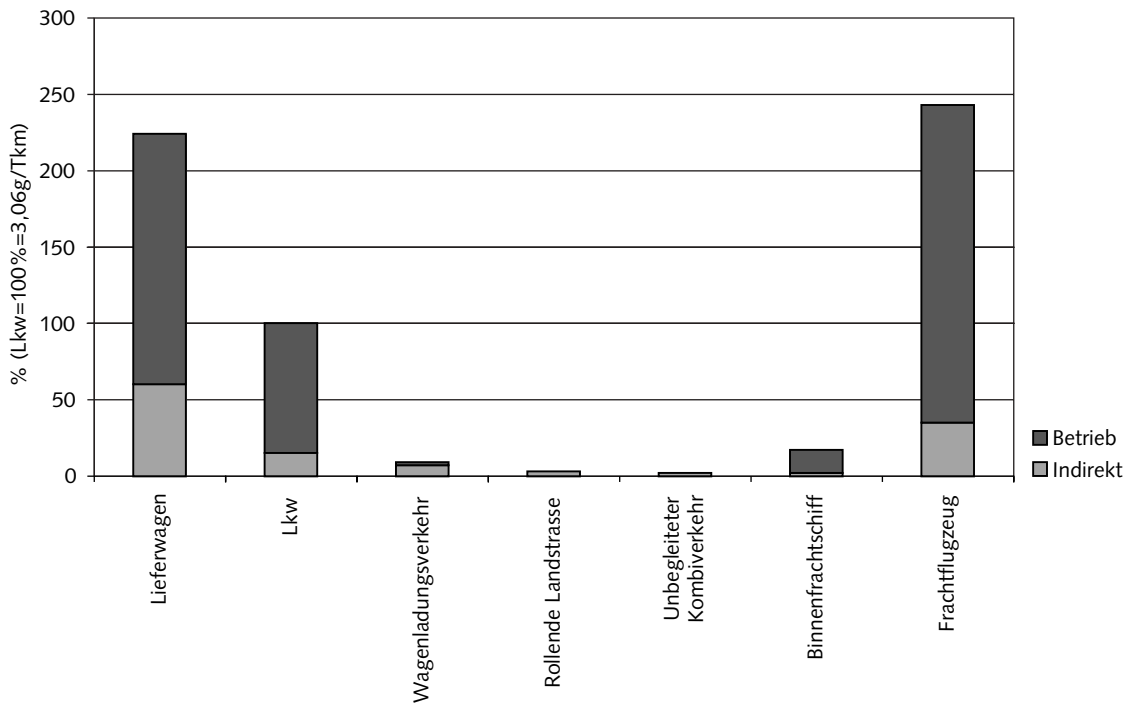


Abbildung 9: NO<sub>x</sub>-Emissionen im Güterverkehr pro Tonnenkilometer 1995

(Quelle: Maibach et al., 1997)

### 13.3 Emissions-Umwelteffizienz (KW) der Verkehrsmittel im Vergleich

Emissions-Umwelteffizienz gemessen am Ausstoss von Kohlenwasserstoffen (KW) ohne Methan.

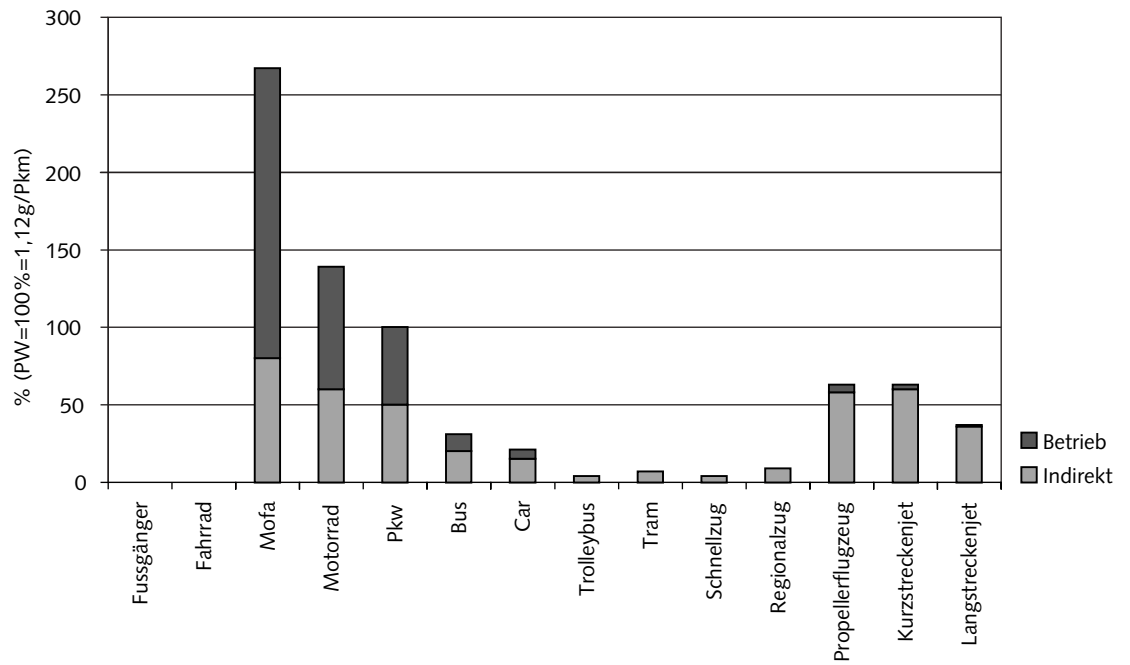


Abbildung 10: Kohlenwasserstoff-Emissionen im Personenverkehr pro Personenkilometer (ohne Methan) 1995 (Quelle: Maibach et al., 1997)

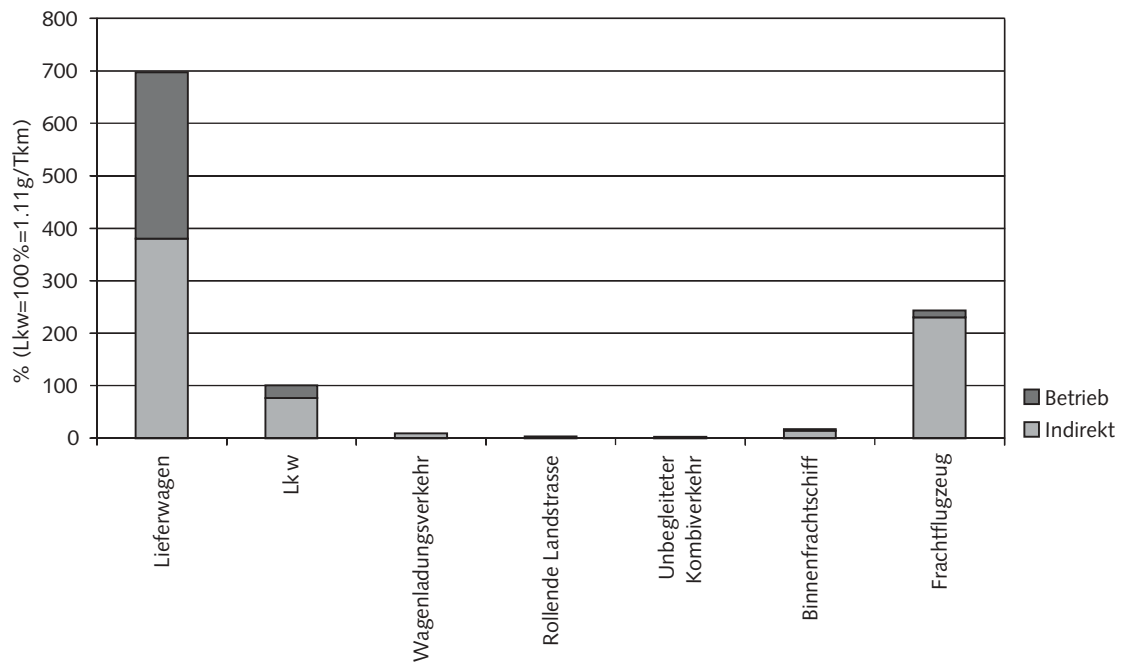


Abbildung 11: Kohlenwasserstoff-Emissionen im Güterverkehr pro Tonnenkilometer 1995 (Quelle: Maibach et al., 1997)

### 13.4 Lärm-Immissionen der Verkehrsmittel im Vergleich

Lärm-Immissionen im Personen- und Güterverkehr, gemessen in  $m^2$ , die mit mindestens 60 dB(A) von einer durchgehenden Kolonne des jeweiligen Fahrzeuges belastet wird. 60 dB(A) entsprechen dem Lärmgrenzwert in Wohngebieten. Die «durchgehende Kolonne» simuliert eine Lärmbelastung in den Spitzenstunden

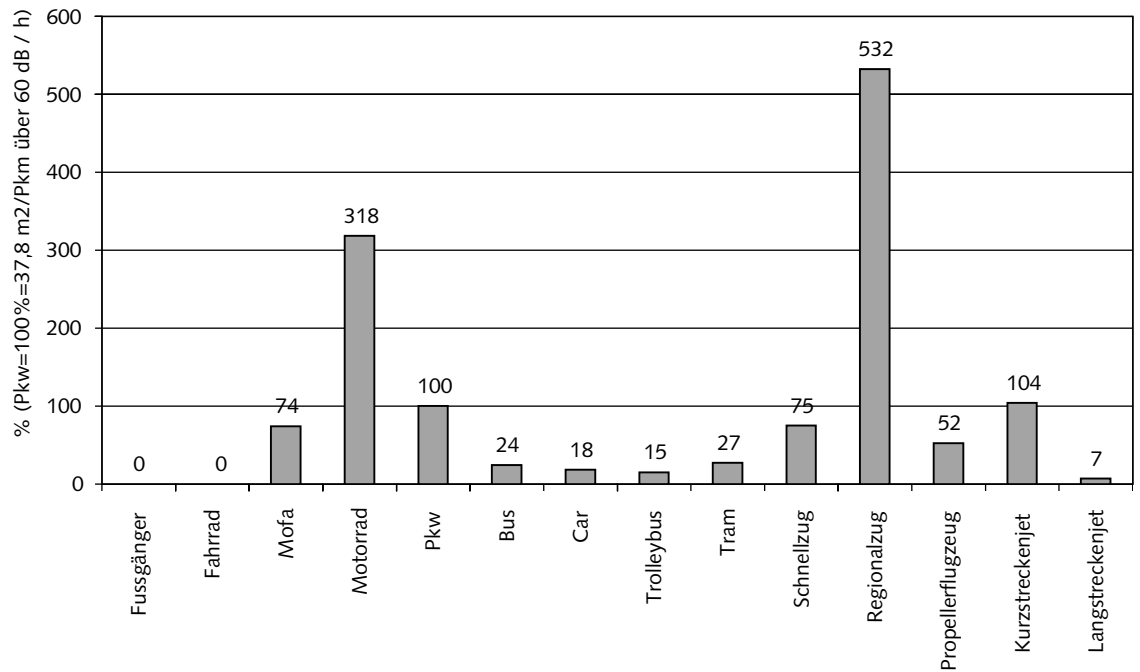


Abbildung 12: Lärm-Immissionen im Personenverkehr pro Tonnenkilometer 1995 (Quelle: Maibach et al., 1997)

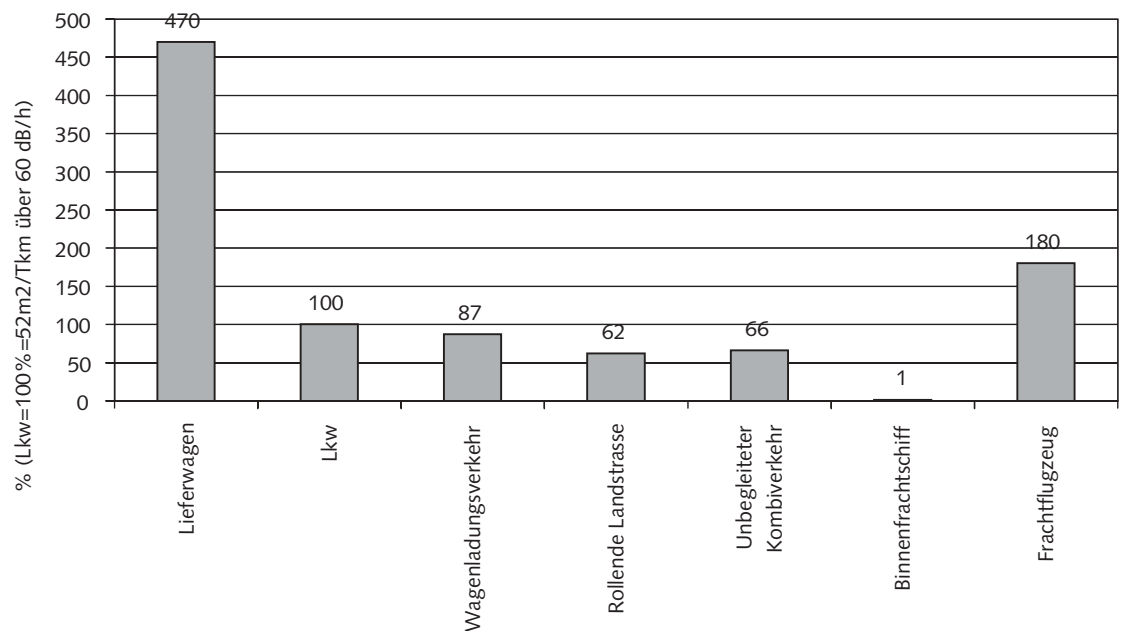
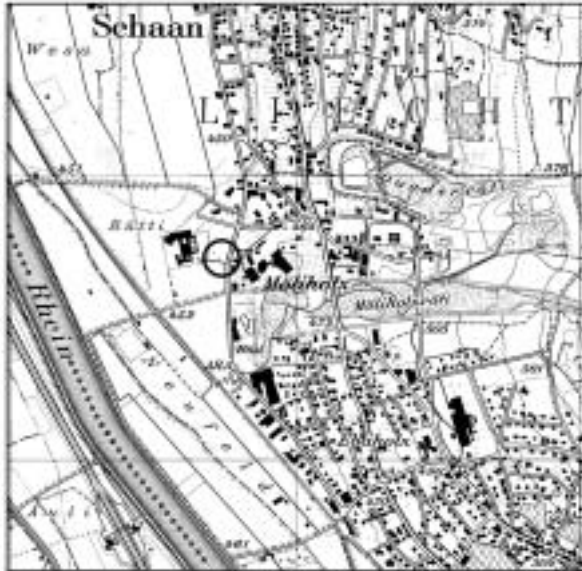


Abbildung 13: Lärm-Immissionen im Güterverkehr pro Tonnenkilometer 1995 (Quelle: Maibach et al., 1997)

## Vaduz (FL) Mühleholz



Höhe: **452 m ü.M.**  
 Siedlungsgrösse: **5'100 Ew**  
 DTV (%LKW): **k.W.**



©2001 Bundesamt für Landestopographie, 1:25'000

Lage: Mühleholz, ca. 350 m westlich der Hauptstrasse zwischen Schaan und Vaduz  
 Koord. 756 740 / 224 690 Höhe: 452 m ü.M.

Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	Grenzwert	Messwerte	Trend Vorjahre
Jahresmittel (µg/m <sup>3</sup> )	30	28*	⇒
95-Perzentil (µg/m <sup>3</sup> )	100	62*	
höchster TMW (µg/m <sup>3</sup> )	80	66*	⇒
Überschreitungen (Tage)	1	0*	⇒

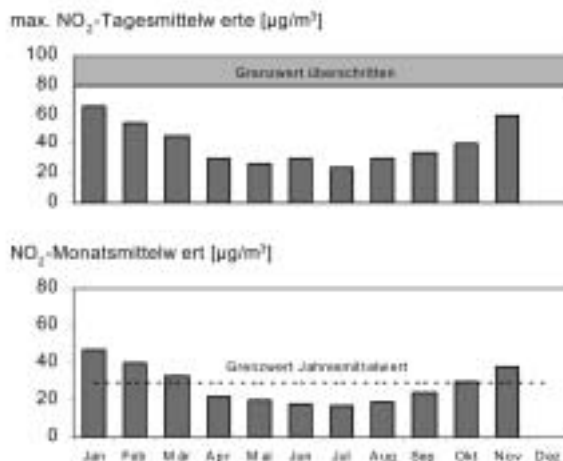
Feinstaub (PM10)	Grenzwert	Messwerte (Gota-Motor)	Trend Vorjahre
Jahresmittel (µg/m <sup>3</sup> )	20	31	
höchster TMW (µg/m <sup>3</sup> )	50	75	
Überschreitungen (Tage)	1	34	

Ozon (O <sub>3</sub> )	Grenzwert	Messwerte	Trend Vorjahre
höchster SMW (µg/m <sup>3</sup> )	120	141	
Überschreitungen (Stunden)	1	87	
(Tage)		20	
max. 98-Perzentil (µg/m <sup>3</sup> )	100	137	
Überschreitungen (Monate)	0	5	
Mittel über Vegetationszeit (µg/m <sup>3</sup> )	180 WHO	84	
AOT 40 (Kulturpflanzen) (ppm h)	(3,0)	6.3	
(Wald) (ppm h)	(1,0)	9.6	

\* fehlende Messwerte im Dezember

- Die Grenzwerte für Stickstoffdioxid wurden nicht überschritten.
- Feinstaub wurde das erste Mal gemessen. Die Grenzwerte wurden deutlich überschritten.
- Die Grenzwerte für Ozon wurden ebenfalls überschritten.

### NO<sub>2</sub>-Belastung im Jahreslauf



Der Jahresmittelwert für die NO<sub>2</sub>-Belastung lag in Vaduz wie in den vergangenen Jahren leicht unterhalb des Grenzwertes. Deutlich ist der typische Jahresverlauf mit den Belastungsspitzen im Winterhalbjahr. Die am Messstandort vorbei führende Nebenstrasse wird teilweise als Umfahungsstrasse genutzt. Der direkte Einfluss der ca. 300 Meter westlich liegenden Hauptstrasse ist hingegen gering. An diesem Standort wurde erstmals Feinstaub gemessen. Dabei wurden die Grenzwerte deutlich überschritten.

Abbildung 14: Luftschadstoffmessung Vaduz (Jahr 2000) mit Werten für NO<sub>2</sub>, Feinstaub und Ozon. Die Grenzwerte für Ozon und Feinstaub werden deutlich überschritten (Quelle: Ostluft, 2001)

## Planken (FL) Gemeindehaus



Höhe: **790 m ü.M.**  
 Siedlungsgrösse: **350 Ew**  
 DTV (%LKW): **k.W.**



Lage: Zentrum von Planken, direkt neben Gemeindehaus

Koord. 759 610 / 228 130 Höhe: 790 m ü.M.

Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )		Grenzwert	Messwerte	Trend Vorjahr
Jahresmittel	(µg/m <sup>3</sup> )	30	16*	↔
95-Perzentil	(µg/m <sup>3</sup> )	100	33*	
höchster TMW	(µg/m <sup>3</sup> )	80	46*	↔
Überschreitungen	(Tage)	1	0*	↔

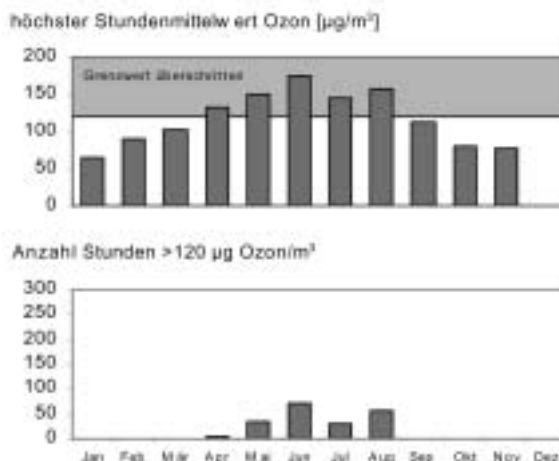
Feinstaub (PM <sub>10</sub> )		Grenzwert	Messwerte	Trend Vorjahr
Jahresmittel	(µg/m <sup>3</sup> )	20	—	
höchster TMW	(µg/m <sup>3</sup> )	50	—	
Überschreitungen	(Tage)	1	—	

Ozon (O <sub>3</sub> )		Grenzwert	Messwerte	Trend Vorjahr
höchster SMW	(µg/m <sup>3</sup> )	120	175	
Überschreitungen	(Stunden)	1	192	
	(Tage)		40	
max. 98-Perzentil	(µg/m <sup>3</sup> )	100	152	
Überschreitungen	(Monate)	0	6	
Mittel über Vegetationszeit	(µg/m <sup>3</sup> )	(60) WHO	92	
AOT 40 (Kulturpflanzen)	(ppm h)	(3.0)	9.4	
(Wald)	(ppm h)	(10)	15.2	

\* fehlende Messwerte im Dezember

- Die Grenzwerte für Stickstoffdioxid wurden deutlich unterschritten.
- Feinstaub wurde nicht gemessen.
- Die Grenzwerte für Ozon wurden überschritten.

### Ozon-Belastung im Jahreslauf



#### NO<sub>2</sub>

Planken liegt 340 Meter über der Talsohle. Aufgrund der Lage und der Siedlungsgrösse ist kein grosser lokaler Einfluss auf die Messergebnisse spürbar. Dies zeigt der tiefe Wert von 16 µg/m<sup>3</sup> für Stickstoffdioxid. Der Wert ist vergleichbar mit Passivsammlermessungen an wenig bis nicht belasteten Standorten im Tal.

#### Ozon

Die Werte für Ozon lagen deutlich höher als diejenigen in Vaduz. Die höchsten Belastungen wurden im Juni und August gemessen.

Die Messungen an diesem Standort werden ab dem 1. Januar 2001 nicht mehr weitergeführt.

Abbildung 15: Luftschadstoffmessung Planken (Jahr 2000) mit Werten für NO<sub>2</sub> und Ozon. Die Grenzwerte für Ozon wurden deutlich überschritten (Quelle: Ostluft, 2001)

### 13.7 Auswirkungen von Abgasen auf Mensch, Tier und Pflanze

(Abgeändert aus Ecker et al., 1991)

#### Wirkung von Kohlenmonoxid (CO)

CO-Emissionen entstehen bei allen unvollständig ablaufenden Verbrennungsprozessen. Mengenmäßig steht CO in den Industriestaaten an erster Stelle aller in die Luft abgegebenen Schadstoffe. Diese Verbindung ist jedoch kleinräumig wirksam (z.B. in Strassenschluchten, längeren Tunnels, aber auch in Städten sowie entlang stark befahrener Strassen).

Die Wirkung des CO auf den Menschen erklärt sich aus seiner hohen Bindungsfähigkeit an das Hämoglobin. Es besitzt eine 240mal höhere Affinität zum Hämoglobin als der Sauerstoff und vermag diesen deshalb schon in geringen Konzentrationen zu verdrängen («Systemgift»); dadurch wird die Sauerstoffversorgung des Gewebes beeinträchtigt, zentralnervöse Störungen sind die Folge. Auf Pflanzen ist bisher keine direkte Schädigung beschrieben worden.

Indirekt wirkt CO jedoch zweifach: Einmal ist es an der Ozonbildung beteiligt. Zum anderen trägt es zur globalen Erwärmung (= Treibhauseffekt) bei, da das aus dem CO entstandene CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre wärmeabsorbierende Eigenschaften besitzt.

#### Wirkung von Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub> = NO + NO<sub>2</sub>)

Durch Verbrennungsmotoren wie auch durch die stark gestiegenen Fahrleistungen verursacht der Kfz – Bereich einen Hauptteil der Stickoxidemissionen (88% in Österreich laut Ecker et al., 1991), die aus menschlichen Tätigkeiten entstehen. Die Wirkung dieser Schadstoffe ist sowohl kleinräumig als auch grossräumig wirksam.

Bei der Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit kommt dem NO<sub>2</sub> eine weitaus grössere Bedeutung zu. Die Atmungsorgane stellen den primären Angriffspunkt für die NO<sub>2</sub>-Wirkungen dar. Dosisabhängig wurden akute Wirkungen in der Erhöhung des Atemwegwiderstands, Einwirkungen auf das Auge sowie Schleimhäute, Leistungsverminderung und das Auslösen von Asthmaanfällen beschrieben. Chronische Belastungen mit NO<sub>2</sub> (und anderen Schadstoffen) führen zu persistierendem Husten, erhöhter Bronchitishäufigkeit, Lungenfunktionsstörungen sowie erhöhter Anfälligkeit für Grippeerkrankungen.

Bei Tieren wurde neben den Auswirkungen auf den Atemtrakt vor allem eine Verminderung der Infektionsresistenz festgestellt.

Luftverunreinigungen wie NO<sub>x</sub> sind nur ein Faktor der Wirkungen auf die Pflanze. Je nach genetischer Ausstattung, klimatischen und standortspezifischen Gegebenheiten sowie Entwicklungsgrad führen Stickoxide dosisabhängig zu latenten, chronischen, oder akuten Schädigungen. Direkte Schädigungen wurden nach mehrtägigen bis mehrmonatigen Begasungsversuchen bei etwa 100 ppb NO<sub>2</sub> festgestellt. Ganz anders ist die Situation, wenn sich gleichzeitig weitere Schadstoffe in der Luft befinden. Dann genügen wesentlich niedrigere NO<sub>2</sub>-Konzentrationen, um Schäden zu verursachen. Wirkungsverstärkungen (Synergismen) sind aber auch für die Schadstoffkombinationen wie NO<sub>2</sub>/O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>/O<sub>3</sub> sowie NO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub>/O<sub>3</sub> nachgewiesen.

NO<sub>x</sub> erhöhen gleichzeitig den Stickstoffeintrag im Boden, wodurch eine Gefahr der Überdüngung von Boden und Gewässer droht.

Ebenfalls führen Stickstoffoxide laut Ostluft (2001) zu Schäden an Bauwerken.

#### Saure Niederschläge

Alle emittierten NO<sub>x</sub>-Verbindungen gelangen als «saure Niederschläge» wieder auf die Erdoberfläche zurück. Bekannt sind die durch saure Niederschläge hervorgerufenen Veränderungen des Säuregrades von Seen mit entsprechenden negativen Auswirkungen auf die Artenzusammensetzung der Wasserlebewesen. Saure Niederschläge können in Böden auf saurem Ausgangsgestein einerseits zu Nährstoffauswaschungen (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>) und erhöhter Mobilität toxischer Metalle (Al, Cd, Pb) führen; letzteres geschieht dann, wenn die Pufferkapazität des Bodens erschöpft ist und der Säuregehalt plötzlich ansteigt. Andererseits führen Nitratreinträge zu einseitiger Überdüngung. Dies kann eine Destabilisierung naturnaher Ökosysteme bewirken.

Neben solchen indirekten sind auch direkte Wirkungen saurer Niederschlagsereignisse auf Pflanzen in Form von Nährstoffauswaschungen aus den Blättern/Nadeln beschrieben.

#### Wirkung von bodennahem Ozon (O<sub>3</sub>)

Ozon ist Hauptbestandteil der sog. «Photooxidantien», welche sich in der Luft aus den primär emittierten Schadstoffen CO, NO<sub>x</sub> und Kohlenwasserstoffen durch intensive Sonneneinstrahlung bilden. Photooxidantien sind vor allem grossräumig bedeutsam.

Bei Menschen und Tieren wirkt Ozon als typisches Reizgas. Tränen, Reizung der Atemwege,

Kopfschmerzen und Atembeschwerden treten bei empfindlichen Personen ab 100 ppb O<sub>3</sub> auf. Höhere Konzentrationen führen zu einer Zunahme des Atemwegwiderstandes, Reduzierung der physischen Leistungsfähigkeit, entzündlichen Reaktionen des Gewebes, Zunahme der Häufigkeit von Asthmaanfällen und weiteren Beeinträchtigungen.

Ozon schädigt bei Pflanzen zunächst das Membransystem der Blattzellen, wodurch unter anderem eine Verringerung der Regulationsfähigkeit der Spaltöffnungen und dann ein erhöhter Wasserverbrauch bewirkt wird. Neben diesem Angriffspunkt auf die Atmungsvorgänge der Pflanze wird auch noch die Photosynthese beeinträchtigt. Eine Schweizer Studie gibt Produktionsverluste bei landwirtschaftlichen Kulturen von 5–15 % unter den derzeitigen Verhältnissen an. Reduziertes Wurzelwachstum führt zu Trockenheitsanfälligkeit, geringerer Standfestigkeit, schlechterer Nährstoffversorgung und chronischer Schwächung, die letztlich als Zuwachsverluste und erhöhte Schädlingsanfälligkeit ihren Niederschlag finden.

Die Daten der Messstationen in Vaduz und Planken (Anhang) zeigen in Planken (790 m ü.M.) eine bedeutend höhere Ozon-Konzentration als in Vaduz (452 m ü.M.), an 40 Tagen wurde im Jahr 2000 der Grenzwert überschritten. Dies ist durch hangnahe Aufwinde bedingt, welche in West- und Südhängen durch Erwärmung auftreten und somit das O<sub>3</sub> zum Hang verfrachten. Diese Situation kann insbesondere im Schutzwald zu unabsehbaren Folgen führen.

#### **Wirkung von Blei (Pb)**

Dieses Element stammt zum grössten Teil aus der Verwendung von bleihaltigem Benzin und tritt kleinräumig im Grobstaubniederschlag aber auch grossräumig im Schwebstaub auf.

Blei ist ein Systemgift und hat keine akute Reizwirkung. Chronische Erkrankungsbilder treten jedoch bei vergleichsweise geringen Belastungen auf und äussern sich in Konzentrationsschwäche, Appetitlosigkeit, Minderung der Lernleistung etc.

Die Bleibelastung aus Kfz-Emissionen ist durch bleifreies Benzin zwar rückläufig, die bereits eingetretenen Bodenbelastungen werden jedoch noch lange Zeit bestehen.

#### **Wirkung von Aldehyden**

Diese Stoffe kommen vorwiegend als geruchsbelästigende Komponenten kleinräumig in Betracht. Vor

allem Dieselabgase («Dieselgeruch») können zu erheblichen subjektiven Beeinträchtigungen im Strassenverkehr aber auch in Wohngebieten führen. Formaldehyd, das sowohl als Primärprodukt als auch als Folge photochemischer Abbaureaktionen in der Atmosphäre entsteht, besitzt eine starke Reizwirkung auf Schleimhäute.

#### **Wirkung von Aliphaten und Alkenen**

Diese Verbindungen aus der Kohlenwasserstoffklasse sind in den vorkommenden Konzentrationen bisher als gesundheitlich unbedenklich eingestuft. Ihre lufthygienische Bedeutung leitet sich aus ihrer Eigenschaft ab, in der Atmosphäre Sekundärreaktionen einzugehen, die zur Bildung photochemischer Oxidantien, insbesondere Ozon, führen. Abgesehen von der starken Reizwirkung auf die Schleimhäute (Tränenreiz, Husten) besitzen die photochemischen «Sekundärprodukte» sehr stark pflanzenschädigende Eigenschaften (siehe oben).

Über eine direkte Schädlichkeit dieser Substanzen bei Pflanzen ist bisher sehr wenig bekannt. Allerdings wurde in letzter Zeit vermehrt auf eine Möglichkeit von Ethylen hingewiesen, welches für Pflanzen Hormoncharakter besitzt. Eine Störung dieser fein abgestimmten Regulation durch zusätzliche Ethyleneinwirkung von aussen kann die Entwicklung von Pflanzen erheblich beeinträchtigen.

#### **Wirkung von polyzyklischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und Benzol**

Neben dem Benzol selbst sind vor allem die höhermolekularen PAK's (mit 4–6 Benzenkernen) im Tierversuch krebserzeugend. Es lassen sich hier grundsätzlich aber nur mit grossen Vorbehalten tierexperimentell «Schwellenwerte» ermitteln.

Die krebserzeugende Potenz von Dieselmotorabgas lässt sich nicht mit dem Massstab PAK abschätzen, wie er aus Kokereiabgas oder kokereiähnlichem Abgas abgeleitet wurde. Beim Diesel werden zusätzliche Wirkungsmechanismen aktiv, die den reinen PAK-Effekt um ein Vielfaches übersteigen. Wenn auch ein derartiger Verstärkereffekt für Ottomotorabgas bisher nicht angenommen werden kann, so ist doch für diesen Abgastyp zumindest der PAK-Effekt zu veranschlagen, wie er aus Kokereiabgas abgeleitet wurde; wahrscheinlich liegt die krebserzeugende Wirkung – bezogen auf den Benzo(a)pyrengehalt – jedoch höher, da auch im Ottomotorabgas ein gewisser Verstärkereffekt gegenüber dem PAK enthalten sein dürfte.

In einer Arbeitsgruppe, die für den Länderausschuss für Immissionsschutz (BRD) das Lungenkrebsrisiko durch den PAK-Gehalt in Immissionen abgeschätzt hat, wurde als Schätzgrundlage der Mittelwert aus zwei Schätzungen gebildet, die aus epidemiologischen Untersuchungsergebnissen an Kokereiarbeitern entwickelt worden waren. In den Air Quality Guidelines der WHO (1987) sind das Lebenszeit-Lungenkrebsrisiko durch PAK mit Benzo(a)pyren als Leitsubstanz auf 9 pro 100'000 Exponierte je ng Benzo(a)pyren/m<sup>3</sup> Luft geschätzt, nach Pott (1985) auf 5 pro 100.000 Exponierte. Daraus ergibt sich ein Mittelwert von 7 pro 100'000 Exponierte je Nannogramm Benzo(a)pyren/m<sup>3</sup> Luft.

Trotz der Vielzahl der im Verkehr durch den Verbrennungsprozess entstehenden Luftschadstoffe liegen für Liechtenstein nur Messwerte für NO<sub>2</sub>, Ozon und Feinstaub vor.

### **Wirkung von Feinstaubpartikeln (PM10)**

Als PM10 werden Partikel oder Schwebstoffe des Gesamtstaubes mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als 10 µm bezeichnet. Diese Feinpartikel entstehen bei Verbrennungsprozessen im motorisierten Strassenverkehr, durch Dieselruss, Reifenabrieb, Bremsbeläge und Wiederaufwirbelung von Staub, sowie durch Industrie, Gewerbe sowie Land- und Forstwirtschaft. Pollen oder Saharastaub sind natürliche Quellen.

Dieser Feinstaub gelangt in die feinsten Lungenverästelungen und kann zu eingeschränkter Lungenfunktion, Asthma oder Bronchitis führen. Weiter sind im Feinstaub, PAK, sowie Schwermetalle (Pb, Cd, Zn) mit toxischer Wirkung enthalten.

# Boden, Wasser, Luft.

Die LGU setzt sich ein.

Hier warteten Informationen über die Liechtensteinische Gesellschaft für Umweltschutz LGU auf Sie.

Wenn diese fehlen, so schicken wir Ihnen gerne Informationen zu. Kontaktieren Sie uns!

Liechtensteinische Gesellschaft für Umweltschutz  
LGU  
Im Bretscha 22  
9494 Schaan  
T +423 232 52 62  
F +423 237 40 31  
mail lgu@lgu.lol.li

... oder besuchen Sie unsere Website [www.lgu.li](http://www.lgu.li)

Vielen Dank.