

Umweltentlastung trotz Bevölkerungszuwachs?

Ökologische Aspekte der Zuwanderung nach Luxemburg

Philipp Schepelmann

Studie im Auftrag des Umweltministeriums Luxemburg

April 2002

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	3
2	DIE ENTWICKLUNG DER EINWOHNERZAHL VON LUXEMBURG	7
2.1	DIE ENTWICKLUNG DER LETZTEN JAHRZEHNTE	7
2.2	ZUKÜNFTIGE BEVÖLKERUNGSENTWICKLUNG	8
2.3	DIE "700.000" DISKUSSION	10
3	BEWERTUNG AUS ÖKOLOGISCHER PERSPEKTIVE MIT AUSGEWÄHLTEN INDIKATOREN	11
3.1	ENERGIE	12
3.1.1	<i>Vergangene Trends.....</i>	<i>14</i>
3.1.2	<i>Zukünftige Trends.....</i>	<i>16</i>
3.2	VERKEHR	17
3.2.1	<i>Vergangene Trends.....</i>	<i>19</i>
3.2.2	<i>Zukünftige Trends.....</i>	<i>21</i>
3.2.3	<i>Handlungsoptionen</i>	<i>22</i>
3.3	FLÄCHENVERBRAUCH.....	25
3.3.1	<i>Vergangene Trends.....</i>	<i>26</i>
3.3.2	<i>Qualitative Aspekte</i>	<i>28</i>
3.3.3	<i>Zukünftige Trends.....</i>	<i>28</i>
3.3.4	<i>Handlungsoptionen</i>	<i>29</i>
3.4	ABFALL.....	31
3.4.1	<i>Vergangene Trends.....</i>	<i>34</i>
3.4.2	<i>Zukünftige Trends.....</i>	<i>36</i>
4	POLITIKINTEGRATION	37
5	HANDLUNGSEMPFEHLUNG.....	39
6	ANHANG - METHODIK	44
7	ANHANG – DATEN EU.....	46
8	LITERATUR.....	48

1 Zusammenfassung

Die über die Medien zum Teil sehr emotional geführte Debatte über die Zuwanderung im Luxemburger Raum („700.000er-Diskussion“) hält bis zum heutigen Tage an. Aus vielen Beiträgen ist ersichtlich, dass die Luxemburger Angst vor einem starken Bevölkerungsanstieg haben. So lehnen z.B. in einer rezenten, jedoch nicht repräsentativen, Umfrage des Mouvement Ecologique 37% der Befragten ein weiteres Anwachsen der Bevölkerung kategorisch ab (MECO 2001).

Man kann in den Beiträgen zwei Befürchtungen unterscheiden:

- die Angst der Luxemburger im eigenen Land zur Minderheit zu werden, sowie
- die Angst vor negativen Auswirkungen eines stark wachsenden Ressourcenverbrauchs auf die Lebensqualität.

Mit letzterem Problem, den ökologischen Aspekten der Zuwanderung nach Luxemburg, befasst sich die vorliegende Studie des *Sustainable Europe Research Institute* (SERI). Die Studie soll einen Beitrag zur Versachlichung der Debatte aus ökologischer Perspektive liefern. Dabei wurden die ökologischen Aspekte an vier vom Luxemburger Umweltministerium vorgegebenen Themenfeldern untersucht wobei die Reihenfolge keine Gewichtung darstellt :

1. Energiebedarf;
2. Verkehr;
3. Flächenverbrauch;
4. Abfall.

Nach den Untersuchungen von SERI führt die prognostizierte Zuwanderung nicht zwangsläufig zu einem erhöhten Ressourcen- und Umweltverbrauch und damit zu einer massiven Beschränkung der Lebensqualität in Luxemburg

Zwischen den Faktoren Bevölkerungsentwicklung einerseits und Ressourcen und Umweltverbrauch andererseits besteht keinesfalls ein linearer Zusammenhang. Vielmehr spielen weitere Faktoren, wie Wirtschaftswachstum und technologischer Fortschritt eine wichtige Rolle.

Nach der sog. „Ehrlich-Formel“ lässt sich der Zusammenhang von Wirtschaftsweise, Umweltbelastung und Bevölkerung allgemein beschreiben als:

$$I = P \times A \times T$$

wobei P (*Population*) die Bevölkerung, A (*Affluence*) das Wohlstandsniveau und T (*Technology*) die Ökoeffizienz des Wirtschaftens bestimmen. Ausgehend von dieser allgemeinen Beschreibung zeigen die Untersuchungen für die vier Umweltbereiche im Großherzogtum Luxemburg ein differenziertes Bild, das auch Ansatzpunkte für die zukünftige Wirtschafts- und Umweltpolitik bietet.

Hauptziel einer Politik zur Erhaltung der Lebensqualität in Luxemburg wäre demnach die Erhöhung der „Öko-Effizienz“ der Wirtschaft, um eine Abkopplung des Umweltverbrauchs vom Wirtschaftswachstums zu erreichen. Eine auf bevölkerungspolitische Aspekte fokussierte Politik bietet dagegen keine Gewähr dafür, die Umweltbelastungen zu stabilisieren oder gar zu reduzieren.

Im Bereich des **Energieverbrauchs** ist die treibende Schlüsselgröße der technische Fortschritt in Form der Energieintensität oder Energieproduktivität (Verhältnis von Primärenergiebedarf und Wirtschaftswachstum). Falls es hier gelingt, die vergangenen Trends zu erhalten, könnte trotz einer Bevölkerung von 700.000 im Jahre 2050 der Primärenergiebedarf unter dem der Neunziger Jahre liegen.

Die Umweltbelastung durch den **Verkehr**s kann auf ein durch den gewachsenen Wohlstand (BIP pro Kopf) verändertes Verbraucherverhalten und das Bevölkerungswachstum zurück geführt werden. Insgesamt sind die in den 90er Jahren eingeführten technischen Gegenmaßnahmen im Verkehrssektor erfolglos geblieben. Diesem negativen Trend kann durch Maßnahmen zur Senkung des Energie- und Materialverbrauchs pro Verkehrsdienstleistung entgegengewirkt werden. Eine Abkopplung des Verkehrsvolumens vom Wirtschaftswachstum sollte das oberste Gebot der Verkehrspolitik in Luxemburg werden. Das Verkehrsvolumen darf nicht wie bisher stärker anwachsen als die Wirtschaftsleistung. Insgesamt besteht im Bereich Verkehr dringender Handlungsbedarf – unabhängig von der Bevölkerungsentwicklung, aber abhängig von der europäischen Verkehrspolitik und von der in den Nachbarländern. Für eine zukunftsfähige Verkehrspolitik bieten sich eine Reihe politischer Optionen an: zum einen die Einführung strengerer technischer Vorschriften, zum anderen die Verlagerung des Verkehrs von der Straße auf ressourcenextensivere Verkehrsträger sowie fiskalische Maßnahmen zur Internalisierung externer Effekte. In diesen Zusammenhang darf auch die europäische Harmonisierung der Abgaben auf Kraftstoffe nicht ausgeschlossen werden, im Gegenteil.

Für das Anwachsen der **Siedlungs- und Verkehrsflächen** im Großherzogtum Luxemburg ist mehr als die Bevölkerungsentwicklung das Wirtschaftswachstum pro Kopf ausschlaggebend. Zur Umkehr des negativen Trends wäre eine Erhöhung der Flächenproduktivität unbedingt erforderlich. Das Verhältnis von Wirtschaftswachstum und Flächenverbrauch muss verbessert werden, da eine Extrapolation des bisherigen Trends eine Versiegelung durch Siedlungs- und Verkehrsflächen auf 80% des verfügbaren Territoriums des Großherzogtums ergibt. SERI empfiehlt eine technische Entwicklung und Re-Allokation der Produktionsfaktoren hin zu mehr Wertschöpfung je ha Siedlungs- und Verkehrsfläche. Wichtig ist auch, den pro-Kopf Verbrauch an Siedlungs- und Verkehrsfläche durch geeignete Siedlungsplanung konstant zu halten (effizientere Nutzung der Siedlungs- und Verkehrsflächen).

Im Hinblick auf die **deponierten und verbrannten Haushaltsabfälle** ist die treibende Größe weniger die Bevölkerung sondern die Konsumausgaben der privaten Haushalte. Setzten sich die Trends der 90er Jahre für diese Größen in der Zukunft fort, würde das Abfallaufkommen auch bei einer konstanten Bevölkerung stark anwachsen. Einziger gegenläufiger Faktor ist die Verwertungsquote.

Das derzeitige Zusammenwirken von Wirtschaftswachstum, Zuwanderung und Konsumgewohnheiten ist eindeutig nicht nachhaltig. Dabei ist es vor allem die unproduktive Ver(sch)wendung von Naturgütern, welche die Lebensqualität in Luxemburg gefährdet. Wirtschaftswachstum einerseits und Umweltverbrauch andererseits können durch „ökoeffiziente“ technischen Innovationen und politische Interventionen voneinander abgekoppelt werden.

Krisen können auch als Chance genutzt werden. Zunächst dient hierzu ein gesellschaftlicher Konsens darüber, welche sozialen, ökonomischen und ökologischen Prioritäten zu verfolgen sind. Hierbei könnte die nationale Nachhaltigkeitsstrategie eine wichtige Rolle spielen. Nationale Strukturindikatoren könnten (ähnlich wie in dieser Studie) Entwicklungen aufzeigen. In sich konsistente Entwicklungsziele sollten zur Grundlage einer Integration von Wirtschafts-, Umwelt- und Sozialpolitik gemacht werden. Die vorgelegten Untersuchungen legen nahe, dass vor allem die Raum- und Verkehrspolitik überprüft und nach dem Ziel der Ressourcenproduktivität neu ausgerichtet werden müssen. Eine Erhöhung der Effizienz bei der Flächennutzung sowie bei Transportdienstleistung ist eine komplexe Herausforderung, die jedoch nicht nur für Luxemburg erforderlich sein wird. Jenen, die dieser Herausforderung gewachsen sind, wird sie die Märkte der Zukunft erschließen.

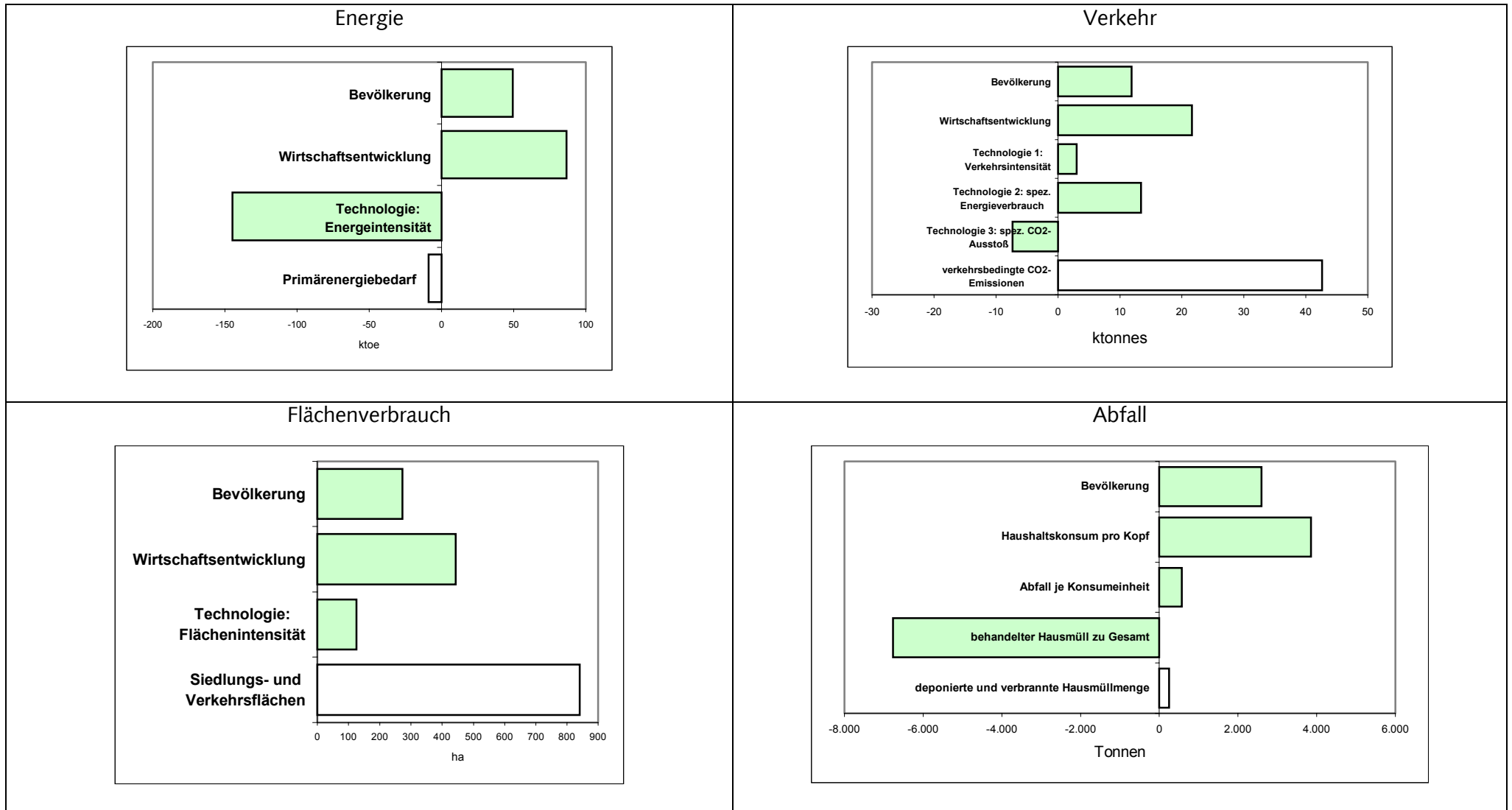


Abbildung 1: Übersicht der Beiträge der Faktoren Bevölkerung, Wirtschaftswachstum und Ressourcenintensität: (technologischer Faktor) an den resultierenden Umweltbelastungen (unterster Balken). Letztere ist die Summe der darüber dargestellten Umweltbe- und -entlastung, die durch die Bevölkerungsentwicklung, das Wirtschaftswachstum und den technologischen Wandel verursacht wird.

2 Die Entwicklung der Einwohnerzahl von Luxemburg

2.1 Die Entwicklung der letzten Jahrzehnte

1950 betrug die Einwohnerzahl Luxemburgs 295.600. In den darauf folgenden 50 Jahren verzeichnete Luxemburg einen starken Bevölkerungszuwachs durch den die Einwohnerzahl bis 2000 auf 438.500 anstieg (siehe Abbildung 1). Der mit Abstand wichtigste Faktor dieses Bevölkerungszuwachses war die Zuwanderung: 77% des Anstiegs gehen auf sie zurück und lediglich 23% auf „natürliches“ Bevölkerungswachstum (BIT 2001a). Auch ist die Zahl der in Luxemburg arbeitenden Grenzgängern aus den benachbarten Regionen in den letzten Jahrzehnten stark angestiegen (siehe Abbildung 1). So betrug diese 1961 3.900, im Jahr 2000 waren es 89.500.

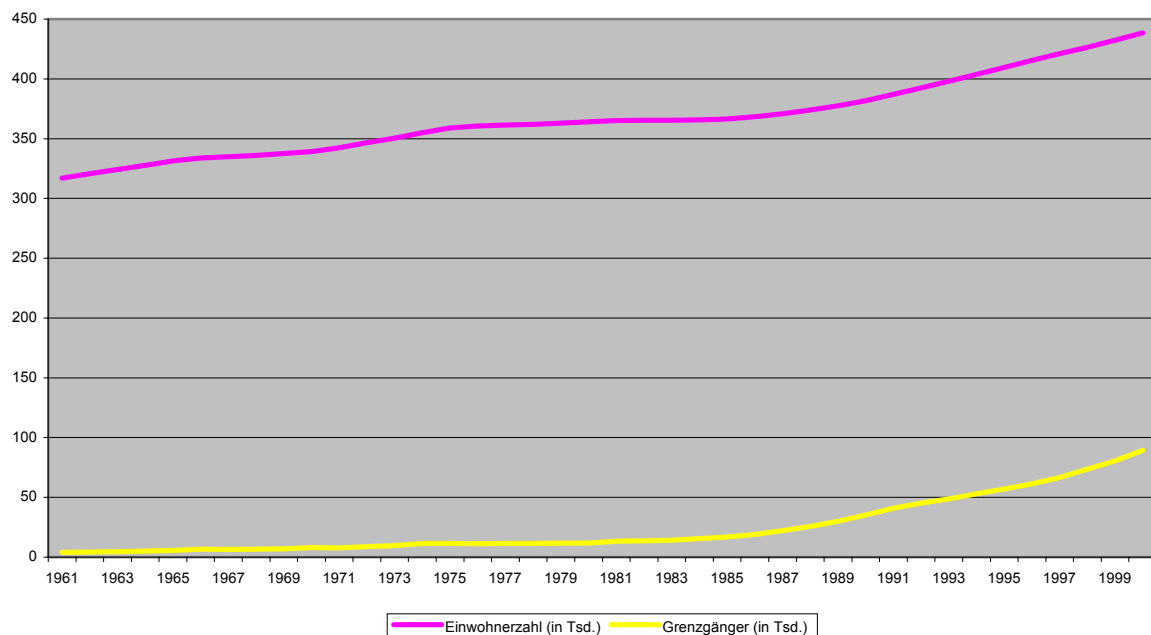


Abbildung 2: Entwicklung von Einwohnerzahl und Grenzgängern in Luxemburg in den Jahren 1961-2000 (STATEC 2001)

Die Hauptursache für die Zuwanderung nach Luxemburg ist das überdurchschnittliche Wirtschaftswachstum, welches in den letzten 40 Jahren durchschnittlich 4.1% betrug (BIT 2001b). Abbildung 3 zeigt, dass ein starker Zusammenhang zwischen Wirtschaftsentwicklung und Zuwanderungsrate besteht.

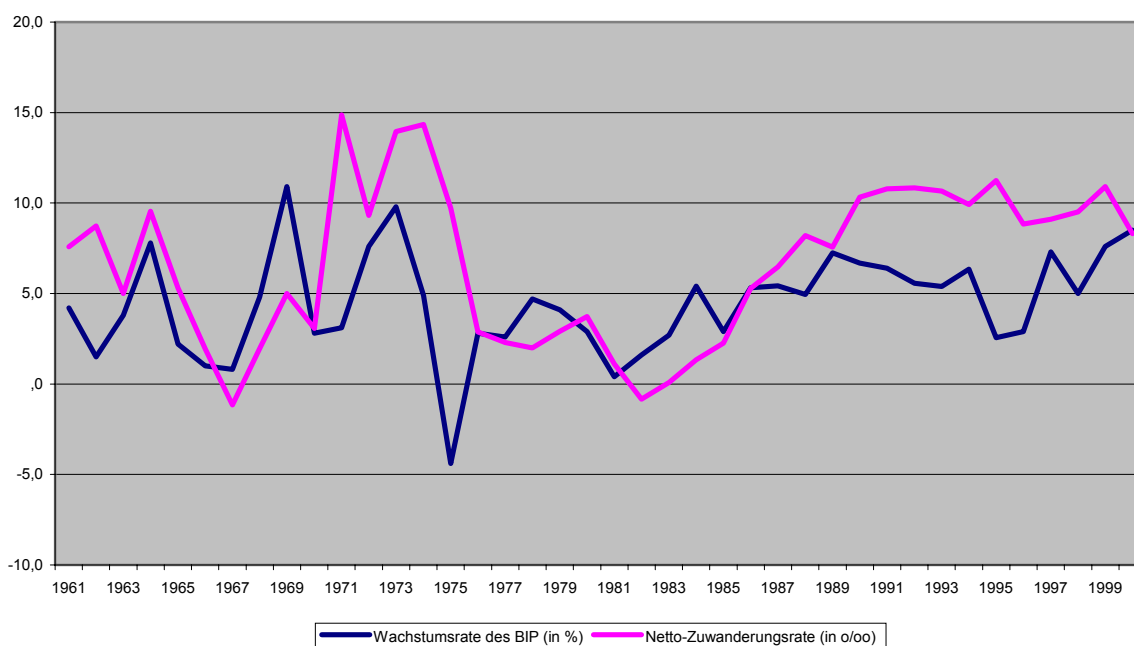


Abbildung 3: Entwicklung von Wirtschaftswachstum und Zuwanderung in Luxemburg in den Jahren 1961-2000 (STATEC 2001)

2.2 Zukünftige Bevölkerungsentwicklung

Uns sind zwei Studien bekannt, die sich mit der zukünftigen Bevölkerungsentwicklung auseinandersetzen. Es handelt sich hier um demographische Projektionen des statistischen Amtes STATEC aus dem Jahr 1995 (siehe Kasten 1), sowie die 2001 vom Bureau International du Travail (BIT) erstellte Studie zur Zukunftsfähigkeit des luxemburger Rentensystems (siehe Kasten 2).

Von unterschiedlichen Annahmen ausgehend, werden in beiden Studien anhand von Szenarien mögliche Entwicklungen der Einwohnerzahl dargestellt. Beide Studien enthalten ein Szenario in dem für 2050 ein Bevölkerungszuwachs auf etwa 700.000 Einwohner errechnet wird. Diese Studien liegen der in Luxemburg geführten „700.000 Einwohner-Staat“ Debatte zugrunde, eine Debatte deren Verlauf im nächsten Kapitel kurz zusammen gefasst wird.

Die STATEC Studie zur zukünftigen demographischen Entwicklung Luxemburgs (1995)

Das Ziel der STATEC Studie (STATEC 1995) ist die Darstellung möglicher Bevölkerungsentwicklungen bis 2050. Der Studie liegt ein klassisches demographisches Berechnungsmodell zugrunde in dem Fruchtbarkeit, Lebenserwartung und Zuwanderung die entscheidenden Parameter sind. Die Studie beschreibt drei Szenarien in denen unterschiedliche Annahmen für die demographischen Parameter gemacht werden. Das „700.000“ Szenario, das Szenario das den höchsten Bevölkerungsanstieg errechnet, geht, wie die beiden anderen von einer steigenden Lebenserwartung aus. Außerdem steigt die Fruchtbarkeit bis 2010 leicht an, während die Zuwanderung auf dem hohen Niveau der 90er Jahre stagniert (4000 Netto-Zuwanderer pro Jahr). Das Resultat ist eine Einwohnerzahl von 744.140 im Jahr 2050.

Die STATEC Studie verweist zwar darauf hin, dass die Zuwanderung mit dem starken Wirtschaftswachstum der letzten Jahrzehnte zusammenhängt, bindet diesen Zusammenhang jedoch nicht in die Berechnungsmethoden des Modells ein. Die Studie macht auch keine Angaben, was die zukünftige Entwicklung der Zahl der Grenzgänger betrifft.

Die BIT Studie zur Finanzierbarkeit des Luxemburger Rentensystems (BIT 2001c)

Das Ziel der BIT Studie ist, die Finanzierbarkeit des Luxemburger Rentensystems bis 2050 zu überprüfen. Zu diesem Zweck werden in zwei Szenarien stark kontrastierende Annahmen über die zukünftige Entwicklung der Zuwanderung, sowie der Wirtschaftsentwicklung gemacht. Im „700.000“ Szenario wird davon ausgegangen, dass die Trends der vergangenen Jahrzehnte, also hohe Wirtschaftswachstums- und Zuwanderungsraten, bis 2050 fort dauern werden. Was die Bevölkerungsentwicklung betrifft, gehen die BIT Wissenschaftler für 2000-2010 von einer jährlichen Netto-Zuwanderung von 2000 Personen aus, die dann ab 2010 pro Jahr um 200 steigt, um 2050 schließlich 9500 Personen zu erreichen. Auch Fruchtbarkeit und Lebenserwartung nehmen zu. Für 2050 ergibt dies eine Einwohnerzahl von 780.800. Angetrieben wird die Zuwanderung von einem starken Wirtschaftswachstum, das bis zur Mitte des Jahrhunderts jährlich 4% beträgt. Die dadurch entstehenden Arbeitsplätze können aber nicht alle von der im Land lebenden Bevölkerung aufgefüllt werden, so dass auch die Zahl der Grenzgänger bis 2050 auf 316.500 ansteigt. 2050 würden sich also an Arbeitstagen über eine Million Menschen auf luxemburgischen Territorium aufhalten. Was das Rentensystem betrifft, so ist die zentrale Aussage der BIT-Studie, dass das im internationalen Vergleich relativ hohe Luxemburger Pensionsniveau zwar aufrechterhalten werden kann, aber unter der Bedingung, dass die Luxemburger Wirtschaft weiterhin stark wächst.

2.3 Die "700.000" Diskussion

Die STATEC (1995) und BIT (2001) Studien zeigen, dass eine Entwicklung Luxemburgs zu einem Staat mit 700.000 Einwohnern in den nächsten Jahrzehnten durchaus möglich ist, sollten die aktuellen Trends weiterhin Bestand haben. Jedoch lösen die Studien zum Zeitpunkt ihrer Veröffentlichung keine größeren öffentlichen Debatten aus, wohl auch aus dem Grund, dass die "700.000" Szenarien von der öffentlichen Meinung als unrealistisch angesehen werden.

In seiner Rede zur Lage der Nation am 10. Mai 2000 unterstreicht Premierminister Jean-Claude Juncker, dass das hohen Sozialleistungen nur bei hohem Wachstum aufrecht erhalten werden könnten. Das hohe Wachstum aber führe unweigerlich zum 700.000 Einwohner-Staat – Luxemburg müsse sich also zwischen einem schwächeren Bevölkerungsanstieg oder niedrigeren Sozialleistungen entscheiden.

Es sind die Beschlüsse des von der Regierung im März 2001 ins Leben gerufenen "Rententischs" die im Juli 2001 die öffentliche Debatte über den 700.000 Einwohner-Staat ins Rollen bringen. Der Rententisch an dem Regierung, Parlament, Gewerkschaften und dem Arbeitgeberverband vertreten sind, beschließt nämlich das relativ hohe Rentenniveau aufrecht zu erhalten, bzw. teilweise zu verbessern: von vielen Kommentatoren wird dies als Entscheidung für ein starkes Bevölkerungswachstum, sprich hohe Zuwanderungsraten, gewertet.

Die über die Medien zum Teil sehr emotionell geführte Debatte hält bis zum heutigen Tage an. Aus vielen Beiträgen ist ersichtlich, dass die Luxemburger Angst vor einem starken Bevölkerungsanstieg haben. So lehnen z.B. in einer rezenten, jedoch nicht repräsentativen, Umfrage des Mouvement Ecologique 37% der Befragten ein weiteres Anwachsen der Bevölkerung kategorisch ab (MECO 2001). Unseres Erachtens kann man in den Beiträgen zwei Befürchtungen unterscheiden: die Angst der Luxemburger minoritär im eigenen Land zu werden, sowie die Angst vor den Auswirkungen eines stark wachsenden Ressourcenverbrauchs auf die Lebensqualität. Mit letzterem Problem, den ökologischen Aspekten der Zuwanderung nach Luxemburg, befasst sich die vorliegende Studie.

3 Bewertung aus ökologischer Perspektive mit ausgewählten Indikatoren

Die empirische Analyse der ökologischen Aspekte einer Zuwanderung erfolgt für die vier Problembereiche Energie, Verkehr, Flächenverbrauch und Abfall. Repräsentativ für die vier Problembereiche wurden die folgenden ökologisch Indikatoren in Abstimmung mit dem Auftraggeber gewählt:

- Primärenergiebedarf,
- verkehrsbedingte CO₂-Emissionen,
- Siedlungs- und Verkehrsfläche,
- deponierter und verbrannter Hausmüll

Ausgangspunkt der empirischen Analyse ist die sogenannte *IPAT* Formel nach EHRLICH:

$$I = P \cdot A \cdot T$$

Demnach kann die Umweltbelastung (*I; impact*) in Abhängigkeit von der Bevölkerung (*P; population*), dem Wohlstandsniveau (*A; affluence*) und dem Stand der Technik (*T; technology*) gebracht werden.

Die *IPAT* Formel wurde auf die vier Problembereiche übertragen und anschließend mit Hilfe der Methode der Komponentenzerlegung quantitativ analysiert (s.a. Anhang). Es wurden jeweils die Trends der neunziger Jahre ermittelt, um anschließend zu verdeutlichen, wie sich diese zukünftig in Kombination mit einem Bevölkerungszuwachs auf 700.000 Einwohner im Jahre 2050 auswirken würden.

3.1 Energie

Die Gewinnung von Energie ist zentraler Bestandteil des gesellschaftlichen Stoffwechsels. Der durch ihn ermöglichte Konsum von Gütern und Dienstleistungen bestimmt entscheidend den Grad des Wohlstandes einer Volkswirtschaft. Der gesellschaftliche Energieeinsatz prägt auch zu großen Teilen den Grad der anthropogenen Veränderung von Ökosystemen. Er ist daher sowohl in ökonomischer, sozialer und wirtschaftlicher Hinsicht zentral und somit notwendiges Element von Strategien für eine nachhaltige Entwicklung.

Besonderes Augenmerk wurde in den vergangenen Jahren auf die mit der Verbrennung fossiler Energiequellen gekoppelten Emission von CO₂ gelenkt. Durch das Klimarahmenabkommen und das Protokoll von Kioto hat die Kontrolle der CO₂-Emissionen Luxemburgs im Rahmen der Reduktionsziele der Europäischen Union eine hohe Verbindlichkeit bekommen und damit auch eine außenpolitische Dimension gewonnen.

Neben der Klimaproblematik sind Bereitstellung und Verbrauch von Energie mit zahlreichen weiteren Risiken verbunden. Luxemburg importiert im Rahmen des Energiebinnenmarktes große Teile seines Energiebedarfes aus anderen EU-Mitgliedsstaaten. Es ist somit kein unmittelbarer, wohl aber ein indirekter Verursacher von Umweltbelastungen aus der Energiegewinnung. Dennoch sind die mit der Energieerzeugung verbundenen Schäden z.T. auch für Luxemburg von hoher Bedeutung. Zum einen ist die Verbrennung von fossilen Energieträgern mit der Freisetzung von Versauerungspotentialen verbunden. Die mit dem „sauren Regen“ verbundene Schädigung des Baumbestandes in ganz Europa hat auch im Großherzogtum Luxemburg zu erheblichen volkswirtschaftlichen Schäden geführt und den Erholungswert der Wälder eingeschränkt. Neben den Emissionen und Abfällen der Verbrennungsprozesse ist der Einsatz fossiler Energiequellen auch mit hohen Schäden durch die Förderung von Brennstoffen verbunden. Die Förderung von Kohle und Öl und Gas hat in Europa ganze Landschaften verwüstet bzw. stellt für die Küsten Europas eine ständige Bedrohung dar; auch hier ist Luxemburg ein indirekter Verursacher.

In der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts nahm man an, dass die Risiken, die durch den Einsatz fossiler Energieträger entstehen, durch die Einführung von Atomenergie umgangen werden könnten. Allerdings wäre die Versorgung Luxemburgs mit Atomenergie im europäischen Binnenmarkt mit erheblichen Risiken beispielsweise in Frankreich und möglicherweise zukünftig auch in Ländern Mittel- und Osteuropas verbunden. Angesichts der Risiken eines Unfalles oder eines terroristischen Attentates auf ein Atomkraftwerk und des

ungelösten Problems der sicheren Endlagerung nuklearer Abfälle, stellt die Option Nuklearenergie keine nachhaltige Alternative zum Einsatz fossiler Energieträger dar.

Die Nutzung von aus fossilen Energieträgern und Atomenergie gewonnener Endenergie in Luxemburg sollte aus ökologischen aber auch geo-strategischen Gründen auf soweit wie möglich reduziert werden.

Die billigste und ergiebigste alternative Energiequelle stellt die Erhöhung der Energieeffizienz dar; zur Deckung des Restbedarfs im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung der Energieversorgung bietet sich die Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Energiequellen (Wind, Wasser, Sonne etc.) an.

Die Steigerung der Energieeffizienz stellt lediglich eine notwendige, jedoch keine hinreichende Bedingung für eine nachhaltige Energieversorgung Luxemburgs dar. Eine höhere Öko-Effizienz meint hier die Entkopplung von Energieverbrauch und Wirtschafts- bzw. Bevölkerungswachstum. Der Umweltverbrauch wächst langsamer als die wirtschaftliche Aktivität bzw. die Bevölkerung. Öko-Effizienz bedeutet also eine relative Verbesserung. Aus ökologischer Sicht sind jedoch die absoluten Verbrauchs- und Emissionsmengen entscheidend. Zugespitzt formuliert: es ist letztlich irrelevant, ob Ökosysteme durch effiziente oder ineffiziente Technologien geschädigt werden. Um dem Schutz der Umwelt gerecht zu werden, muss eine nachhaltige Strategie daher auf die absolute Entkopplung – sinkende Umweltbelastung auch bei wachsender wirtschaftlicher Aktivität (z.B. durch Wachstum von Wohlstand und Bevölkerung) – abzielen.

Als wichtige Determinanten des Energieverbrauchs sind also zu nennen:

Bevölkerungsentwicklung, Wirtschaftsentwicklung sowie die vorhandenen Technologien. Dies kann in der folgenden tautologischen Formel (in Anlehnung an die *IPAT* Formel)

zusammengefasst werden:

Energieverbrauch = Bevölkerung · Wirtschaftsentwicklung · Technologie

$$E = POP \cdot \frac{BIP}{POP} \cdot \frac{E}{BIP}$$

mit	E:	Primärenergiebedarf,
	BIP:	reales Bruttoinlandsprodukt in konstanten Preisen
	POP:	Bevölkerung

Der Primärenergiebedarf (E) steht in dieser Gleichung für die Umweltbelastung. Die Bevölkerungsentwicklung ist durch die Variable POP vertreten. Die Wirtschaftsentwicklung ist durch den Quotient BIP / POP repräsentiert. Dieser drückt das um die Bevölkerungsentwicklung bereinigte Wirtschaftswachstum aus, sozusagen das netto oder pro Kopf Wirtschaftswachstum.

Der Quotient E / BIP – die Energieintensität des Wirtschaftswachstums – bringt zum Ausdruck, wie viel Primärenergie in einer Volkswirtschaft benötigt wird um eine Einheit des Bruttoinlandsproduktes zu erwirtschaften. Betrachtet als Produktionsfaktor (ähnlich wie Arbeit und Kapital), beschreibt dieser Quotient die Energie-Produktivität der Wirtschaft. Im Problemfeld Energie ist die Produktivität eng gekoppelt an technische Entwicklung. Je weiter der Stand der Technik, umso mehr Wertschöpfung (BIP) sollte aus einer Einheit Energie (E) erwirtschaftet werden.

3.1.1 Vergangene Trends

Im Verlauf der neunziger Jahre hat sich der Primärenergiebedarf im Großherzogtum absolut um knapp 80 ktoe verringert. Dies entspricht einer jährlichen Verringerung von 0,2%. Gleichzeitig ist die Bevölkerung durchschnittlich jährlich um 1,4% und das pro-Kopf-Bruttoinlandsprodukt um 2,5% gestiegen. Gegenläufig zu diesem zweifachen Zuwachs fand eine technische Entwicklung hin zu einer geringeren Energieintensität statt. Letztere verringerte sich im Durchschnitt jährlich um 4,0%.

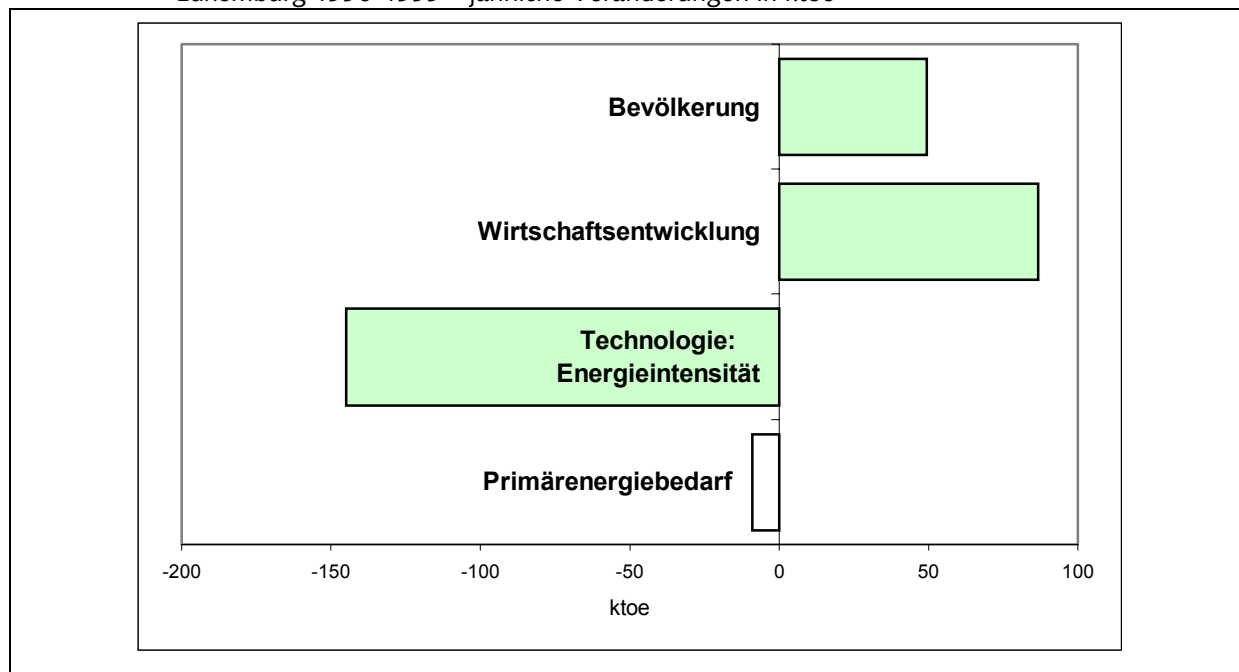
Tabelle 3.1: Veränderungen des Primärenergiebedarfs und seiner Einflussfaktoren, Luxemburg 1990-1999

<i>Variable</i>	<i>Einheit</i>	<i>1990</i>	<i>1999</i>	<i>jährliche Veränderung</i>	
Primärenergiebedarf (E)	ktoe	3.571	3.492	-9	-0,2%
Bevölkerung (POP)	Anzahl	381.850	432.450	5.316	1,4%
Wirtschaftsentwicklung (BIP/POP)	Mio. ECU/Kopf	0,022	0,028	0,001	2,5%
Technologie: Energieintensität (E/BIP)	ktoe/Mio. ECU	0,422	0,293	-0,017	-4,0%

Um einen detaillierteren Eindruck vom Einfluss der verschiedenen Bestimmungsfaktoren des Primärenergiebedarfs zu gewinnen, wurde mit Hilfe der Komponentenerlegung geprüft, in welchem Maße die jährliche Veränderung des Primärenergiebedarfs auf die Veränderungen der Bevölkerung, der Wirtschaftsentwicklung sowie der Technologie in Form der Energieintensität

zurückgeführt werden können. Die Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung graphisch dargestellt:

Abb. 3.1: Beiträge der verschiedenen Einflussfaktoren zur Verringerung des Primärenergiebedarfs in Luxemburg 1990-1999 – jährliche Veränderungen in ktoe



Der leichte Rückgang des Primärenergiebedarfs in Luxemburg im Laufe der 90er Jahre ist Resultat gegenläufiger Einflüsse: Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung hatten einen energiebedarfssteigernden Effekt. Dieser wurde jedoch durch den gegenläufigen technischen Effekt überkompensiert. Pro Einheit Bruttoinlandsprodukt wurde Ende der 90er Jahre deutlich weniger Primärenergie benötigt als noch zu Beginn der 90er Jahre. Diese signifikante Steigerung der Energieproduktivität ist zum auf den Einsatz verbesserter Energieumwandlungstechnologien und zum anderen auf den wirtschaftlichen Strukturwandel (Wegfall energieintensiver Industriesektoren) zurückzuführen.

Zum Vergleich wurde derselbe Tatbestand für die Europäische Union (EU-15) untersucht. Auch hier verbesserte sich in den 90er Jahren die Energieintensität durch technische Veränderungen. Für die EU war diese technologische Komponente jedoch nicht so deutlich, so dass die energiebedarfssteigernden Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstumseffekte nicht kompensiert werden konnten. Als Resultat ist der Primärenergiebedarf der EU von 1990 bis 1999 – im Gegensatz zu Luxemburg – angestiegen (siehe Daten-Anhang).

3.1.2 Zukünftige Trends

Zur Antizipation des zukünftigen Primärenergiebedarfs können zwei einfache Szenarien angestellt werden.

Szenario 1: Zum einen kann man den Primärenergiebedarf mit der prognostizierten Bevölkerungswachstumsrate hochrechnen. Die Prognose von 700.000 Einwohnern im Jahre 2050 impliziert – von heute aus gerechnet – eine jährliche Wachstumsrate von rund 1%. Benutzt man diese Wachstumsrate auch zur Extrapolation des Primärenergiebedarfs, so würde dieser von rund 3,5 Mio. toe Ende der 90er Jahre auf rund 5,7 Mio. toe im Jahre 2050 anwachsen.

Szenario 2 berücksichtigt zusätzlich zum Bevölkerungseffekt auch die beiden anderen Einflussfaktoren, also Wirtschaftswachstum und die technische Entwicklung im Bereich der Energieeffizienz. Berücksichtigt man o.g. Gleichungszusammenhang und extrapoliert man den Trend der 90er Jahre all dieser Einflussfaktoren bis zum Jahre 2050, so ergibt sich eine Primärenergiebedarfsabnahme von jährlich 0,7%. Demnach würde der Energiebedarf des Großherzogtums im Jahre 2050 nur noch rund 2,5 Mio. toe betragen, d.h. rund 30% geringer als im Jahre 1999. Diese Reduktion würde ausschließlich auf der Fortschreibung des technischen Trends der 90er Jahre beruhen.

Schlussfolgerungen – Problembereich Energie

- Treibende Einflussgröße für die Entwicklung des Primärenergiebedarfs ist der technische Fortschritt in Form der gesamtwirtschaftlichen Energieintensität oder Energieproduktivität (Verhältnis von Primärenergiebedarf und Wirtschaftswachstum).
- Falls es hier politisch gelingt, die vergangenen technologischen Trends der 90er Jahre fortzusetzen, könnte der Primärenergiebedarf im Jahre 2050 trotz einer Bevölkerung von 700.000 unter denen der 90er Jahre liegen.

3.2 Verkehr

Das Verkehrswesen trägt auf vielen Gebieten zur Verschlechterung der Umweltsituation bei. Herausragende Umweltprobleme sind mit dem Einsatz von fossilen Treibstoffen verbunden. Fast 30% der gesamten energiebezogenen CO₂-Emissionen gehen auf den Verkehrssektor zurück. Im europäischen Durchschnitt entfallen 80% auf den Straßenverkehr (45% durch Pkw und 33% durch Lkw). Weitere direkte und indirekte Umweltbelastungen des Verkehrssektors stellen u.a. folgende Emissionen dar:

- SO₂
- NO_x
- Flüchtige organische Verbindungen (VOC)
- Lärm
- Ozon.

Im Hinblick auf die sozialen Effekte des Autoverkehrs sind nicht nur die Unfallopfer zu nennen. Durch den Autoverkehr müssen vor allem nicht-autofahrende Verkehrsteilnehmer erhebliche Einschränkungen der Lebensqualität hinnehmen (Alte, Kinder, Radfahrer und Fußgänger). Dabei sind es i.d.R. jedoch (männliche) Autofahrer, die Verkehrspolitik planen und entscheiden (SPITZNER 2001). Eine ähnliche Ungleichverteilung von Verursachern und Leidtragenden ist im Bereich Flugverkehr zu vermuten. Die gesellschaftlichen Kosten, die der Verkehrssektor an Mensch, Umwelt und Gebäuden verursacht, spiegeln sich nicht in den Kosten der Mobilität wieder.

Besonders augenfällig ist der Konflikt zwischen Mobilität und Lebensqualität beim Autoverkehr. Bereits jetzt fällt dem Besucher von Luxemburg auf, dass sich zur Rush-Hour eine außergewöhnlich dichte Masse an Automobilen durch die Innenstadt wälzt und durch den damit verbundenen Lärm und Gestank die Qualitäten der Stadt wesentlich beeinträchtigt. Die berechnete Zunahme der Verkehrsdichte zur Rush-Hour wird bereits augenscheinlich kaum mehr tolerierbare Zustände hervorrufen.

Neben den Emissionen trägt das Verkehrswachstum wesentlich zum Flächenverbrauch bei. Verkehrswege zerschneiden und versiegeln die Landschaft. Jedoch nicht nur zur Fortbewegung beanspruchen Fahrzeuge versiegelte Flächen. Den überwiegende Teil ihrer Existenz verbringen Automobile im geparkten Zustand. Meistens wird dafür eine Fläche während des Tages

(Arbeitsstelle) und während der Nacht (Wohnort) benötigt. Weitere Flächen werden an Konsum- und Freizeitorten reserviert.

Zur Analyse des Problembereichs Verkehr wurde wiederum die *IPAT* Formel angewendet. In der folgenden tautologischen Formel werden die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen als abhängige Variable (exemplarisch für die Umweltbelastungen des Verkehrs) mit verschiedenen Determinanten verknüpft:

verkehrsbedingte CO₂-Emissionen = Bevölkerung · Wirtschafts-entwicklung · Technologie-komponenten 1-3

$$CO2_{Trans} = POP \cdot \frac{BIP}{POP} \cdot \frac{TRANS}{BIP} \cdot \frac{E_{Trans}}{TRANS} \cdot \frac{CO2_{Trans}}{E_{Trans}}$$

mit	CO ₂ _{Trans} :	verkehrsbedingte CO ₂ -Emissionen,
	E _{Trans} :	verkehrsbedingter Endenergieverbrauch,
	TRANS:	Verkehrsvolumen (Personen- und Tonnenkilometer),
	BIP:	reales Bruttoinlandsprodukt in konstanten Preisen,
	POP:	Bevölkerung.

Zur Erklärung der Umweltbelastung (hier: verkehrsbedingte CO₂-Emissionen) wird neben der Bevölkerung und dem Wirtschaftswachstum wiederum der technologische Stand hinzugezogen. Für diesen Problembereich können gleich drei technologische Komponenten unterschieden werden:

Der Quotient TRANS / BIP, die Verkehrsintensität des Wirtschaftswachstums, bringt den Zusammenhang zwischen Wirtschaftswachstum und Verkehrsleistung zum Ausdruck. In der Vergangenheit hat sich dieser Quotient für die Industrieländer eher verschlechtert, d.h. das Verkehrsvolumen ist überproportional mit dem Wirtschaftswachstum angestiegen. Zukünftig besteht die verkehrspolitische Aufgabe in einer Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Verkehrsvolumen (verkehrsreies Wirtschaftswachstum).

Der technische Quotient E_{Trans} / TRANS bringt den spezifischen Energieverbrauch pro Einheit Verkehrsleistung zum Ausdruck, beispielsweise der Benzinverbrauch pro 100 Kilometer. Hier hat

in der Vergangenheit der technische Fortschritt – beispielsweise in verbrauchsärmeren Motoren – zu Verbesserungen geführt. Allerdings ist auch hier stets der gesamtwirtschaftliche Effekt zu betrachten. Die Einführung von 3-Liter-Autos sagt zunächst noch nichts über den Durchschnittsverbrauch der Gesamtflotte aus.

Der dritte technische Quotient $CO_{2-Trans} / E_{Trans}$ drückt den spezifischen CO_2 -Ausstoß pro Energieeinheit aus. Dieser ist im wesentlichen vom Kohlenstoffgehalt des jeweiligen Kraftstoffes abhängig. So ist die spezifische CO_2 -Emission für Gas günstiger als die für Diesel; für die Brennstoffzelle ist dieser Quotient sogar Null. Gesamtwirtschaftlich verbessert sich dieser technische Quotient durch die Veränderung des Kraftstoff-Mix der Gesamtverkehrsflotte hin zu kohlenstoffärmeren Brennstoffen.

3.2.1 Vergangene Trends

Im Zeitraum von 1990 bis 1998 sind die verkehrsbedingten CO_2 -Emissionen im Großherzogtum deutlich um fast 50% angestiegen. Dies entspricht im Durchschnitt einer jährlichen Zunahme von rund 43.000 Tonnen (+ 5,1%). Zum Vergleich: EU-weit sind im selben Zeitraum die verkehrsbedingten CO_2 -Emissionen jährlich lediglich um 1,9% angestiegen. Gleichzeitig ist die Bevölkerung durchschnittlich jährlich um 1,4% und das pro-Kopf-Bruttoinlandsprodukt um 2,5% gestiegen.

Bei den drei technologischen Einflussfaktoren konnten für Luxemburg gegenläufige Trends beobachtet werden. Das Verkehrsvolumen je Wirtschaftsleistung ist leicht angestiegen. D.h. das Verkehrsvolumen, also die Verkehrsleistungen in Personen- und Frachtkilometern, ist sogar rascher angestiegen als das Wirtschaftswachstum. In anderen Worten, Wirtschaftsentwicklung und Verkehrsvolumen waren im Beobachtungszeitraum eng aneinander gekoppelt.

Der spezifische Energieverbrauch je Verkehrsleistung ist im gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt ebenfalls deutlich angestiegen (+1,6% jährlich). Obwohl energiesparsamere Umwandlungstechnologien auf dem Markt vorhanden sind (z.B. 3-Liter-Auto), hat sich dieser Quotient für die Gesamtflotte über alle Verkehrsträger nicht verbessert. Dies kann zum einen an einer anteiligen Zunahme energieintensiver Verkehrsträger (z.B. Flugverkehr) liegen. Zum anderen kann es auch an größeren und stärkeren Motoren, beispielsweise im PKW Bereich, liegen.

Der spezifische CO_2 -Ausstoß je Energieeinheit ist die einzige technologische Einflussgröße, die sich im Beobachtungszeitraum für Luxemburg verbessert hat. Er ist im Durchschnitt jährlich um

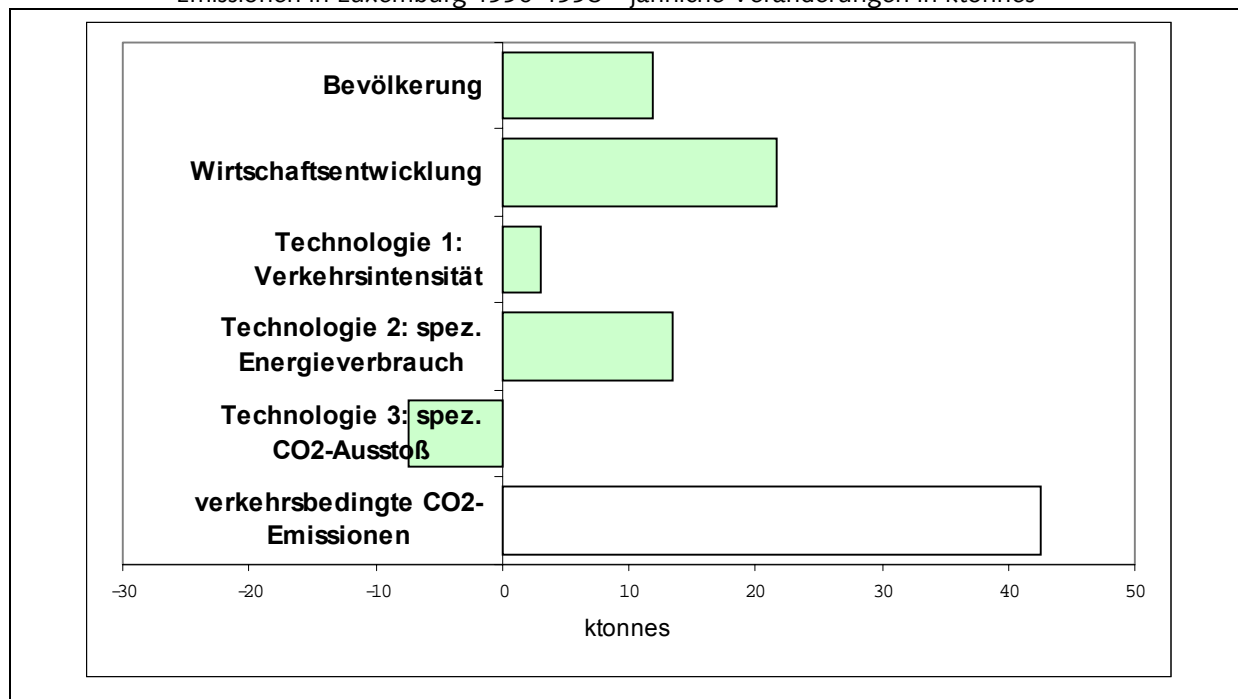
0,8% gefallen. Wie oben ausgeführt, ist dieser Effekt auf einen kohlenstoffärmeren Gesamt-Kraftstoff-Mix in Luxemburg zurückführbar.

Tabelle 3.2: Veränderungen der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen und ihrer Einflussfaktoren, Luxemburg 1990-1998

<i>Variable</i>	<i>Einheit</i>	<i>1990</i>	<i>1998</i>	<i>jährliche Veränderung</i>	
Verkehrsbedingte CO ₂ -Emissionen (CO ₂ TRANS)	ktonnes	839	1.247	43	5,1%
Bevölkerung (POP)	Einwohner	381.850	426.450	5.309	1,4%
Wirtschaftsentwicklung (BIP/POP)	Mio. ECU/Einw.	0,022	0,027	0,001	2,5%
Verkehrsintensität des Wirtschaftswachstums (TRANS/BIP)	index/Mio. ECU	0,012	0,012	0,000	0,4%
Spez. Energieverbrauch je Verkehrsleistung (E _{TRANS} /TRANS)	ktoe/index	9,810	11,113	0,154	1,6%
Spez. CO ₂ -Ausstoß je Energieeinheit (CO ₂ TRANS/E _{TRANS})	ktonnes / ktoe	0,855	0,799	-0,007	-0,8%

Mit Hilfe der Methode der Komponentenzerlegung wurde auch hier wieder quantitativ untersucht, wie die einzelnen Einflussfaktoren die jährliche Erhöhung der CO₂-Emissionen beeinflussten. Die Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung graphisch dargestellt:

Abb. 3.2: Beiträge der verschiedenen Einflussfaktoren zur Erhöhung der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen in Luxemburg 1990-1998 – jährliche Veränderungen in ktonnes



Als wichtigste Einflussgröße für das jährliche Anwachsen der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen um rund 43.000 Tonnen kann der Wirtschaftswachstumseffekt identifiziert werden. Weitere wichtige CO₂-fördernde Effekte gehen vom Bevölkerungswachstum und der technologischen Komponente 2, dem spezifischen Energieverbrauch je Verkehrsleistung, aus. Auch die enge Kopplung von Verkehrsleistung und Wirtschaftswachstum (Technologieeffekt 2) haben die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen ansteigen lassen.

Einzig die technologische Komponente 3, die spezifischen CO₂-Ausstöße je Energieeinheit, haben zu einer Reduzierung der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen beigetragen. Letzteres dürfte auf einen kohlenstoffärmeren Gesamt-Kraftstoff-Mix zurückzuführen sein. Allerdings war der Einfluss dieser Einflussgröße zu gering im Verhältnis zu den anderen Treibergrößen.

Ein vergleichender Blick auf die Situation in der Europäischen Union ergibt ein leicht anderes Bild (siehe auch Daten-Anhang). Zwar stiegen auch hier im Beobachtungszeitraum die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen, allerdings in einem geringeren Maße von jährlich rund 1,9%. Ein wichtiger Unterschied zu Luxemburg war hier allerdings, dass der Technologieeffekt 2, also der spezifische Energieverbrauch pro Verkehrsleistung, abgenommen hat und somit reduzierend auf die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen gewirkt hat.

3.2.2 Zukünftige Trends

Zur Antizipation der zukünftigen verkehrsbedingten CO₂-Emissionen können wiederum zwei einfache Szenarien angestellt werden.

Zum einen kann man das jährliche Bevölkerungswachstum von rund 1% zugrunde legen. Demnach würde sich der verkehrsbedingte CO₂-Ausstoß absolut von 1247 ktonnes (1998) auf rund 2047 ktonnes im Jahre 2050 erhöhen.

Legt man allerdings die 90er Jahre-Trends zu Grunde, so würden sich die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen in Luxemburg drastisch auf 13120 kt im Jahre 2050 erhöhen was einer Verzehnfachung gleichkäme!

Schlussfolgerungen – Problembereich Verkehr

- Der Trend der zunehmenden verkehrsbedingten CO₂-Emissionen in den 90er Jahren ist alarmierend. Eine Fortführung dieses Trends würde zu einer Verzehnfachung der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen im Jahre 2050 führen.
- Treibende Einflussfaktoren für die Erhöhung der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen sind der Wirtschaftswachstumseffekt, der Bevölkerungseffekt und die technische Komponente des spezifischen Energieverbrauchs je Verkehrsleistung.
- Politischer Handlungsbedarf besteht in der technischen Verbesserung des Verkehrsbereichs:
- Zum einen sollte der spezifische Energieverbrauch der Gesamtflotte über alle Verkehrsträger verbessert werden.
- Zum anderen kommt der Abkopplung des Verkehrsvolumens vom Wirtschaftswachstum eine besondere Rolle zu.
- Insgesamt besteht im Bereich Verkehr vordringlicher Handlungsbedarf – unabhängig von der Bevölkerungsentwicklung.

3.2.3 Handlungsoptionen

Wollte man einen Anstieg der durch den Verkehr verursachten CO₂-Emissionen (aber z.B. auch den Flächenverbrauch) vermindern, bedeutete dies für den Verkehrssektor, dass Bevölkerungswachstum und Wirtschaftswachstum vom Verkehrswachstum entkoppelt werden müssten. Die Entkopplung ist auch eine wesentliche Forderung der Umweltintegrationsstrategie des Europäischen Rates für den Bereich Verkehr. Luxemburg hat daher trotz seiner untypischen Problemlage des Bevölkerungswachstums die Möglichkeit, in Übereinstimmung mit europäischer Verkehrspolitik zu handeln. Dies ist besonders wichtig, da eine unabhängige nationale Raumplanung und Verkehrspolitik im europäischen Binnenmarkt kaum denkbar ist, wie die wiederholten Schwierigkeiten der Schweizer Raum- und Verkehrspolitik belegen. Luxemburg hat im Hinblick auf die Entkopplung von Wirtschafts- und Verkehrswachstum nicht nur die Möglichkeit sondern ein genuines Interesse, die Verschränkung von Umwelt- und Verkehrspolitik auch über seine Grenzen hinaus zu beschleunigen.

SERI schlägt deshalb eine nationale Raum- und Verkehrspolitik vor, die an der europäischen Umweltintegrationsstrategie anknüpft, um hier alle Synergiepotentiale auszunutzen.

Für eine solche Verschränkung der europäischen und Luxemburger Integrationspolitik im Bereich Verkehr bieten sich verschiedene Ansatzpunkte an.

Eine der herausragende Beispiele für gelungene Politikintegration ist der sogenannte *Transport and Environment Reporting Mechanism* (TERM). Dieses Berichtserstattungssystem ist in Zusammenarbeit von GD Umwelt, Verkehr und Energie bei der Europäischen Umweltagentur eingerichtet worden. Ein ähnliches Berichtserstattungssystem auf nationaler Ebene könnte den europäischen Mechanismus spiegeln.

Seit 1999 besteht eine gemeinsame Expertengruppe unter Vorsitz der GD Umwelt sowie Verkehr und Energie. Die Arbeitsgruppe, der auch ein Experte aus dem Verkehrsministerium Luxemburg angehörte, hat im September 2000 einen Bericht vorgelegt. In drei Arbeitsgruppen wurde zu folgenden Themen gearbeitet:

- Definition eines nachhaltigen Verkehrssystems;
- Maßnahmen zur gleichzeitigen Behandlung von Klimawandel und anderen Nachhaltigkeitsaspekten;
- Verkehrsnachfrage und Verhaltensänderung.

Diese Themenfelder gehören zu grundsätzlichen Fragen, die auch im Zusammenhang mit der Luxemburger Nachhaltigkeitsstrategie und der Landesplanung geklärt werden müssen. Neben diesen konzeptionellen und strategischen Fragen kann Luxemburg jedoch auch im Hinblick auf konkrete Vorhaben auf europäischen Maßnahmen zurückgreifen. Dies soll hier am Beispiel des Bahnverkehrs erläutert werden:

Die Umverteilung des Personen- und Güterverkehrs auf die Bahn ist im allgemeinen eine notwendige wenn auch nicht hinreichende Maßnahme, um CO₂-Anstieg und Wirtschaftswachstum zu entkoppeln. Es sollte jedoch in Luxemburg geprüft werden, welches öffentliche Verkehrsmittel tatsächlich die größten CO₂-Einsparungen erzielen würde. Setzt man eine höhere Öko-Effizienz und eine individuelle Bereitschaft zum Umsteigen vom Auto auf den Bahnverkehr voraus, so steht dem ein konkretes Hindernis entgegen: Luxemburg kann heute dem umsteigewilligen Reisenden nicht auf allen Hauptverkehrsachsen attraktive Alternative anbieten. Beispielsweise braucht ein Reisender vom internationalen Verkehrsknotenpunkt Köln für die ca. 230 km lange Strecke nach Luxemburg die gleiche Zeit wie der kommerzielle Metropolitan-Zug für die Strecke von Köln nach Hamburg (ca. 430 km) benötigen würde, nämlich fast dreieinhalb Stunden. Die Reisezeit muss der Bahnkunde in unattraktiven

Regionalbahnen verbringen, wobei er nur zwei mal am Tag eine direkte Verbindung nutzen kann, ansonsten muss er ein bis zwei mal umsteigen.

Die Zuwanderung von Pendlern und Menschen mit Familienanbindung in das Ausland werden die Transportwege nach Luxemburgs zusätzliche Bedeutung bekommen. Die Wettbewerbsfähigkeit der Kölner Zugverbindung belegt, dass die Bahnverbindungen nach Luxemburg der positiven Rückkopplung zwischen unattraktiven Angebot und Abschreckung potentieller Kunden zum Opfer fallen. Bisher konnten für diesen Negativtrend ausländische Bahngesellschaften verantwortlich gemacht werden. Wahrscheinlich bestünde wenig Hoffnung hieran etwas zu ändern, wenn Luxemburg weiterhin auf die staatlichen Bahnen angewiesen wäre. Allerdings bestehen durch die Liberalisierung der Bahnen im europäischen Binnenmarkt neue Optionen, die durch aktive Raumplanung und fiskalische Maßnahmen flankiert werden könnten. Angesicht eines starken Wirtschafts- und Bevölkerungswachstums entstünde in Luxemburg ein stark expandierende Nachfrage nach Transportdienstleistungen. Politische Maßnahmen könnten mittel- und langfristige Planungssicherheit und damit ein attraktives Umfeld für private Investitionen in den Öffentlichen Personen- und Güterverkehr schaffen. Zu diesen Maßnahmen gehörte:

- Vorrang für den öffentlichen Personen- und Güterverkehr nach Luxemburg z.B. im Rahmen der Transeuropäischen Netze.
- Begleitende Maßnahmen im Rahmen von INTERREG und anderen Instrumenten Europäischer Regionalpolitik zugunsten des ÖPNV und des Schienengüterverkehrs;
- Angleichung von nationalen Benzin- und Dieselpreisen an das Preisniveau der Nachbarländer;
- Einführung von Mautgebühren, Flugplatzabgaben u.a. Instrumente zur Internalisierung externer Effekte von Flug- und Straßenverkehr.

Diese Maßnahmen sollen nur andeuten, welche Konsequenzen aus dem Bevölkerungswachstum und dem damit einhergehenden Anstieg der Nachfrage an Transportdienstleistungen gezogen werden könnten. Diese Studie kann keineswegs ausreichend die Elemente einer nachhaltigen Verkehrspolitik für Luxemburg darstellen. Angesichts der zu erwartenden Entwicklung des Flächenverbrauchs und der CO₂-Emissionen scheint jedoch eine umfassende Umsteuerung der Luxemburger Verkehrspolitik im Rahmen einer europäischen und integrierten Verkehrs- und Umweltpolitik unvermeidbar.

3.3 Flächenverbrauch

Der Flächenverbrauch in Luxemburg ist ähnlich wie die Indikatoren Energieverbrauch und Abfallproduktion eng an die Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung gekoppelt. Der Indikator Flächenverbrauch wird dabei sowohl durch den Indikator Abfallvolumen als auch den Indikator Energieverbrauch beeinflusst. Die Gewinnung von Energieträgern und deren Verbrauch beansprucht Fläche. Zudem ist der Einsatz von fossilen Energieträgern mit der Emission von Säurebildnern und damit der Deposition sog. *Critical Loads* verbunden, welche die Qualität von Flächen, insbesondere von Waldstandorten, negativ beeinträchtigen (BECKER ET AL 1998). Auch im Bereich der Abfallproduktion gibt es Wechselwirkungen: vor allem die Deponierung von Abfällen beansprucht langfristig Flächen, die erst nach der Schließung von Deponien im begrenzten Maße einer weiteren Nutzung zugeführt werden können. Die Beeinflussung der Bodenfunktionen durch steigende Inanspruchnahme von Flächen, Einträge von Nähr- und Schadstoffen, durch Erosion sowie durch Altlasten, verdeutlichen im hohen Maße die Notwendigkeit einer integrierten, ressortübergreifenden Strategie für Luxemburg. Fläche ist begrenzt, gerade in einem relativ kleinen Land wie dem Großherzogtum Luxemburg macht sich dies bemerkbar.

Auch für den Problembereich Flächenverbrauch wurde die *IPAT* Formel angewandt. Die verschiedenen Determinanten des Siedlungs- und Verkehrsflächenverbrauchs und ihre Zusammenhänge können in der folgenden, tautologischen Gleichung zusammengefasst werden:

Flächenverbrauch = Bevölkerung · Wirtschaftsentwicklung · Technologie

$$LAND = POP \cdot \frac{BIP}{POP} \cdot \frac{LAND}{BIP}$$

mit	LAND:	Siedlungs- und Verkehrsflächen in km ² ,
	BIP:	reales Bruttoinlandsprodukt in konstanten Preisen
	POP:	Bevölkerung

Die Landinanspruchnahme durch Siedlungs- und Verkehrsflächen wird in diesem Problembereich als abhängige Größe behandelt und repräsentiert die Umweltbelastung im Sinne der *IPAT* Formel. Die Entwicklung dieser ökologischen Variable wird, wie bei den vorangegangenen Problembereichen, wiederum von der Bevölkerungsentwicklung und dem Wirtschaftswachstum bestimmt. Die technische Einflussgröße wird durch den Quotienten LAND / BIP – also die Siedlungs- und Verkehrsflächenintensität des Wirtschaftswachstums – zum Ausdruck gebracht. Letzterer besagt, wie viel Fläche benötigt wird um eine Einheit des Bruttoinlandsproduktes zu erwirtschaften. Betrachtet man LAND, also Siedlungs- und Verkehrsfläche, als natürlichen Produktionsfaktor (ähnlich wie Arbeit und Kapital), so sagt uns dieser Quotient etwas aus über die Produktivität des Bodens als Teil des Naturkapitals. Diese Produktivität ist eng gekoppelt an die technische Entwicklung. Je weiter der Stand der Technik, umso mehr Wertschöpfung (BIP) sollte aus einer Einheit LAND erwirtschaftet werden.

3.3.1 Vergangene Trends

Das Großherzogtum umfasst rund 259.000 ha. Davon wird mehr als die Hälfte landwirtschaftlich genutzt. Etwa ein Drittel wird forstwirtschaftlich genutzt. Die verbleibenden rund 10% der Gesamtfläche werden als Siedlungs- und Verkehrsfläche sowie für sonstige Zwecke genutzt.

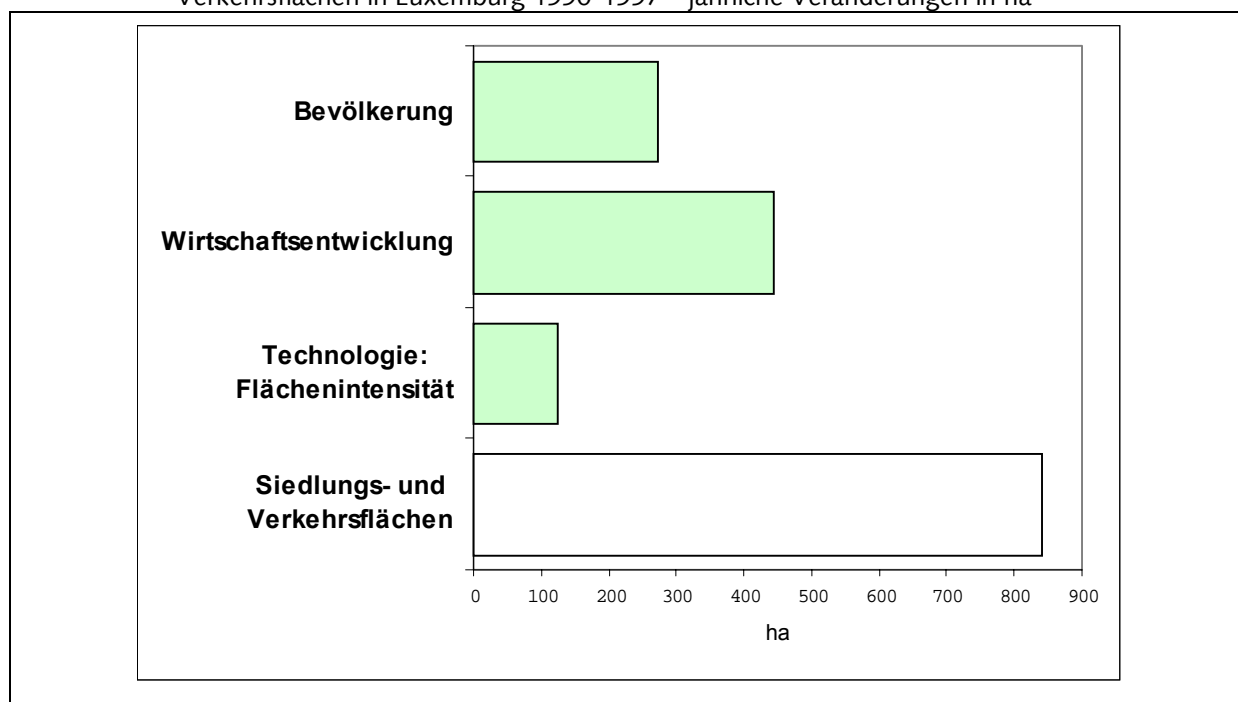
Die Flächennutzung war in den 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts recht dynamisch. Von 1990 bis 1997 wuchs der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsflächen von 7% auf 10% an (auf Kosten der landwirtschaftlichen Nutzflächen). Dieser rasante Anstieg um 35% von rund 19 tsd. ha auf 26 tsd. ha entsprach einer jährlichen Veränderungsrate von 4,4%. Das reale Wirtschaftswachstum pro Kopf lag mit jährlich +2,3% deutlich unter dieser Veränderungsrate. Die Siedlungs- und Verkehrsflächenintensität nahm im selben Zeitraum um jährlich 0,6% zu – d.h. die Produktivität der Siedlungs- und Verkehrsflächennutzung nahm ab! (von einem ha Siedlungs- und Verkehrsfläche wurde weniger BIP geschaffen). Im selben Zeitraum nahm die Bevölkerung um jährlich 1,4% zu.

Tabelle 3.3: Veränderung der Siedlungs- und Verkehrsflächen und ihrer Einflussfaktoren, Luxemburg 1990-1997

<i>Variable</i>	<i>Einheit</i>	<i>1990</i>	<i>1997</i>	<i>jährliche Veränderung</i>	
Siedlungs- und Verkehrsfläche (LAND)	ha	19.136	25.860	841	4,4%
Bevölkerung (POP)	Einwohner	381.850	421.000	5.362	1,4%
Wirtschaftsentwicklung (BIP/POP)	Mio. ECU/Einw.	0,022	0,026	0,001	2,3%
Technologie: Siedlungs- und Verkehrsflächenintensität (LAND/BIP)	ha/Mio. ECU	2,261	2,365	0,015	0,6%

Auch in diesem Problembereich wurde mit Hilfe der Methode der Komponentenerlegung untersucht, wie die verschiedenen Einflussfaktoren den Siedlungs- und Verkehrsflächenzuwachs in den 90er Jahren in Luxemburg bestimmten. Die Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung graphisch dargestellt:

Abb. 3.3: Beiträge der verschiedenen Einflussfaktoren zur Steigerung der Siedlungs- und Verkehrsflächen in Luxemburg 1990-1997 – jährliche Veränderungen in ha



Alle drei Einflussgrößen trugen positiv zum Anwachsen der Siedlungs- und Verkehrsflächen in Luxemburg bei. Als wichtigste Einflussgrößen konnten die Wirtschaftsentwicklung sowie das Bevölkerungswachstum identifiziert werden. Ebenfalls flächenverbrauchssteigernd wirkte die i.w.S. technologische Komponente der Flächenintensität des Wirtschaftswachstums, also der

Flächenbedarf je Einheit Bruttonozialprodukt. Letztere stellt die Zielgröße für zukünftige Handlungsansätze dar und sollte in ihrem Vorzeichen umgekehrt werden.

3.3.2 Qualitative Aspekte

Insbesondere im Bereich der Landnutzung ist zu beachten, dass nicht nur das absolute Ausmaß, sondern auch die Art der Nutzung, ihre Intensität und geographische Verteilung von Bedeutung sind. Das gilt für die Umweltbelastung der Landwirtschaft, aber insbesondere für die Sekundäreffekte, die schon durch eine relativ geringe Flächenbelegung für Verkehrszweck verursacht werden können. So führt die Zerschneidung ökologischer Systeme zu ihrer massiven Entwertung als Lebensraum, weit über die weggefallenen Flächenanteile hinaus. Regional- und Verkehrsplanung müssen solche qualitativen Aspekte ebenso beachten wie die Notwendigkeit der quantitativen Trendumkehr.

3.3.3 Zukünftige Trends

Zur Antizipation des zukünftigen Verbrauchs an Siedlungs- und Verkehrsfläche angesichts einer Bevölkerungszunahme auf rund 700.000 Einwohner im Jahre 2050 lassen sich wiederum zwei recht einfache Szenarien anstellen.

Zum einen wird angenommen, dass die Siedlungs- und Verkehrsflächennutzung in dem selben Maße zunimmt wie die Bevölkerung. Eine Bevölkerung von 700.000 im Jahre 2050 impliziert ein jährliches Wachstum von rund 1% - also weniger als im Zeitraum 1990-1997. Akkumuliert bis 2050 käme dies einer Siedlungs- und Verkehrsfläche von 44 tsd. ha (2050) gleich – also nahezu eine Verdoppelung gegenüber der Mitte-Neunziger Jahre.

Legt man die Trends aller drei Einflussfaktoren in den 90er Jahren zu Grunde und extrapoliert man das pro Kopf BIP wie auch die Flächennutzungs-Intensität der Neunziger Jahre bis in das Jahr 2050 – ergibt sich eine jährliche Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen von 3,9%. Akkumuliert sind dies im Jahre 2050 rund 201 tsd. ha – also eine Verachtfachung der 1997er Flächen und eine nahezu 80-prozentige Belegung des verfügbaren Territoriums des Großherzogtums!

Schlussfolgerungen – Problembereich Flächenverbrauch

- Treibende Einflussfaktoren für das Anwachsen der Siedlungs- und Verkehrsflächen im Großherzogtum Luxemburg sind das Wirtschaftswachstum sowie die Bevölkerungsentwicklung.
- Eine Fortführung der Trends der 90er Jahre würden zu einer Verachtfachung der Siedlungs- und Verkehrsflächen im Jahre 2050 führen. Dies entspräche 80% des Territoriums des Großherzogtums.
- Politisch besonders wichtig ist die Erhöhung der Flächenproduktivität (Verringerung der Flächenintensität), also das Verhältnis von Wirtschaftswachstum und Flächenverbrauch – in anderen Worten: eine technologische Entwicklung und Re-Allokation der Produktionsfaktoren hin zu mehr Wertschöpfung je ha Siedlungs- und Verkehrsfläche.
- Wichtig ist auch, den pro-Kopf Verbrauch an Siedlungs- und Verkehrsfläche durch geeignete technologische und planerische Innovationen zu stabilisieren, um langfristig eine Trendumkehr herbeizuführen (effizientere Nutzung der Siedlungs- und Verkehrsflächen).

3.3.4 Handlungsoptionen

Die transdisziplinäre Querschnittsaufgabe Bodenschutz erfordert hinreichende Regelungen im Bereich Immissionsschutz, Düngemittel-, Pflanzenschutz- und Baurecht sowie der Landesplanung. Da die Nutzung des Gemeinschaftsgutes Boden sich vor allem nicht in der Domäne des Umweltministeriums abspielt, kann deshalb auch der Bodenschutz nicht einem Ressort alleine zugeordnet werden. Nur im Zusammenspiel aller für die Landnutzung zuständigen Ressorts kann die Reduzierung der in Luxemburg zur Verfügung stehenden Fläche von der Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung entkoppelt werden.

In Luxemburg sollte vorrangig die Umwandlung von unbebauten Flächen in Siedlungs- und Verkehrsflächen deutlich verlangsamt und der derzeitige Trend mittelfristig umgekehrt werden. Die Luxemburger Nachhaltigkeitsstrategie sieht eine Stabilisierung der Zunahme des Flächenverbrauchs bis zum Jahr 2005 vor und bis und bis 2010 eine Reduktion um 50%.

Die Raumplanung könnte verbliebene Flächenansprüche auf Zonen umlenken, in denen Konflikte mit der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes und des Landschaftsbildes am geringsten sind. Das Baurecht könnte planerische und ökonomische Instrumente verstärkt nutzen, um ökologische Bau- und Siedlungsweisen zu fördern. In der Verantwortung des

Verkehrsministerium läge es, die Planung von Trassen so vorzunehmen, dass eine weitere Zerschneidung von verkehrsarmen Lebensräumen vermieden würde. Neben diesen Maßnahmen zur Schadensbegrenzung sollte die Luxemburger Regierung zusammen mit betroffenen Interessensgruppen langfristige flächenextensive Strategien für das Bau- und Siedlungswesen, die Unternehmenspolitik, Berufsausübung und Freizeitgestaltung entwerfen. Dies gilt um so mehr, als andere Formen der Flächeninanspruchnahme in Konkurrenz zu den Flächennutzungen durch Siedlung und Verkehr treten (z.B. Land- und Forstwirtschaft, Energiewirtschaft, Freizeit und Erholung, Wasserwirtschaft).

Bisher verhindert die fehlende Akzeptanz des Flächensparens die Entkopplung von Flächennutzung und Bevölkerungs- bzw. Wirtschaftswachstum. Entscheidungsträger haben selten ein wirtschaftlichen Interesse an einer flächensparenden Umsetzung ihrer Pläne. Versiegelung ist in den meisten Fällen nicht nur eine Veränderung der Flächennutzung sondern führt i.d.R. zu irreversible Zerstörung des (Mutter-)Bodens. Besonders in diesen Fällen sollte über die Einführung von Ausgleichs- bzw. Versiegelungsabgaben nachgedacht werden. Insbesondere in Anbetracht der zu erwartenden Ausdehnung von Siedlungsfläche, die das Bevölkerungswachstum nach sich ziehen wird, sollte eine Entkoppelung des Volumens des Bodenaushubs vom Bauvolumen vorbereitet werden. Insbesondere der Mutterboden im Baugrubenaushub sollte so weit wie möglich verwertet werden.

Die effizientere Nutzung bzw. Wiederherstellung bereits versiegelter oder überformter Flächen (Flächenrecycling) könnte die Neuversiegelung substantiell reduzieren. Allerdings kann eine intensivere Nutzung von Flächen nur herbeigeführt werden, wenn es dafür auch entsprechende Anreize gibt. Ökonomische Instrumente, die Abschaffung antagonistischer Subventionen und die gezielte Förderung von Sanierungsmaßnahmen können hier langfristig eine Bewusstseins- und Verhaltenänderung herbeiführen um Planungen „auf der grünen Wiese“ zu verhindern eine Siedlungsstruktur der kurzen Wege zu fördern und insgesamt eine Anhebung der Flächenproduktivität erreichen.

3.4 Abfall

Der Einsatz von Material, Energie und Fläche bildet die ökologische Grundlage einer Volkswirtschaft. Im Grunde können aus ökologischer Perspektive alle Organismen durch diese drei Dimensionen hinreichend beschrieben werden. Eine Stoffstromanalyse bietet dabei die weitreichendste Beschreibung (SCHMIDT-BLEEK 1994, SCHMIDT-BLEEK ET AL 1998), da der Stoffwechsel einer Gesellschaft Rückschlüsse auf den Energieverbrauch und die Flächenrelevanz von wirtschaftlichen Aktivitäten zulässt. Der stoffliche Output einer Volkswirtschaft manifestiert sich in drei Größen:

- Produkte;
- Emissionen;
- Abfall.

Eine Gesellschaft definiert nach einer mehr oder weniger langen Zeit die überwiegende Zahl seiner Produkte ebenfalls als Abfall. Nur ein geringer Rest trägt z.B. als Bausubstanz zum physischen Wachstum einer Volkswirtschaft bei.

Zur Bestimmung der Zukunftsfähigkeit gehört eine umfassende Analyse des Stoffwechsels einer Gesellschaft. Eine Stoffstromanalyse ermöglicht grobe Aussagen über die Tiefe des gesellschaftlichen Eingriffes in die Natur. Stoffliche Abhängigkeiten (z.B. mit geo-strategischen Implikationen wie im Falle des Rohöls) können quantifiziert werden. Darüber hinaus können branchenspezifische Umweltprofile erstellt werden. Schließlich bieten Stoffstromanalysen bis auf die Mikro-Ebene Anhaltspunkte zur Optimierung der Öko-Effizienz. Das Statistische Amt der Europäischen Gemeinschaften hat jüngst ein Methodenhandbuch zu wirtschaftsraumbezogenen Stoffflussanalysen herausgebracht, welches der internationalen Harmonisierung dient (EUROSTAT 2001).

In Abstimmung mit dem Luxemburgischen Umweltministerium wurden im Rahmen dieser Studie der Schwerpunkt der Betrachtungen auf das Abfallaufkommen gelegt. Es wird somit der größte Teil des physischen Outputs der Luxemburgischen Volkswirtschaft betrachtet. Hieraus lässt sich mit Einschränkungen eine Aussage darüber ableiten, ob die prognostizierte Bevölkerungsentwicklung zu problematischen Stoffströmen führen wird, welche z.B. die Verwertungs- und Entsorgungskapazitäten in Luxemburg überfordern könnten. Eine Veränderung des Abfallvolumens alleine lässt jedoch nur teilweise Aussagen darüber zu, ob sich die ökologische Situation weiter verschlechtert oder nicht. Durch den zunehmenden Einsatz von Verwertungsverfahren befindet sich der Abfallsektor im Umbruch, so dass bisher als Abfälle

bezeichnete Stoffe zu Wertstoffen umdefiniert werden. Eine uneinheitliche Bilanzierung erschwert vergleichende Untersuchungen nicht nur auf nationaler, sondern auch auf europäischer Ebene. Eine Harmonisierung der Abfallstatistiken sollte deshalb auch im Luxemburgischen Interesse vorangetrieben werden, zumal der Europäische Binnenmarkt auch den Abfallsektor erfasst. Eine Verringerung des Abfallvolumens ist daher aus ökologischer Perspektive grundsätzlich zu begrüßen, allerdings lässt dieser Indikator keine „richtungssicheren“ Aussagen zu. Umweltpolitische Aussagen können hier erst gemacht werden, nachdem die Umweltverträglichkeit der eingesetzten Verwertungsverfahren geprüft wurden. Falls jedoch die gesamten Stoffströme Luxemburgs erfasst würden und dies mit dem Ziel einer „Dematerialisierung“ der Wirtschaft Luxemburgs verknüpft würde, könnte eine allgemeine Volumenreduktion angegangen werden. Eine Reduktion der gesamten Stoffströme würde sich in jedem Fall sowohl in ökologischer als auch in ökonomischer Hinsicht positiv auf die Abfallstatistik auswirken.

Die Konsum- und Produktionsmuster westlicher Industrieländer der vergangenen Jahrzehnte haben zu anwachsenden Abfallmengen geführt. Sie sind Ausdruck eines verschwenderischen Umgangs mit natürlichen Ressourcen. Primäres Ziel einer nachhaltigen Abfallwirtschaft ist die Vermeidung von Abfall sowie die Wiederverwendung von Restmaterialien aus den verschiedenen Wirtschaftsprozessen (einschließlich Konsum).

Die Determinanten des – hier wegen beschränkter Datenverfügbarkeit untersuchten – Hausmülls sind sicherlich vielfältig, beispielsweise Haushaltsgröße und –einkommen, Produktdesign und Produktlebensdauer, ändernde Konsumverhalten (Stichwort „Wegwerfgesellschaft“).

Zur detaillierteren Analyse des Abfallproblems wurde wiederum die *IPAT* Formel auf diesen Problembereich übertragen:

Hausmüll verbrannt und deponiert = Bevölkerung · Wirtschafts-entwicklung · Technologie-komponenten 1-2

$$ABFALL_{\text{behandelt}} = POP \cdot \frac{CONSUM}{POP} \cdot \frac{ABFALL_{\text{total}}}{CONSUM} \cdot \frac{ABFALL_{\text{behandelt}}}{ABFALL_{\text{total}}}$$

mit

- CONSUM: Konsumausgaben der privaten Haushalte,
- ABFALL_{total}: Gesamtaufkommen an Hausmüll und hausmüllähnlichen Abfällen,
- ABFALL_{behandelt}: Anteil davon, deponiert und verbrannt,
- POP: Bevölkerung.

Als abhängige Zielgröße wurde hier die auf Deponien abgelagerte und in Verbrennungsanlagen verbrannte Hausmüllmenge definiert. Sie repräsentiert in diesem Fall die Umweltbelastung im Sinne der *IPAT* Formel.

Wie in den vorangegangenen Problembereichen stellt die Bevölkerung eine Einflussgröße dar. Der Wohlstandseffekt wurde in diesem Bereich nicht über das Bruttoinlandsprodukt sondern über die Konsumausgaben der privaten Haushalte definiert. Letztere haben einen direkteren Einfluss auf das Hausmüllaufkommen als das allgemeine Wirtschaftswachstum.

Es wurden zwei technologische Einflussfaktoren identifiziert. Zum einen wurde das Hausmüllaufkommen je Konsumeinheit der privaten Haushalte eingeführt. Als zweite technologische Komponente wurde das Verhältnis von Gesamtaufkommen und behandelten Hausmüllaufkommen gewählt. Hierbei kommt der technische Fortschritt im Bereich des Abfallmanagements zum Ausdruck, dieser Quotient ist die Reziproke der Recycling- oder Wiederverwertungsrate.

3.4.1 Vergangene Trends

In der zweiten Hälfte der 90er Jahre haben die behandelten Hausmüllmengen (auf Deponien abgelagert und verbrannt) jährlich um 0,1% leicht zugenommen. Der Anteil der behandelten Hausmüllmengen am Gesamthausmüllaufkommen hat sich im Beobachtungszeitraum von rund 80% auf 69%, d.h. jährlich um 3,5% verringert. D.h. die Verwertungs- oder Recyclingquote hat sich deutlich verbessert.

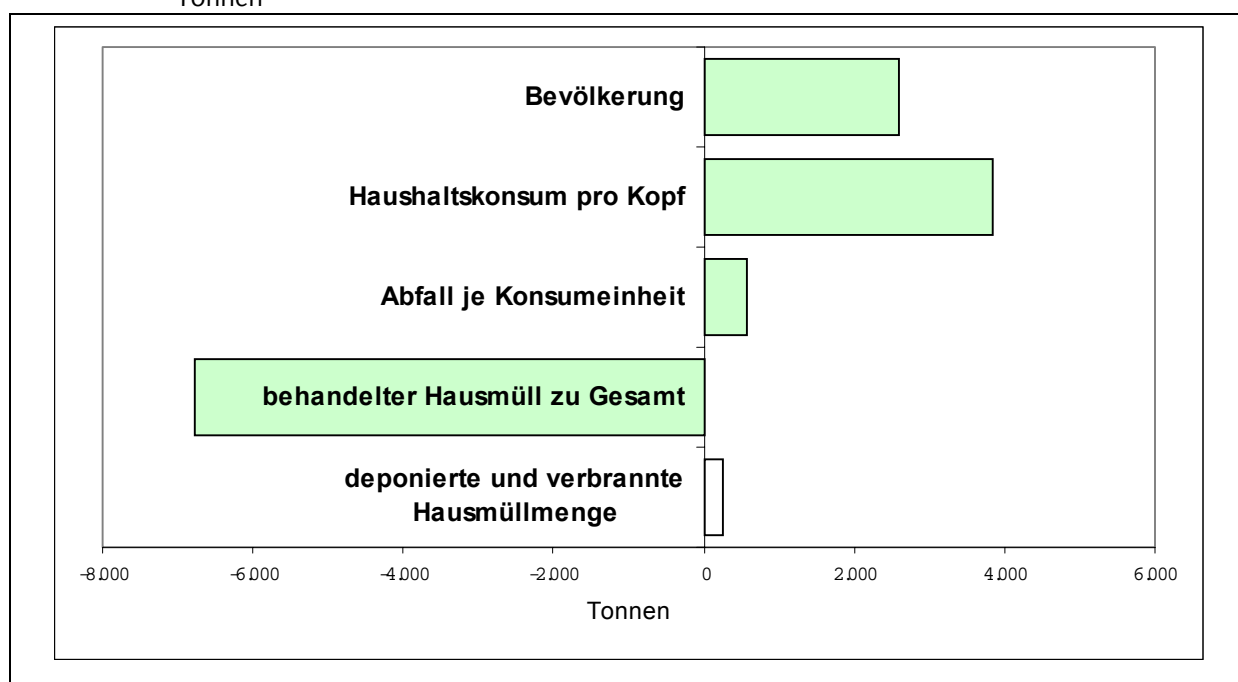
Gleichzeitig ist die Bevölkerung um jährlich 1,4% und der pro-Kopf-Konsum der privaten Haushalte um sogar 2% gestiegen. Das Hausmüllaufkommen pro Einheit privaten Konsums hat ebenfalls - wenn auch nur leicht um jährlich 0,3% - zugenommen.

Tabelle 3.4: Veränderung der deponierten und verbrannten Hausmüllabfälle und ihrer Einflussfaktoren, Luxemburg 1995-1999

Variable	Einheit	1995	1999	jährliche Veränderung	
Deponierte und verbrannte Hausmüllmengen (ABFALL _{behandelt})	Tonnen	191.820	192.830	252	0,1%
Bevölkerung (POP)	Einwohner	409.700	432.450	5.573	1,4%
Haushaltskonsum pro Kopf (CONSUM/POP)	Mio. ECU/Einw.	15,562	16,863	0,316	2,0%
Technologie 1: Hausmüllaufkommen pro Konsumeinheit (ABFALL _{total} /CONSUM)	Tonnen/ Mio. ECU	0,038	0,038	0,000	0,3%
Technologie 2: Deponierter und verbrannter Hausmüll zu Gesamthausmüll (ABFALL _{behandelt} / ABFALL _{total})	Tonnen/Tonnen	0,80	0,69	-0,03	-3,5%

Auch in diesem Problembereich wurde mit Hilfe der Methode der Komponentenerlegung untersucht, wie die verschiedenen Einflussfaktoren die behandelte Abfallmenge in den 90er Jahren in Luxemburg bestimmten. Die Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung graphisch dargestellt:

Abb. 3.4: Beiträge der verschiedenen Einflussfaktoren zur Entwicklung der deponierten und verbrannten Hausmüllmengen in Luxemburg 1995-1999 – jährliche Veränderungen in Tonnen



Als entscheidende Einflussgröße auf den deponierten und verbrannten Hausmüll erwies sich der Haushaltskonsum. Daneben spielte die Bevölkerungszunahme eine wesentliche Rolle bei der leichten Erhöhung der deponierten und verbrannten Hausmüllmenge. Die technologischen

Komponenten wiesen, ähnlich wie bei dem Problembereich Verkehr, wiederum gegenläufige Tendenzen auf. Die Hausmüllgenerierung je Einheit privater Konsumausgaben ließ die Menge der deponierten und verbrannten Haushaltsabfälle ansteigen. Die Abnahme der Behandlungsquote, also der Anteil der deponierten und verbrannten Hausmüllmengen an der Gesamtmenge, wirkte als einziger technischer Effekt in Richtung Reduzierung der Menge der behandelten Abfälle. Mit anderen Worten, die Erhöhung der Verwertungsquote kompensierte die übrigen mengensteigernd wirkenden Einflussfaktoren.

3.4.2 Zukünftige Trends

Bei Zugrundelegung des reinen Bevölkerungseffektes von jährlich rund +1% würden sich die deponierten und verbrannten Hausmüllmengen bis zum Jahre 2050 auf rund 312 tsd. t steigern.

Berücksichtigt man jedoch die vergangenen Trends der übrigen Treibergrößen – insbesondere eine verbesserte Verwertungsquote – würde die deponierte und verbrannte Hausmüllmenge leicht um 0,3% abnehmen. Damit läge die Menge deponierten und verbrannten Hausmülls im Jahre 2050 bei rund 168 tsd. Tonnen – also rund 13% unter dem Wert von 1999.

Schlussfolgerungen Problembereich Abfall

- Die deponierten und verbrannten Hausmüllmengen würden bei einer Fortführung der Trends der 90er Jahre bis zum Jahre 2050 abnehmen.
- Maßgebliche Einflussgröße ist die Verwertungsquote, deren Verbesserung in den 90er Jahren die müllsteigernden Einflussfaktoren (steigernder Privatkonsum, Bevölkerungswachstum) kompensieren konnte.
- Hier sollte mit einer Politik angesetzt werden, die Abfallvermeidung (Dematerialisierung) und –verwertung (Kreislaufwirtschaft) kombiniert. Dies gilt zudem nicht nur für den Hausmüll, sondern gerade auch für Industrieabfälle und Bauschutt.

4 Politikintegration

Die vorliegende Analyse macht deutlich, dass angesichts des Wachstums von Bevölkerung und Wirtschaft eine nachhaltige Entwicklung Luxemburgs nur möglich sein wird, wenn es gelingt, den Flächen, Stoff- und Energieverbrauch zu steuern. Dies bedeutet, dass diejenigen Ressorts, welche die Ressourcen Material, Energie und Fläche besonders stark beanspruchen, Öko-Effizienzstrategien entwickeln müssen. Die klassische Rollenverteilung zwischen Ressorts der Umweltnutzung und des (meist nachsorgenden) Umweltschutzes muss überwunden werden, um integrierte Strategien zu entwickeln.

Die Europäische Union hat mit der sogenannten Cardiff-Prozess erste Wege zu einer integrierten Umweltpolitik beschritten (SCHEPELMANN ET AL. 2000). Der Cardiff-Prozess ist durch drei "Wellen" gekennzeichnet. In Cardiff forderten die Staats- und Regierungschefs 1998 die Ratsformationen "Verkehr", "Energie" und "Landwirtschaft" auf, Strategien zu erarbeiten. Im Dezember 1998 wurden in Wien die Ratsformationen "Entwicklung", "Binnenmarkt" und "Industrie" ebenfalls eingeladen und in Köln im Juni 2000 folgten die Ratsformationen "Allgemeine Angelegenheiten", "EcoFin" und Fischerei". Auf dem Europäischen Rat von Helsinki 1999 wurde der Cardiff-Prozess gebündelt. Die erste Gruppe legte Ergebnisse ihrer Strategieentwicklung vor. Die zweite Gruppe von Ratsformationen konnte mit ersten Berichten aufwarten. Nach den Schlussfolgerungen der EU-Präsidentschaft müssen die Strategieberichte folgende Punkte beinhalten:

- Die Beschreibung von Umweltproblemen, Tendenzen und bestehende Politiken,
- Zielvorgaben und Handlungsziele,
- Aktivitäten und Maßnahmen, Akteure und Betroffene,
- Fristen und Zeitpläne für Maßnahmenumsetzung,
- Indikatoren und Erfolgskontrolle und Strategieveränderung.

Luxemburg kann für seine eigenen Strategien nicht nur an den europäischen Prozess der Politikintegration anknüpfen, es kann sogar zusammen mit anderen fortschrittlichen Mitgliedsstaaten (vor allem Österreich und die skandinavischen Länder) eine Vorreiterrolle einnehmen.

Die Nachhaltigkeitsstrategie könnte dabei den Rahmen nationaler Anstrengungen im Zusammenhang mit dem Cardiff-Prozess darstellen. Wie sich in der Praxis gezeigt hat, gibt es dabei verschiedene Möglichkeiten, wie Nachhaltigkeitsstrategie und sektorielle Strategien der

Umweltintegration zusammen spielen können. Dabei kommt es vor allem darauf an, wo die Verantwortung für die Gesamtstrategie eines Landes liegt. In Finnland und Deutschland beispielsweise, wird die Federführung der Nachhaltigkeitsstrategie durch das Regierungsoberhaupt wahrgenommen. Die Richtlinienkompetenz des Regierungsoberhauptes kann durch einen Staatssekretärsausschuss flankiert werden (Großbritannien, Deutschland). In anderen Staaten und Regionen sind meistens die Umweltministerien für Nachhaltigkeitsstrategie zuständig. Die Frage, wo die Politikintegration am besten verankert wird, kann nicht allgemein gültig beantwortet werden. Im Prinzip ist die Politikintegration eine Führungsaufgabe, die vom Regierungsoberhaupt wahrgenommen werden sollte. In der Praxis jedoch kann ein durchsetzungsfähiger Umweltminister mehr erreichen, als ein passives Regierungsoberhaupt.

5 Handlungsempfehlung

Die Analyse der gegenwärtigen Belastungstrends durch Disaggregation der Ehrlich-Formel hat gezeigt, dass die negativen ökologischen Effekte des Bevölkerungs- und Wohlstandszuwachses auf absehbare Zeit durch Effizienzgewinne infolge technischer und sozialer Innovationen (z.B. im Mobilitätsverhalten) ausgeglichen werden können. Eine Erhöhung der Ressourcenproduktivität ist unabhängig von der Bevölkerungsentwicklung von gesamtwirtschaftlichem Interesse (*win-win* Situation), hier liegt daher der Ansatzpunkt für eine Umweltentlastung trotz Bevölkerungszuwachs.

Nach den Ergebnissen der vorliegenden Studie sollten folgende Handlungsziele prioritär verfolgt werden:

1. Eine Trendumkehr beim Flächenverbrauch;
2. Eine Trendumkehr des Verkehrswachstums im Verhältnis zur Wirtschaftsleistung;
3. Eine Stabilisierung der zu entsorgenden Abfallmenge;
4. Eine weitere Erhöhung der Energieproduktivität.

Die Verfolgung dieser Ziele würde fast alle Bereiche des Wirtschaftens erfassen. Die Aufgabe eines ökologischen Strukturwandels ist so komplex, dass sie einen Prozess zur koordinierten Abstimmung von Grobzielen, Unterzielen und Maßnahmen erforderlich macht. SERI empfiehlt daher in Anlehnung an den Cardiff-Prozess des Europäischen Rates einen nationalen Prozess der Politikintegration. Eine konzertierte nationale Anstrengung kann die sich andeutenden ökologischen Gefahren eindämmen.

Die vorliegende Studie ist vor allem eine Diagnose. Unter Anwendung der Ehrlich-Formel benennt sie die Anteile von Bevölkerungszuwachs, Wirtschaftswachstum und technologischer Entwicklung in ausgesuchten Problemfeldern. Räumlich und zeitlich angepasste Lösungen können für jeden dieser Schwerpunktbereiche nur in einem längeren Prozess entwickelt werden. Dennoch können auf Grundlage dieser Diagnose einige vorläufige Schlussfolgerungen im Hinblick auf Handlungsoptionen gezogen werden.

Problembereich Energie

Die bisher dominante Einflussgröße für die Entwicklung des Primärenergiebedarfs in Luxemburg war der technische Fortschritt in Form der gesamtwirtschaftlichen Energieintensität oder Energieproduktivität. Bisher ist der Primärenergiebedarf im Verhältnis zum Wirtschaftswachstum gesunken. Dieser Trend muss weiterhin unterstützt werden. Mit jedem Kilowatt muss also mehr Wohlstand geschaffen werden bzw. der Wohlstand Luxemburgs muss mit weniger Energieeinsatz erwirtschaftet werden. Insgesamt kann der Energieverbrauch der Industrieländer um den Faktor 4 gesenkt werden, ohne die Produktivität einzuschränken (Lovins/Hennicke 1999). Die Möglichkeiten zur Intervention sind mannigfaltig. Beispielsweise kann auf der Unternehmensebene angesetzt werden. Dazu sind in einigen Ländern Energieagenturen geschaffen worden, die entweder in öffentlicher oder privater Trägerschaft betrieben werden. Die Agenturen bieten kleinen und mittelständischen Unternehmen aber auch Großunternehmen die Möglichkeit, ihre Einrichtungen und Produktionsprozesse zu überprüfen und energetisch zu optimieren. Dabei amortisieren sich die Kosten für die Beratung oft schon nach kurzer Zeit. Instrumente wie *contracting* und *least-cost-planning* werden bereits in vielen Regionen erfolgreich angewendet, so dass hier auf einem vorhandenen Markt zurück gegriffen werden kann. Ein optimales Zusammenwirken von Staat und Unternehmen sollte dazu führen, dass so wenig Intervention wie möglich und so viel Regulierung, wie zur Stabilisierung des bisherigen Trends nötig, erreicht wird. Der Staat sollte durch die Besteuerung von Energieträgern ausreichende Anreize zum Energiesparen schaffen und flexibel auf rationales Verhalten der Unternehmen reagieren. Länder wie Dänemark haben hier interessante Anreizsysteme entwickelt. Eine solche Partnerschaft zwischen Staat und Unternehmen könnte beispielsweise dazu führen, dass von Energieagenturen zertifizierte Unternehmen mit einer günstigeren Besteuerung der Energieträger rechnen können. Ähnliche kombinierte Systeme aus fiskalischem Anreiz und Beratungsangebot sind auch im privaten Bereich besonders im Hinblick auf den Neubau und die energetische Sanierung des Gebäudebestandes sinnvoll.

Problembereich Verkehr

Der Trend der zunehmenden verkehrsbedingten CO₂-Emissionen in Luxemburg ist alarmierend. Eine Fortführung dieses Trends würde zu einer Verzehnfachung der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2050 führen. Treibende Einflussfaktoren für die Erhöhung der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen sind das Wirtschaftswachstum, die Bevölkerungszunahme und der spezifische Energieverbrauchs je Verkehrsleistung.

Handlungsoptionen bestehen in der technischen Verbesserung des Verkehrsbereichs:

Zum einen muss der spezifische Energieverbrauch der Gesamtflotte über alle Verkehrsträger verbessert werden. Zum anderen muss die Entwicklung des Verkehrsvolumens vom Wirtschaftswachstum entkoppelt werden.

Der spezifische Energieverbrauch der Gesamtflotte kann durch eine entschlossene Preispolitik begegnet werden. Zum einen müssen Verkehrsträger mit besonders hohem Verbrauch schon beim Einkauf empfindlich teurer werden. Dies kann flankiert werden durch eine stufenweise Anhebung der Treibstoffpreise. Die zu erwartenden erheblichen Widerstände in der Gesellschaft müssen durch eine offensive Aufklärungs- und Informationspolitik abgebaut werden.

Erfahrungen aus anderen EU-Mitgliedsstaaten wie Großbritannien und Deutschland sollten vor einem solchen Schritt sorgfältig ausgewertet werden.

In Luxemburg sollte eine Diskussion darüber stattfinden, wie der wachsende Bedarf an Mobilität in einer wachsenden Wirtschaft mit zunehmender Bevölkerung gedeckt werden kann. Dabei muss allen Beteiligten vermittelt werden, dass der derzeitige Trend keine zukunftsfähige Option darstellt. Der zukünftige Bedarf an Verkehrsdienstleistungen in Luxemburg sollte systematisch ermittelt werden. Darauf aufbauen können Modelle der Bedarfsdeckung mit optimalen Verkehrsträger-Mix entwickelt werden. Leitende Kriterien sollten der Bedarf (im Güter- und Personentransport), der Preis und der Ressourcenverbrauch (Material- und Energieverbrauch) sein.

Problembereich Flächenverbrauch

Beim Flächenverbrauch verstärken sich alle Einflussfaktoren und beschleunigen das Anwachsen der Siedlungs- und Verkehrsflächen im Großherzogtum Luxemburg. Die Tatsache, dass zur Zeit kein Faktor der wachsenden Versiegelung entgegenwirkt, wird zu einer dramatischen Entwicklung führen. Eine Fortführung der Trends der 90er Jahre käme einer Verachtfachung der Siedlungs- und Verkehrsflächen im Jahre 2050 gleich. Dies entspräche 80% des Territoriums des Großherzogtums. Das Eintreffen dieser Prognose ist unwahrscheinlich, da der Landschaftsverbrauch schon vor dem Jahr 2050 zu erheblichen negativen Rückkopplungen führen wird, was wiederum gesellschaftlichen Widerstand wahrscheinlich macht. Um eine dramatische Landschaftszerstörung abzuwenden, muss vor allem die Flächenproduktivität erhöht werden. Das Verhältnis von Wirtschaftswachstum und Flächenverbrauch muss

entkoppelt werden. In anderen Worten: eine technologische Entwicklung und Re-Allokation der Produktionsfaktoren hin zu mehr Wertschöpfung je Hektar Siedlungs- und Verkehrsfläche.

Der pro-Kopf Verbrauch an Siedlungs- und Verkehrsfläche kann durch geeignete technologische und planerische Innovationen stabilisiert werden, um langfristig eine Trendumkehr herbeizuführen. Die effizientere Raumnutzung würde eine Verdichtung der Nutzung von Siedlungs- und Verkehrsflächen bedeuten.

Für die privaten Verbrauch bedeutet dies eine Beschränkung auf eine gesellschaftlich limitierte Wohnfläche. Dies könnte z.B. durch Abgaben erreicht werden, die bis zu einer bestimmten Fläche erlassen werden (Freibetrag) und ab einer bestimmten Quadratmeterzahl exponentiell steigen könnten. Dadurch könnten einerseits soziale Härten und andererseits Verschwendung von Wohnraum verhindert werden.

Für Gewerbeansiedlungen muss auf Planungen „auf der grünen Wiese“ verzichtet werden. Großflächige Shopping-Zentren außerhalb der Siedlungsgebiete und großzügige Gewerbeparks müssen der Vergangenheit angehören. Für die Ansiedlungen von Gewerbe müssen Flächenrecyclingprogramme eingeführt werden, um z.B. alte Industriebrachen wieder einer Nutzung zu zuführen.

Eine nachhaltige Verkehrspolitik könnte zusätzlich eine erhebliche Entlastung der Landschaft bewirken. Eine Zerschneidung von Grünflächen durch Verkehrswege und die Unterhaltung großer Parkflächen könnte durch eine integrierte Politik teilweise vermieden werden.

Problembereich Abfall

Die deponierten und verbrannten Hausmüllmengen würden bei einer Fortführung der Trends der 90er Jahre bis zum Jahre 2050 abnehmen. Maßgebliche Einflussgröße ist die Verwertungsquote, deren Verbesserung in den 90er Jahren die müllsteigernden Einflussfaktoren (steigender Privatkonsum, Bevölkerungswachstum) kompensieren konnte.

Hier sollte mit einer Politik angesetzt werden, die Abfallvermeidung (Dematerialisierung) und –verwertung (Kreislaufwirtschaft) kombiniert. Dies gilt zudem nicht nur für den Hausmüll, sondern gerade auch für Industrieabfälle und Bauschutt.

Ausblick

Eine intelligente Kombination von politischen Maßnahmen kann Synergien herstellen, die einen besonders hohen (nicht-linearen) positiven Effekt auf den Ressourcenverbrauch haben können. Beispielsweise liegen positiven Auswirkungen einer nachhaltigen Verkehrspolitik auf den Landschaftsverbrauch auf der Hand, da z.B. weniger Fahr- und Parkflächen benötigt würden.

Auch könnte die Beratung von Unternehmen eine Einsparung von Energie- und Materialverbrauch führen, was nicht nur die Energieeffizienz erhöhen würde sondern auch zu einer Verminderung des Abfallvolumens führen könnte. Eine solche integrierte auf Effizienz ausgerichtete Politik kann darüber hinaus dazu beitragen, dass Luxemburg im Hinblick auf die Ressourcenproduktivität einen Spitzenplatz in Europa einnehmen kann. Hohe Wachstumsraten bei Bevölkerung und Wirtschaft sind zwar atypisch für die Europäische Union aber kennzeichnend für die globale Entwicklung. Luxemburg ist daher in der Lage besonders gute Lösungen zur Beantwortung eines globalen Trends der Ressourcenverknappung zu entwickeln. SERI sieht darin ein besonders günstiges Potentiale um ökologisches *Know-how* und angepasste Dienstleistungen zu entwickeln, mit dem sich Luxemburg mittel- und langfristig auf dem Weltmarkt einen Wettbewerbsvorteil verschaffen könnte.

6 Anhang - Methodik

Zur Methodik der Komponentenerlegung (Dekomposition:)

Allgemein wird bei der Methodik der Dekomposition (vgl. z.B. PROOPS/FABER/WAGENHALS 1993 oder HOLUB/SCHNABL 1994) die Veränderungsrate einer zu erklärenden Variable x in die Veränderungsrate von 2 oder mehreren erklärenden Variablen (a, b, c, \dots) zerlegt. Somit können die prozentualen Beiträge der 2 oder mehreren erklärenden Variablen zur Veränderung der zu erklärenden Variable x ermittelt werden.

Ausgangspunkt für den einfachsten Fall der Dekomposition mit 2 erklärenden Variablen ist eine Funktion von a und b , die die abhängige Variable x erklärt:

$$x = f(a, b) \quad (1)$$

Wir wählen für diese Funktion eine multiplikative Verknüpfung:

$$x = a \cdot b \quad (2)$$

Das totale Differential dieser Gleichung lautet:

$$dx = da \cdot b + a \cdot db \quad (3)$$

Üblicherweise liegen die Beobachtungen der Variablen für diskrete Zeitschritte (in der Regel jährlich) vor. Dies erlaubt, daß die Differentiale durch Differenzen approximiert werden können:

$$\Delta x = \Delta a \cdot b + a \cdot \Delta b \quad (4)$$

Da die Differenzen für alle Variablen der Gleichung eindeutig definiert sein müssen, definieren wir die zeitliche Veränderung von a (Δa) zwischen den Zeitpunkten t_0 und t_1 als:

$$\Delta a = a_1 - a_0 \quad (5)$$

In Gleichung (34) wird das Δa mit b gewichtet. Es ist aber nicht klar, zu welchem Zeitpunkt wir b messen sollen. Es bieten sich hier drei Möglichkeiten an (vgl. Proops/Faber/Wagenhals 1993, S. 58):

- der initiale Wert von b zum Zeitpunkt t_0 ,
- der finale Wert von b zum Zeitpunkt t_1 oder
- der Mittelwert von b für die Periode t_0 - t_1 .

Wir wollen uns im folgenden für die dritte Möglichkeit entscheiden und gewichten mit dem Mittelwert (*central difference assumption*). Dies hat u.a. den Vorteil, daß bei Modellen mit nur

zwei erklärenden Variablen kein *joint*-Effekt auftritt (vgl. PROOPS/FABER/WAGENHALS 1993, S. 60).

Die korrekte Darstellung unserer Dekomposition sieht also wie folgt aus:

$$\Delta x = \Delta a \cdot \bar{b} + \bar{a} \cdot \Delta b \quad (6)$$

Bei Dekompositionen mit mehr als 2 Variablen tritt eine Residualgröße auf, die auch *joint effect* bezeichnet wird. Der *joint effect* (im folgenden mit *Rest* bezeichnet) bringt eine Veränderungskomponente zum Ausdruck, die keiner der erklärenden Variablen eindeutig zuordenbar und somit interpretierbar ist.

Am Beispiel der Formel zur Erklärung des Energieverbrauchs (Abschnitt 3.1) wollen wir nun die Komponentenzerlegung illustrieren.

$$E = \frac{E}{BIP} \cdot \frac{BIP}{POP} \cdot POP \quad (7)$$

Die Veränderung des Energieverbrauchs (ΔE) ist demnach die Summe von drei gewichtete Komponenten:

$$\Delta E = \Delta \left(\frac{E}{BIP} \right) \cdot \overline{\left(\frac{BIP}{POP} \right)} \cdot \overline{POP} + \overline{\left(\frac{E}{BIP} \right)} \cdot \Delta \left(\frac{BIP}{POP} \right) \cdot \overline{POP} + \overline{\left(\frac{E}{BIP} \right)} \cdot \overline{\left(\frac{BIP}{POP} \right)} \cdot \Delta POP \quad (8)$$

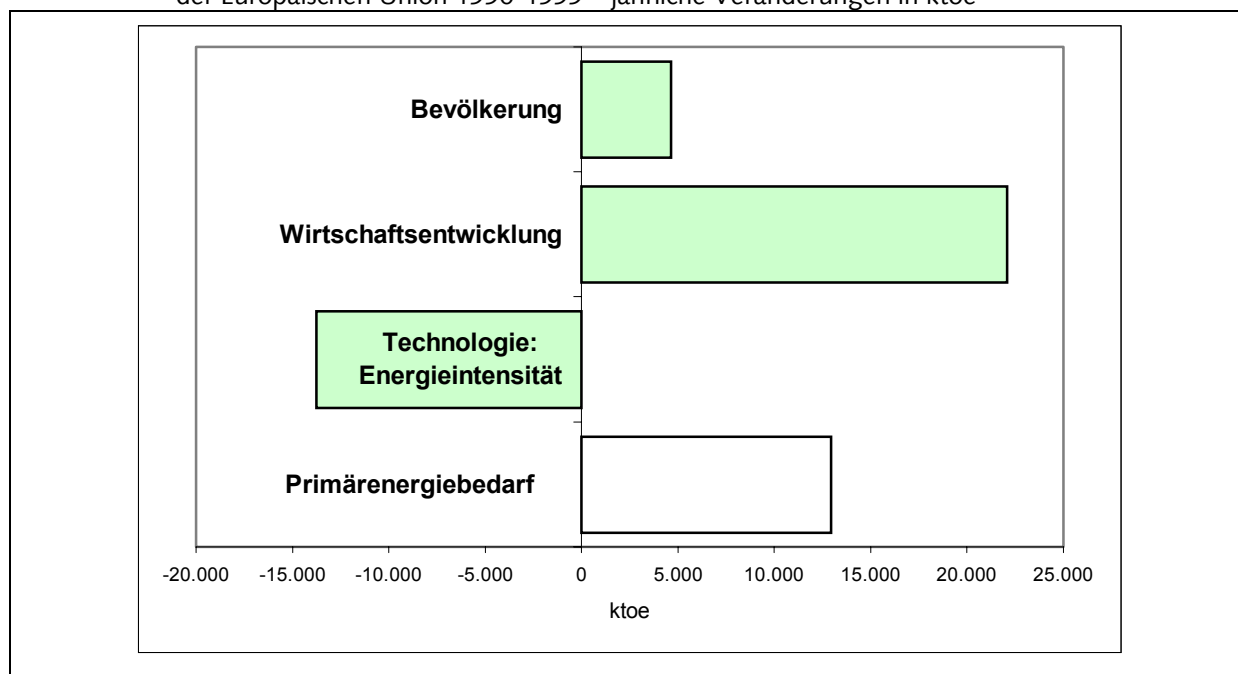
7 Anhang – Daten EU

7.1 Problembereich Energie – EU-15

Tabelle: Veränderungen des Primärenergiebedarfs und seiner Einflussfaktoren, Europäische Union 1990-1999

Variable	Einheit	1990	1999	jährliche Veränderung	
Primärenergiebedarf (E)	ktoe	1.322.573	1.443.741	12.945	1,0%
Bevölkerung (POP)	Anzahl	0,254	0,232	-0,003	-1,0%
Wirtschaftsentwicklung (BIP/POP)	Mio. ECU/Kopf	0,014	0,017	0,000	1,7%
Technologie: Energieintensität (E/BIP)	ktoe/Mio. ECU	363.763.372	375.346.459	1.269.153	0,3%

Abbildung : Beiträge der verschiedenen Einflussfaktoren zur Verringerung des Primärenergiebedarfs in der Europäischen Union 1990-1999 – jährliche Veränderungen in ktoe

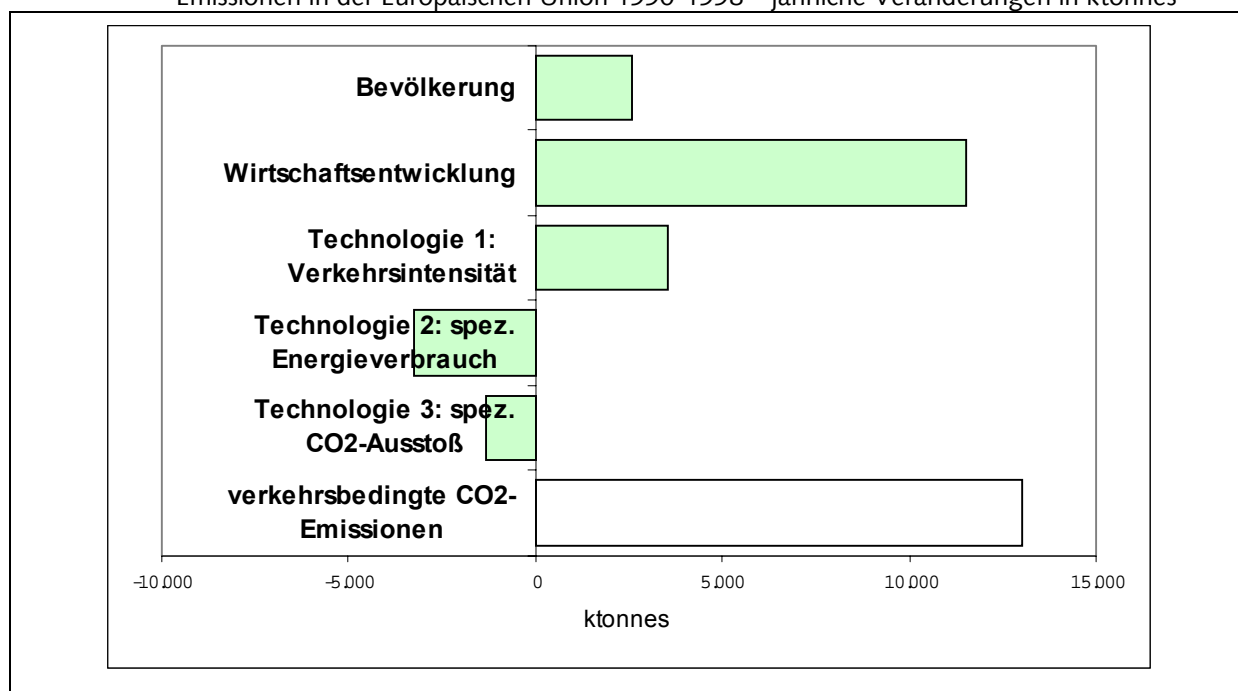


7.2 Problembereich Verkehr – EU-15

Tabelle: Veränderungen der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen und ihrer Einflussfaktoren, Europäische Union 1990-1998

<i>Variable</i>	<i>Einheit</i>	<i>1990</i>	<i>1998</i>	<i>jährliche Veränderung</i>	
Verkehrsbedingte CO ₂ -Emissionen (CO ₂ _{TRANS})	ktonnes	697.683	809.112	13.043	1,9%
Bevölkerung (POP)	Einwohner	2,677	2,637	-0,005	- 0,2%
Wirtschaftsentwicklung (BIP/POP)	Mio. ECU/Einw.	2.606,660	2.512,120	-12,009	- 0,5%
Verkehrsintensität des Wirtschaftswachstums (TRANS/BIP)	index/Mio. ECU	0,000	0,000	0,000	0,5%
Spez. Energieverbrauch je Verkehrsleistung (E _{TRANS} /TRANS)	ktoe/index	0,014	0,016	0,000	1,6%
Spez. CO ₂ -Ausstoß je Energieeinheit (CO ₂ _{TRANS} /E _{TRANS})	ktonnes / ktoe	363.763.372	374.583.990	1.335.295	0,4%

Abbildung: Beiträge der verschiedenen Einflussfaktoren zur Erhöhung der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen in der Europäischen Union 1990-1998 – jährliche Veränderungen in ktonnes



8 Literatur

Becker, R.; H.D. Nagel; L. Werner (1998): Critical Loads für Säureeinträge. In: Nagel, H.D., H.D. (Hrsg.): Ökologische Belastungsgrenzen = Critical Loads & Levels: Ein internationales Konzept für die Luftreinhaltepolitik. Berlin

BIT, Bureau International du Travail (2001a): Evaluation actuarielle et financière du régime général d'assurance pension du Grand-Duché de Luxembourg. Genf. S.22

BIT, Bureau International du Travail (2001b): Evaluation actuarielle et financière du régime général d'assurance pension du Grand-Duché de Luxembourg. Genf. S.23

BIT, Bureau International du Travail (2001): Evaluation actuarielle et financière du régime général d'assurance pension du Grand-Duché de Luxembourg. Genf.

Europäische Kommission (2001): 'Umwelt 2010: Unsere Zukunft liegt in unserer Hand' Vorschlag für das 6. Umweltaktionsprogramm. KOM (2001) 31. Brüssel

European Environment Agency (EEA) (2000): Are we moving in the right direction? Indicators on transport and environment integration in the EU - TERM 2000 . – EEA Environmental Issues Series No 12, Copenhagen

Eurostat – Statistical Office of the European Communities (Hrsg.) (2001): Economy-wide material flow accounts and derived indicators – A methodological guide. Luxemburg: European Communities

Holub, H.-W. and H. Schnabl 1994: Input-Output-Rechnung: Input-Output-Analyse. Oldenbourg Verlag: München, Wien

Jänicke, M., Jörgens, M., Hrsg.(2000): Umweltplanung im internationalen Vergleich: Strategien der Nachhaltigkeit. Berlin

Joint Expert Group on Transport and Environment (2000): Recommendations for action towards sustainable transport. Brüssel

Liedtke, Ch. / Baedeker, C. / Rohn, H. / Klemisch, H. (Hrsg.):Der Mittelstand gewinnt. Über Effizienz, Produkte und Allianzen. Stuttgart, Leipzig 2002

Lovins A./Hennicke P.: Voller Energie. Vision: Die globale Faktor Vier-Strategie für Klimaschutz und Atomausstieg. Visionen für das 21. Jahrhundert. Die Buchreihe zu den Themen der Expo 2000. BAND 8 Frankfurt a.M., New York 1999

Mouvement Ecologique (2001): Lëtzebuerg – 700.000 Awunner ?! Resultate einer Umfrage auf der Oeko-Foire 2001. Pressemitteilung

Proops, J. L. R. / Faber, M. / Wagenhals, G. (1993): Reducing CO2 Emissions. A Comparative Input-Output Study for Germany and UK . - Springer: Berlin Heidelberg New York u.a.

Rat der Europäischen Union (1999): Bericht an den Europäischen Rat (Helsinki): Verkehr und Umwelt - Strategie des Rates zur Einbeziehung der Umweltbelange und der nachhaltigen Entwicklung in die Verkehrspolitik - Vorlage des Rates (Verkehr) für den Europäischen Rat (Helsinki) . - Nr. Dokument 11717/99 TRANS 197 ENV 335), Brüssel, den 11. Oktober 1999 (Original Englisch)

Schepelmann, Ph., F. Hinterberger, S. Moll, B. Görlach (2000): Von Helsinki nach Göteborg. Evaluierung der Umweltintegration in der Europäischen Union im Auftrag des Bundesministeriums für Land und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien
download unter: <http://www.seri.at/europa/abgeschlossen/umweltintegration.htm>

Schmidt-Bleek, F. (1994): Wieviel Umwelt braucht der Mensch ? MIPS - Das Maß für ökologisches Wirtschaften. Berlin / Basel

Spitzner, M. (2001): Zukünfte gesellschaftlichen Naturverhältnisses: Gender Mainstreaming im Verkehr. In: Politische Ökologie 70 Agender 21).

SRU (2000): Umweltgutachten 2000 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen. Bundestagsdrucksache 14/3363. Berlin

STATEC (2001): die Daten wurden uns freundlicherweise von Herrn Jean Langers zur Verfügung gestellt

STATEC (1995): Projections de Population. Bulletin du STATEC 8/95, Luxembourg

Weizsäcker, E. U. von / A. B. Lovins 1999: Faktor Vier: Doppelter Wohlstand - halbiertes Naturverbrauch. Der neue Bericht an den Club of Rome