

**UMWELT-MATERIALIEN  
NR. 198**

**Ökonomie**

**Wachstum und  
Umweltbelastung:  
Findet eine  
Entkopplung statt?**



**Bundesamt für  
Umwelt, Wald und  
Landschaft  
BUWAL**



**UMWELT-MATERIALIEN  
NR. 198**

**Ökonomie**

**Wachstum und  
Umweltbelastung:  
Findet eine  
Entkopplung statt?**

Avec résumé en français

**Herausgegeben vom Bundesamt  
für Umwelt, Wald und Landschaft  
BUWAL  
Bern, 2005**

**Herausgeber**

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft  
(BUWAL)

*Das BUWAL ist ein Amt des Eidg. Departements für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation  
(UVEK)*

**Autoren**

Prof. Dr. M. Binswanger (FHSO)

Dr. G. Beltrani (EBP)

A. Jochem, Dipl.-Volksw. (FHSO)

Dr. O. Schelske (EBP)

**Zitierung**

BINSWANGER M., BELTRANI G., JOCHEM A.,  
SCHELSKE O. 2005: *Wachstum und Umweltbelastung:  
Findet eine Entkopplung statt?* Umwelt-Materialien  
Nr. 198. Studie der Fachhochschule Solothurn  
Nordwestschweiz und der Ernst Basler und Partner AG  
im Auftrag des BUWAL. Bundesamt für Umwelt,  
Wald und Landschaft, Bern. 178 S.

**Gestaltung**

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

**Titelfoto**

Emanuel Ammon/AURA

**Download PDF**

<http://www.buwalshop.ch>

(eine gedruckte Fassung ist nicht erhältlich)

Code: UM-198-D

© BUWAL 2005

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstracts</b>	<b>5</b>		
<b>Vorwort</b>	<b>7</b>		
<b>Zusammenfassung</b>	<b>9</b>		
<b>Résumé</b>	<b>17</b>		
<b>2 Literaturanalyse</b>	<b>25</b>		
2.1 Die Hypothese der Environmental Kuznets Curve (EKC)	25		
2.1.1 Zusammenfassung der empirischen Ergebnisse	26		
2.1.2 Methodische Mängel der EKC-Studien	31		
2.2 Zeitreihenanalysen	33		
<b>3 Vergleich von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung</b>	<b>35</b>		
3.1 Schweiz	35		
3.1.1 Methodische Aspekte	35		
3.1.2 Klima	37		
3.1.3 Luft	38		
3.1.4 Wasser	41		
3.1.5 Materialverbrauch, Stoffe und Abfälle	45		
3.1.6 Energie	51		
3.1.7 Lärm	53		
3.1.8 Boden, Landschaft und Biodiversität	55		
3.1.9 Zusammenfassende Übersicht Schweiz	60		
3.2 Internationaler Vergleich	62		
3.2.1 Methodische Aspekte	62		
3.2.2 Klima und Luft	65		
3.2.3 Wasser	69		
3.2.4 Materialverbrauch, Stoffe und Abfälle	73		
3.2.5 Energie	75		
3.2.6 Verkehr	78		
3.2.7 Boden, Landschaft, Biodiversität	80		
3.2.8 Zusammenfassende Übersicht internationaler Vergleich	82		
<b>4 Ursachenanalyse und Vertiefung für einzelne Umweltbereiche</b>	<b>84</b>		
4.1 Ursachenanalyse in der internationalen Literatur	84		
4.2 Vertiefungsbereich Klima	90		
4.2.1 Entwicklung klimarelevanter Emissionen nach Verursachergruppen	90		
4.2.2 Mögliche Auslöser für Veränderungen der CO <sub>2</sub> -Emissionen	94		
4.2.3 Dekompositionsanalyse	95		
4.2.4 Trends im Hinblick auf die Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen	108		
4.3 Vertiefungsbereich Luft	108		
4.3.1 Entwicklung der Luftschadstoffe nach Verursachergruppen	108		
4.3.2 Ursachenanalyse im Bereich Luft	111		
4.3.3 Trends im Hinblick auf die Entwicklung der Luftschadstoffkonzentrationen	116		
4.3.4 Fazit	116		
4.4 Vertiefungsbereich Natur und Landschaft	117		
4.4.1 Entwicklung von Natur und Landschaft mit Bezug zu Verursachergruppen	118		
4.4.2 Mögliche Auslöser für Veränderungen im Bereich Natur und Landschaft	123		
4.4.3 Dekompositionsanalyse	127		
4.4.4 Fazit Vertiefungsbereich Natur und Landschaft	132		
4.4.5 Trends im Hinblick auf Veränderungen im Bereich Natur und Landschaft	134		
4.5 Vertiefungsbereich Materialverbrauch	136		
4.5.1 Entwicklung des Materialverbrauchs mit Bezug zu Verursachergruppen	137		
4.5.2 Mögliche Auslöser für Veränderungen des Materialverbrauchs	139		
4.5.3 Dekompositionsanalyse	140		
4.5.4 Fazit Vertiefungsbereich Materialverbrauch	142		
4.5.5 Trends im Hinblick auf Veränderungen des Materialverbrauchs	143		
4.6 Ergebnisse aus den vier Vertiefungsbereichen: Fazit	144		
<b>5 Handlungsempfehlungen für eine Entkopplungsstrategie</b>	<b>147</b>		
5.1 Vertiefungsbereich Klima	147		
5.2 Vertiefungsbereich Luft	153		
5.3 Vertiefungsbereich Natur und Landschaft	154		
5.4 Vertiefungsbereich Materialverbrauch	158		
5.5 Fazit	160		
<b>6 Weiterer Forschungsbedarf</b>	<b>161</b>		
<b>Anhang</b>	<b>165</b>		
<b>Verzeichnisse</b>	<b>169</b>		
1 Literatur	169		
2 Datenquellen	178		



# Abstracts

E

Keywords:  
decoupling, economic  
growth, pollution,  
technological progress,  
structural change,  
environmental policy

Sustainable development requires absolute decoupling of economic growth from negative impacts on the environment, i.e. economic growth must continue without entailing further increases in emissions or environmental damage. Analyses of changes in Switzerland and other countries over the last 30 years indicate that this goal has generally not yet been reached. Decomposition analyses show that CO<sub>2</sub> emissions (from traffic), land use and material use are all correlated with economic growth. On the other hand, emissions of some major traditional air pollutants (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOCs and CO) have been substantially reduced despite economic growth. Therefore, environmental policy and other policies related to climate change, settlements and infrastructure should consider the existing efficiency options. To increase the efficiency of economic activities in terms of the use of fossil fuels, materials and land, environmental policy at all levels should emphasise the promotion of technological progress and structural change (with modal shifts in transport). There are opportunities to achieve decoupling, even in the areas of particular concern.

D

Stichwörter:  
Entkopplung, Wirtschaftswachstum,  
Umweltbelastung,  
technischer Fortschritt,  
Strukturwandel, Umweltpolitik

Das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung setzt eine absolute Entkopplung voraus: Die Emissionen bzw. die Umweltinanspruchnahme sollen dauerhaft zurückgehen, während das Wirtschaftswachstum gleichzeitig möglichst ungebremst bleibt. Wie die vorliegenden Analysen zu den Entwicklungen der letzten 30 Jahre in der Schweiz und in weiteren Ländern zeigt, konnte Entkopplung nur in einigen Umweltbereichen erreicht werden. Die Ursachenanalyse für vier verschiedene Vertiefungsbereiche zeigt, dass die Bereiche Klima (CO<sub>2</sub>), Flächeninanspruchnahme und Materialverbrauch im besonders grossen Umfang vom Wachstum der wirtschaftlichen Aktivitäten beeinflusst werden, während im Bereich der traditionellen Luftschadstoffe (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC, CO) das Wachstum von den Emissionen absolut entkoppelt werden konnte. Die Umweltpolitik sowie die betroffenen Politikbereiche aller föderalen Ebenen müssten also in den vom Wachstum stark beeinflussten Umweltbereichen umso effektiver sein, indem technischer Fortschritt und Strukturwandel (inkl. Modal-Shift im Verkehr) in einem solchen Ausmass gestaltet werden, dass sie den Wachstumseffekt überkompensieren und damit eine absolute Entkopplung einleiten.

**F** Le but d'un découplage si possible absolu de toutes les pollutions de la croissance économique est de réduire durablement les émissions ou les atteintes à l'environnement sans pour autant freiner la croissance économique. L'analyse des causes dans quatre secteurs différents a montré que, dans les secteurs du climat (CO<sub>2</sub>), de la nature et du paysage ainsi que de la consommation de matières, la croissance des activités économiques aggrave de manière significative la pollution, tandis que dans le secteur de l'air (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC, CO), l'effet de la croissance joue un rôle moindre. La politique environnementale doit être d'autant plus efficace dans les secteurs de l'environnement dominés par la croissance : les progrès techniques et les changements structurels (y compris la modification du choix modal en matière de circulation) doivent en effet être tels qu'ils puissent surcompenser l'effet de croissance.

Mots-clés:  
Découplage, croissance économique, pollution, progrès techniques, changements structurels, politique environnementale

**I** L'obiettivo di uno sviluppo sostenibile implica un disaccoppiamento totale tra crescita economica e sfruttamento delle risorse ambientali. Ciò presuppone una diminuzione durevole delle emissioni e dell'uso delle risorse naturali sulla base di una crescita economica illimitata. La presente analisi degli sviluppi degli ultimi trent'anni in Svizzera e in altri Paesi dimostra che un disaccoppiamento ha potuto essere realizzato soltanto in alcuni settori ambientali. Un'analisi causale in quattro differenti settori d'approfondimento mostra che la crescita delle attività economiche è andata di pari passo con un notevole peggioramento dei carichi ambientali nei settori clima (CO<sub>2</sub>), utilizzazione del suolo e consumo dei materiali, mentre nel settore degli inquinanti atmosferici tradizionali (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC, CO) è stato possibile disaccoppiare totalmente la crescita economica dall'andamento delle emissioni. La politica ambientale deve pertanto essere ancor più efficace nei settori fortemente influenzati dalla crescita economica, forzando il progresso tecnologico e favorendo i cambiamenti strutturali (inclusa l'intermodalità nell'ambito dei trasporti) in maniera tale da compensare ampiamente gli effetti negativi della crescita ed avviare quindi un disaccoppiamento totale.

Parole chiave:  
disaccoppiamento, crescita economica, inquinamento ambientale, progresso tecnologico, cambiamento strutturale, politica ambientale



# Vorwort

Umwelt und Wirtschaft sitzen im gleichen Boot. Ohne intakte Umwelt gibt es keinen Wohlstand. Die natürlichen Ressourcen sind eine unverzichtbare Grundlage für die Wirtschaft. Umgekehrt ist eine gesunde Wirtschaft die unerlässliche Voraussetzung für die effektive Umsetzung von Umweltschutzmassnahmen. Dennoch sind wirtschafts- und umweltpolitische Anliegen nicht immer einfach unter einen Hut zu bringen. Vertiefte Kenntnisse der gegenseitigen Wechselwirkungen sind deshalb unverzichtbar. Seit Jahren setzt das BUWAL bei der Ausgestaltung der Umweltpolitik auf Kooperation mit der Wirtschaft und wo immer möglich auf die Nutzung der Marktmechanismen, im Wissen, dass nur so wirksamer und kosteneffizienter Umweltschutz möglich ist.

Im Fokus der vorliegenden Studie steht der Einfluss des Wirtschaftswachstums auf die Umwelt. Gelingt Wirtschaftswachstum bei gleichzeitig abnehmender Umweltbelastung, so wird von Entkopplung gesprochen. In der Schweiz kann bisher nicht in allen Umweltbereichen derselbe Entkopplungserfolg verzeichnet werden. Etwa beim Klima oder dem Landschaftsverbrauch ist der negative Zusammenhang zwischen wirtschaftlichem Wachstum und Umweltqualität besonders ausgeprägt. Umso grössere Anstrengungen sind in solchen Bereichen nötig, um zu erreichen, dass der technische Fortschritt einerseits und der Strukturwandel andererseits den Wachstumseffekt überkompensieren. Die Experten empfehlen in erster Linie den Einsatz marktwirtschaftlicher Instrumente, wobei sie dafür auch neue Anwendungsfelder wie z.B. Flächennutzungszertifikate ins Auge fassen.

Die Untersuchung ist eine von sechs Studien des Projekts «Umwelt und Wirtschaft», in welchem folgende Fragestellungen untersucht wurden (in Klammer die beauftragten Expertenbüros):

- **Auswirkungen des Umweltschutzes auf BIP, Beschäftigung und Unternehmen**  
Erhöht oder dämpft die Umweltpolitik das Wirtschaftswachstum und die Beschäftigung? Welche Bedeutung hat Umweltschutz für Innovationen?  
(Infras/Fraunhofer Institut Systemtechnik und Innovationsforschung)
- **Wachstum und Umweltbelastung: Findet eine Entkopplung statt?**  
Welche Bedeutung hat das Wirtschaftswachstum für die Umwelt: Positiv, neutral oder als Verstärker der Umweltbelastungen?  
(Fachhochschule Solothurn/Ernst Basler + Partner)
- **Wettbewerb und Umweltpolitik in einer globalisierten Wirtschaft**  
Was kann die Schweiz im internationalen Rahmen bewirken, wie eigenständig soll und kann ihre Umweltpolitik in einer «globalisierten Welt» sein?  
(B,S,S. Volkswirtschaftliche Beratung)
- **Finanzmärkte und Umwelt**  
Welche Bedeutung hat der Finanzsektor (Vermögensverwalter, Banken, Vorsorgeeinrichtungen, (Rück-)Versicherungen) für die Umwelt? Wie können zukunftsorientierte Tendenzen durch geeignete Rahmenbedingungen gefördert werden?  
(BHP Brugger & Partner/onValues)
- **Konsequente Umsetzung des Verursacherprinzips**  
Wo ist das Verursacherprinzip (als grundlegendes wirtschaftliches Ordnungsprinzip) verletzt? Welches sind die Folgen, die Gegenmassnahmen und deren Wirkungen?  
(econcept/Infras)

- ***Machbarkeitsstudie «Evaluation der bisherigen Umweltpolitik»***  
Wie lässt sich Umweltpolitik evaluieren, insb. bezüglich Kosten-Wirksamkeit?  
(Interface Politikstudien)

Alle Teilstudien liegen in der Verantwortung der jeweiligen Autorinnen und Autoren und brauchen sich nicht mit der Haltung des BUWAL zu decken. Sie stehen zum kostenlosen Download bereit unter: [www.buwalshop.ch](http://www.buwalshop.ch).

In einem Synthesebericht fasst das BUWAL die wichtigsten Erkenntnisse zusammen und stellt damit auch die Bezüge zwischen den Studien her:

- ***«Wirtschaftliche Dimensionen der Umweltpolitik»***  
Synthesebericht aus den Forschungsarbeiten des Projekts «Umwelt und Wirtschaft». Wichtigste Erkenntnisse, Konsequenzen für Umwelt- und Wirtschaftspolitik (BUWAL)

Der Synthesebericht wird dem BUWAL als Grundlage zur Weiterentwicklung der Umweltpolitik dienen.

Bundesamt für Umwelt,  
Wald und Landschaft

*Dr. Bruno Oberle*  
*Vizedirektor BUWAL*

# Zusammenfassung

Der Einfluss des Wirtschaftswachstums auf die Umwelt ist seit Beginn der 90er Jahre anhand von statistischen Modellen untersucht worden. Die Hypothese, dass die Umweltbelastung in den frühen Phasen der wirtschaftlichen Entwicklung zunimmt, in späteren Phasen aber wieder abnimmt, wurde als «Environmental Kuznets Curve» (EKC) zur Diskussion gestellt und mit ökonometrischen Untersuchungen zu überprüfen versucht. Zusammenfassend lassen die Ergebnisse der EKC-Studien nicht den Schluss zu, dass allgemein die Umweltbelastung mit steigendem Einkommen abnimmt. Selbst für einzelne Schadstoffe kann dies nicht eindeutig konstatiert werden. Eine zumindest überwiegende empirische Evidenz, die den Schluss zulässt, dass wirtschaftliches Wachstum ab einer gewissen Höhe mit einer niedrigeren Emissionsentwicklung einhergeht, zeigt sich in erster Linie bei SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, Rauch und Staub. Dieser empirische Nachweis kann jedoch nicht ausschliessen, dass die Umweltentlastungen möglicherweise durch die Verlagerung von Umwelt belastenden Industrien in andere, insbesondere ärmere Länder erreicht wurden. Der Nachweis der EKC berücksichtigt zudem nicht die effektiven Umweltschäden, sondern nur die Emissionen bzw. Konzentrationen. So nützt der Rückgang der Emissionen ab einer bestimmten Einkommensschwelle wenig, wenn bereits irreversible Umweltschäden eingetreten sind. Letztgenannter Aspekt stellt jedoch nicht nur ein Problem im Zusammenhang mit der EKC-Hypothese dar, sondern ist generell bei Untersuchungen zur Entkopplung zu berücksichtigen.

Ein naheliegender Schluss für diejenigen Schadstoffe, für die die EKC-Hypothese bestätigt werden kann, wäre, dass sich diese Schadstoffe «automatisch» verringern, sobald nur ein bestimmter Stand der wirtschaftlichen Entwicklung erreicht bzw. überschritten ist. Dies würde heissen, dass das Einkommen als allein erklärender Faktor die Umweltbelastung beeinflusst. Wie in den Kapiteln 3 und 4 gezeigt, wird jedoch die Umweltbelastung durch mehrere Faktoren beeinflusst. Besonders zu erwähnen ist die Bedeutung einer aktiven Umweltpolitik als entscheidender Faktor für das Entstehen einer EKC, wie dies auch in einigen empirischen Studien erörtert wird. Dass die EKC-Studien diesen Faktor im Modell nicht berücksichtigen, ist als methodisches Problem zu werten. Ausserdem deuten weitere methodische Mängel der EKC-Studien darauf hin, dass das Einkommen nicht als allein erklärender Faktor, der den Umweltverbrauch beeinflusst, interpretiert werden kann. Somit ist klar, dass Umweltentlastung nicht «automatisch» eintritt, sobald nur eine bestimmte Einkommensschwelle überschritten ist. Vielmehr hängt dies noch von weiteren Einflussfaktoren ab.

Die folgende Tabelle gibt für die auf die Schweiz bezogenen Umweltindikatoren an, für welchen Indikator jeweils eine relative bzw. absolute Entkopplung von der Entwicklung des BIP festzustellen bzw. nicht festzustellen ist.

Tabelle A: Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung in der Schweiz.

Umweltbereich bzw. Indikator	Relative Entkopplung*	Absolute Entkopplung**
<b>Umweltbereich Klima</b>		
Emissionen von CO <sub>2</sub>	Ja	Nein
Emissionen von N <sub>2</sub> O	Ja	Nein
Emissionen von CH <sub>4</sub>	Ja, deutlich	Ja
<b>Umweltbereich Luft</b>		
Emissionen von CO	Ja, deutlich	Ja
Emissionen von SO <sub>2</sub>	Ja, deutlich	Ja
Emissionen von NO <sub>x</sub>	Ja	Weniger stark als bei den anderen Stoffen
Emissionen von NMVOC	Ja, deutlich	Ja
Immissionen von SO <sub>2</sub>	Ja, deutlich	Ja, deutlich
Immissionen von NO <sub>2</sub>	Ja, deutlich	Ja, deutlich
Immissionen von PM10	Ja, aber Immissionen steigen seit 2001	Ja, aber Immissionen steigen seit 2001
Immissionen von Ozon	Nein	Nein
<b>Umweltbereich Wasser</b>		
Trinkwasserverbrauch	Ja	Ja
Gewässerqualität Seen	Ja, bei den meisten Seen deutliche Entkopplung, bei anderen weniger (z.B. Sempacher See)	Ja, bei einigen Seen weniger starke Reduktionen (z.B. Sempacher See)
Gewässerqualität Flüsse (exemplarisch)	Ja, vorwiegend wg. BIP-Wachstum	Gering
BOD-Emissionen	Ja	Ja
Anschluss an ARA	Ja	Ja
<b>Umweltbereich Materialverbrauch, Stoffe, Abfälle</b>		
Verbrauch von Kies	Ja, aufgrund Strukturwandel	Geringfügige Verbrauchsreduktion
Verbrauch von Zement	Ja, aufgrund Strukturwandel	Ja
Verbrauch von Kunststoff	Nein	Nein
Verbrauch von Holz	Nein	Nein
Menge Siedlungsabfälle	Nein	Nein
Anfall Sonderabfälle	Nein	Nein
Exporte von Sonderabfällen	Nein	Nein
Wiederverwertungsquote	Ja	Ja
<b>Umweltbereich Energie</b>		
Bruttoenergieverbrauch	Nein	Nein
Endenergieverbrauch	Nein	Nein
Erneuerbare Energien	Ja	Ja
<b>Umweltbereich Lärm</b>		
Lärmbelastung durch Strassenverkehr	Aussage nicht sinnvoll	Keine Fortschritte zwischen 1980 und 1985
Anzahl Flugbewegungen	Nein	Nein
<b>Umweltbereich Boden, Landschaft, Biodiversität</b>		
Verbrauch von Pflanzenschutzmitteln	Ja, aber Wirksamkeit der Mittel ist stärker und wird nicht ausgewiesen	Ja, aber Wirksamkeit der Mittel ist stärker und wird nicht ausgewiesen
Verbrauch von Düngemitteln	Ja: Verbrauch von Phosphor und von Reinkalidünger Nein: Verbrauch von Reinstickstoff	Ja: Verbrauch von Phosphor und von Reinkalidünger Nein: Verbrauch von Reinstickstoff
Entwicklung Siedlungsflächen	Nein	Nein
Veränderung rote Listen	Nein	Nein
Geschützte Flächen	(Ja), Aussage nicht sinnvoll	Ja

\* Umweltbelastungen haben in geringerem Ausmass als das BIP zugenommen.

\*\* Umweltbelastungen sind rückläufig, d.h. es gab Fortschritte bei der Verminderung von Emissionen bzw. des Verbrauchs seit 1970 (bzw. frühestem betrachtetem Wert).

Im Vergleich mit fünf anderen ausgewählten Industrieländern verzeichnet die Schweiz die geringsten Entkopplungsfortschritte (Tabelle B). Dies ist zum einen auf ihre in vielen Bereichen bereits vorhandene, relativ geringe Umweltintensität zurückzuführen, zum anderen auf das stärkere BIP-Wachstum der anderen Länder. Das Ergebnis weist jedoch auch darauf hin, dass die Umweltpolitik in der Schweiz weiterentwickelt werden sollte, damit die international in vielen Bereichen relativ geringe Umweltintensität gehalten werden kann. Nicht nur in der Schweiz, sondern auch in den anderen Ländern fehlen Entkopplungsfortschritte in den Bereichen Klima (Ausnahme: Sondersituation in Deutschland), Energie, Verkehr und Siedlungsabfälle.

Tabelle B: Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung, internationaler Vergleich

Bereich bzw. Indikator in Relation zum BIP (Umweltintensität des BIP)	Typ	Relative Entkopplung						Position bez. Fortschritten bei der Verminderung der Umweltintensität des BIP*						Absolute Entkopplung**					
		Land						Land						Land					
		Ö	D	J	N	CH	US	Ö	D	J	N	CH	US	Ö	D	J	N	CH	US
<b>Bereich Klima und Luft</b>																			
Emissionen von CO <sub>2</sub> /BIP	P	ja	ja	ja	ja	ja	ja	2	k.A.	4	3	5	1	nein	ja	nein	nein	nein	nein
Emissionen von SO <sub>2</sub> /BIP	P	ja	ja	ja	ja	ja	ja	1	2	6	3	4	5	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Emissionen von NO <sub>x</sub> /BIP	P	ja	ja	ja	ja	ja	ja	3	1	5	6	2	4	ja	ja	nein	nein	ja	nein
<b>Bereich Wasser</b>																			
Frischwasserverbrauch/BIP	D	ja	ja	ja	k.A.	ja	ja	4	3	2	k.A.	5	1	nein	ja	nein	nein	ja	ja
BOD-Emissionen/BIP	P	ja	ja	ja	ja	ja	ja	2	ZV	4	3	ZV	1	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Anschlussgrad ARA/BIP***	R	ja	nein	ja	ja	ja	nein	1	5	3	2	4	6	ja	nein	ja	ja	ja	nein
<b>Bereich Materialverbrauch, Stoffe, Abfälle</b>																			
Siedlungsabfall/BIP	P	ZV	ZV	ja	nein	nein	ja	ZV	ZV	1	3	4	2	nein	nein	nein	nein	nein	nein
<b>Bereich Energie</b>																			
Primärenergieeinsatz/BIP	P	ja	ja	ja	ja	nein	ja	4	2	5	3	6	1	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Elektrizitätsverbrauch/BIP	D	nein	nein	nein	ja	nein	nein	4	2	5	1	6	3	nein	nein	nein	nein	nein	nein
<b>Bereich Verkehr</b>																			
Gefahrenre Strassenkm./BIP	D	nein	nein	nein	nein	nein	nein	4	6	5	2	3	1	nein	nein	nein	nein	nein	nein
<b>Bereich Boden, Landschaft, Biodiversität</b>																			
Düngemittelverbrauch/BIP	P	ja	ja	ja	ja	ja	ja	1	2	2	4	6	6	ja	ja	ja	nein	ja	nein
Geschützte Flächen/BIP***	R	ja	ja	ja	(ja)	ja	ja	3	2	5	6	1	4	ja	ja	ja	nein	ja	ja

\* Entsprechend den jeweils aktuellsten Indexwerten, tiefster = bester Wert (am meisten Fortschritte gegenüber dem ältesten Wert bedeutet Platz 1, höchster = schlechtester Wert (am wenigsten Fortschritte gegenüber dem ältesten Wert bedeutet Platz 6).

\*\* Reduktion der absoluten Umweltbelastung (aktuellster Wert im Vergleich zum ältesten Wert).

\*\*\* Entkopplung wird bei den Response-Indikatoren sinngemäss als stärkeres Wachstum als das BIP verstanden.

k.A. Keine Angabe,

ZV Zeitraum nicht mit anderen vergleichbar

Welche Erklärungen gibt es für die beobachteten Zusammenhänge zwischen Wirtschaftswachstum und den verschiedenen Umweltbelastungen in der Schweiz? Die Verfechter der EKC-Hypothese geben autonomen technischen Fortschritt, autonomen Strukturwandel und wachsendes Umweltbewusstsein als Erklärungen dafür an, dass Entkopplung endogen durch den Wachstumsprozess entstehen kann. Alle drei Erklärungsansätze können jedoch der an ihnen geübten Kritik nicht standhalten. Die Literatur ist sich weitgehend einig, dass Umweltpolitik als entscheidender Faktor gilt, der den im Hinblick auf eine Entkopplung nötigen technischen Fortschritt bzw. Strukturwandel auslöst.

Neben der Förderung des umweltschonenden technischen Fortschritts und des Strukturwandels kann Umweltpolitik auch eine Änderung der Lebensstile auslösen. Diese wiederum begünstigt eine Entkopplung, sofern die neuen Konsummuster nicht im gleichen Ausmass das Wirtschaftswachstum beeinträchtigen.

Eine zusammenfassende Beurteilung der Literatur zu theoretischen Erklärungsansätzen, die eine Entkopplung begünstigen, lässt den Schluss zu, dass Umweltpolitik eine notwendige Bedingung für die Entkopplung ist.

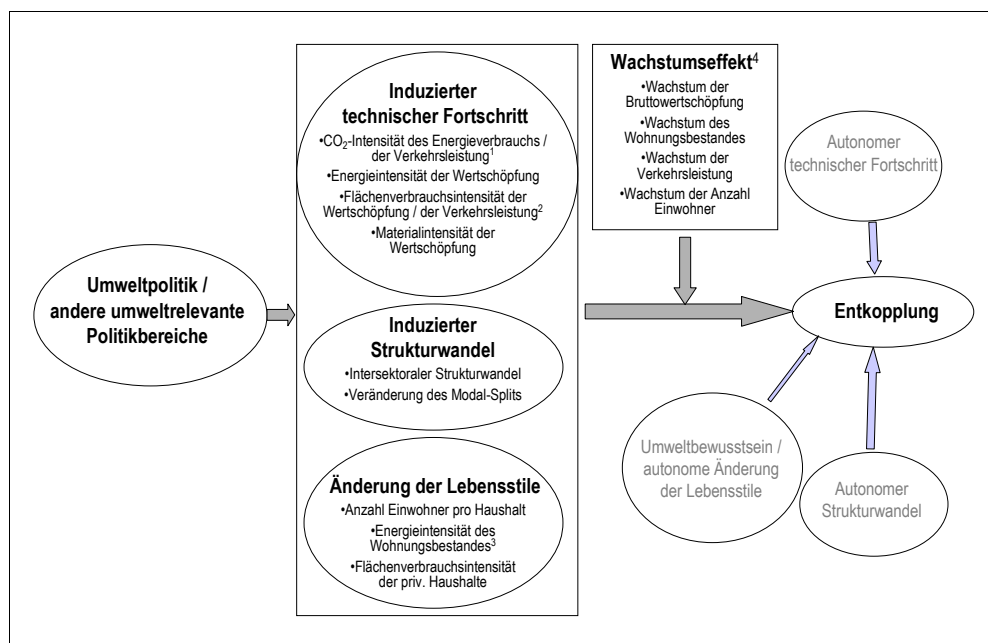


Abb. A:  
Methodik für die Analyse der Entkopplung in den Vertiefungsbereichen.

Anmerkungen:

1. Die CO<sub>2</sub>-Intensität der Verkehrsleistung kann vom technischen Fortschritt (Motorentechnik) oder von der Auslastung der Fahrzeuge beeinflusst werden.
2. Von der Logik her gehören die Effekte «Flächenverbrauchsintensität der Wertschöpfung» und «Flächenverbrauchsintensität der Verkehrsleistung» zum (induzierten) technischen Fortschritt. Bisher war allerdings im Gegensatz zu den klassischen Umweltbelastungen (Abfälle und Emissionen) die Flächeneinsparung kaum Ziel von technischen Neuerungen.
3. Die Energieintensität des Wohnungsbestandes kann von einer Änderung der Lebensstile, aber auch vom technischen Fortschritt (Heiz-, Gebäudetechnik) beeinflusst werden.
4. Das Wachstum der Aktivitäten kann auch von der Umweltpolitik beeinflusst werden. Das primäre Ziel einer erfolgreichen Entkopplungsstrategie ist jedoch die Beeinflussung von technischem Fortschritt und Strukturwandel.

Das methodische Grundgerüst für die Analyse der Entkopplung in den Vertiefungsbereichen Klima, Luft, Natur und Landschaft und Materialverbrauch ist in Abbildung A dargelegt. Wo jeweils möglich und sinnvoll, wird die Methode der Dekompositionsanalyse verwendet. Die einzelnen Faktoren der Dekompositionsanalyse können den drei Hauptfaktoren für eine Entkopplung – technischer Fortschritt, Strukturwandel und Änderung der Lebensstile – zugeordnet werden. Anhand der Dekompositionsanalyse wird der Einfluss möglicher vorgelagerter Ursachen, insbesondere (umwelt-)politischer Massnahmen und Preisentwicklungen, analysiert. Insbesondere wird gezeigt, wie die Umweltpolitik einen massgeblichen Einfluss auf den technischen Fortschritt, den Strukturwandel und – bisher in einem kleineren Ausmass – auf eine Änderung der Lebensstile ausüben kann.

#### **Vertiefungsbereich Klima**

Die Ursachenanalyse im Klimabereich zeigt, dass die Nicht-Entkopplung von CO<sub>2</sub>-Emissionen und Wirtschaftswachstum mit einem den technischen Fortschritt und den Strukturwandel dominierenden Wachstum der wirtschaftlichen Aktivitäten, insbesondere der Zunahme der Verkehrsleistungen, begründet werden kann. Bisherige Energieeffizienzsteigerungen in Wirtschaft, Verkehr und Haushalten reichen nicht aus, um das Wachstum der Aktivitäten (Wertschöpfung, Verkehrsleistungen, Wohnungsbestand) und die hiermit verbundene Energie- und Emissionszunahme auszugleichen. Ausserdem hat insbesondere im Güterverkehr im Untersuchungszeitraum eine Veränderung des Modal-Splits zugunsten der Strasse stattgefunden. Die Zukunftstrends lassen eine weitere Zunahme der Aktivitäten, die Treibhausgasemissionen verursachen, erwarten.

Eine erfolgreiche Entkopplungsstrategie, die die wirtschaftlichen Aktivitäten nicht abbremst, bedingt, dass der emissions- und energiesparende technische Fortschritt und der Strukturwandel (inkl. Änderung des Modal-Splits im Verkehr zugunsten der Schiene) so stark forciert werden, dass sie gemeinsam den Wachstumseffekt überkompensieren können.

Welche Politik eignet sich für diese Strategie? Zentraler Bestandteil ist die im CO<sub>2</sub>-Gesetz bereits definierte, aber noch nicht eingeführte CO<sub>2</sub>-Abgabe. Damit würden die Verursacher direkter CO<sub>2</sub>-Emissionen in allen Sektoren erfasst, und die Entscheidung, wo die Emissionen am kostengünstigsten reduziert werden können, würde vom Markt gefällt. Diese Strategie kann von flankierenden Massnahmen in den einzelnen Sektoren, insbesondere im Verkehrsbereich, begleitet werden.

#### **Vertiefungsbereich Luft**

Aus der Ursachenanalyse im Bereich Luft geht hervor, dass bei den Emissionen von NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC und SO<sub>2</sub> für die meisten Verursacherguppen eine absolute Entkopplung stattgefunden hat. Hingegen kann bei der Ozonimmission (Sommermog) noch keine Entkopplung zum Wirtschaftswachstum festgestellt werden. Die PM<sub>10</sub>-Belastungen sind seit 2001 wieder steigend. Diese Entwicklung hängt eng mit dem starken Anstieg des Absatzes von Dieselöl ab ca. 2000 und mit den erst in der Markteinführungsphase befindlichen Technologien zur Umwandlung und Filterung der schädlichen Emissionen zusammen. Die Zukunftstrends weisen auf eine Abnahme der Luftschadstoffkonzentrationen (mit Ausnahme von Ozon) hin.

Für eine Entkopplung des Wirtschaftswachstums von den Ozon- und einer weiteren Reduktion der PM<sub>10</sub>-Belastungen bedarf es der raschen Diffusion der Katalysator-technik im Lkw-Verkehr und des Einbaus von Partikelfiltern im gesamten Dieselfahrzeugbetrieb. Beide Techniken sind wirksamer als die Einhaltung der Emissionsstufe EURO4. Die Euro-Abgasnormen gelten zudem einzig für neu zugelassene Fahrzeuge. Die Entkopplung wird aber nur dann in absehbarer Zeit erreicht werden können, wenn nicht nur die Neuwagen, sondern auch der Fahrzeugbestand mit diesen Technologien ausgerüstet werden. Anreize für die Technikdiffusion bieten die Differenzierung der LSV und der Motorfahrzeugsteuer nach dem Schadstoffausstoss.

#### **Vertiefungsbereich Natur und Landschaft**

Eine Entkopplung des Wirtschaftswachstums vom Verbrauch von Natur und Landschaft hat nicht stattgefunden. Am Beispiel des Flächenverbrauchs wird gezeigt, wie der Wachstumseffekt im Bereich der Siedlungsflächen bei Weitem nicht durch Effizienzsteigerungen (Abnahme des Flächenverbrauchseffekts) aufgefangen werden konnte. Im Gegenteil hat die Flächennutzungsintensität (ausser im Verkehrsbe- reich) abgenommen. Festzuhalten ist, dass es darum gehen muss, das Wachstum der Siedlungsfläche zu begrenzen und vorhandene Flächen effizient zu nutzen. Die folgenden Ursachen haben sich als wesentlich für den Flächenverbrauch herausge- stellt:

- Industrie, Dienstleistungen, Landwirtschaft: kaum reale Preissteigerungen für Industrie-, Gewerbe- und Büroflächen,
- Verkehr: Verkehrsmengenwachstum Strasse
- Haushalte:
  - Lebensstile: Zunahme der Einpersonenhaushalte und Anspruch auf grössere Wohnflächen,
  - kaum reale Preissteigerungen für Wohngebäude
- Ländlicher/städtischer Raum:
  - zunehmende Verstädterung der Schweiz,
  - geringer Zwang zum sparsamen Umgang mit Flächen im ländlichen Raum aufgrund geringerer Flächenknappheit und tiefer realer Baupreise.

Bestehende politische Instrumente haben kaum zur Entkopplung von Flächenverbrauch und Wirtschaftswachstum beitragen können. Gegenwärtige Trends lassen erwarten, dass in der Zukunft diejenigen Aktivitäten, welche die landschaftliche und biologische Vielfalt beeinträchtigen und zu einer Reduktion der kultur- bzw. naturnahen Flächen führen, weiter zunehmen. Wir empfehlen für die weitere Dis- kussion, verschiedene Instrumente zu operationalisieren und ihre potenziellen Auswirkungen auf Umwelt und Wachstum näher zu analysieren. Im Vordergrund stehen:

- Einrichtung neuer Natur- und Nationalparks sowie Förderung des naturnahen Tourismus und der biologischen Landwirtschaft mit integrierten Projekten.
- Flächennutzungszertifikate, welche die Menge an Boden bzw. Fläche, die über- baut werden dürfte, begrenzen, und Flächenverbrauchsabgaben.



Flächennutzungszertifikate und Flächenverbrauchsabgaben werden in der Literatur als potenziell sehr wirksam für eine Verminderung des Flächenverbrauchs diskutiert. Derartige Instrumente müssten so operationalisiert werden, dass sie mindestens wachstumsneutral wirken. Ausserdem sollten die Abgaben staatsquotenneutral ausgestaltet werden.

**Vertiefungsbereich  
Materialverbrauch**

Der Materialverbrauch der Schweiz wurde mit Hilfe der von Eurostat entwickelten Materialflussanalyse (MFA) betrachtet. Mit der MFA besteht seit kurzem eine Methode, die über wenige aggregierte physische Grössen die Stoffströme von Primärmaterial aufzeigt. Die vertiefte Analyse zeigt, dass die Materialintensität bei industriellen Mineralien gegenüber 1980 nur sehr geringfügig, bei Baustoffen jedoch stärker zugenommen hat und Baustoffe zugleich eine grosse Bedeutung für die MFA der Schweiz haben, dass Preissteigerungen in der Vergangenheit zu gering waren, um den Materialverbrauch zu bremsen, dass eine Integrierte Produktpolitik (IPP), welche die «Entschlankung» des Materialverbrauchs nachhaltig voranbringt, in der Schweiz erst seit kurzem besteht und noch weiter ausbaufähig ist.

Gegenwärtige Trends lassen erwarten, dass in der Zukunft diejenigen Aktivitäten, die den Materialverbrauch erhöhen, zunehmen. Soll eine Entkopplung zwischen Materialverbrauch und Wirtschaftswachstum erreicht werden, sind verschiedene Massnahmen zu empfehlen, die sich auf folgende drei allgemeine Strategien zurückführen lassen:

1. Erhöhen der Ressourceneffizienz (bzw. Vermindern der Materialintensität) über den gesamten Lebenszyklus hinweg (Herstellung inkl. Vorstufen, Transport, Verwendung und Entsorgung),
2. Integration von wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Aspekten im Rahmen der Festigung bzw. Etablierung einer integrierten Produktpolitik (IPP),
3. Verstärkter Einsatz von erneuerbaren Ressourcen.

**Allgemeine  
Handlungsempfehlungen**

Das Ziel einer möglichst absoluten Entkopplung aller Umweltbelastungen vom wirtschaftlichen Wachstum setzt voraus, dass die Emissionen bzw. die Umweltinanspruchnahme dauerhaft sinken, und das Wirtschaftswachstum gleichzeitig möglichst ungebremst bleibt. Die Ursachenanalyse für vier verschiedene Vertiefungsbereiche hat gezeigt, dass in den Bereichen Klima, Natur und Landschaft sowie Materialverbrauch das Wachstum der wirtschaftlichen Aktivitäten einen bedeutenden negativen Einfluss auf die Entwicklung der jeweiligen Umweltbelastung ausübt, während im Bereich Luft der Wachstumseffekt eine untergeordnete Rolle spielt. In den Bereichen Flächenverbrauch und Materialverbrauch werden die ökologisch negativen Auswirkungen des Wachstumseffekts durch eine verminderte Nutzungseffizienz zusätzlich verstärkt.

Die Umweltpolitik muss also in den vom Wachstum dominierten Umweltbereichen umso effektiver sein, d.h. der technische Fortschritt und Strukturwandel (inkl. Modal-Shift im Verkehr) müssten in einem solchen Ausmass forciert werden, dass sie den Wachstumseffekt überkompensieren. Die wirtschaftlichen Aktivitäten sollten dabei nicht gebremst, sondern vielmehr in eine umweltgerechte Richtung gelenkt werden. Durch das Auslösen von Innovations- und Investitionsprozessen

kann das wirtschaftliche Wachstum sogar beschleunigt werden. Die umweltpolitischen Massnahmen für eine erfolgreiche Entkopplungsstrategie werden demnach sowohl an ihrer hohen Wirksamkeit als auch an ihrer wirtschaftlichen Effizienz gemessen.

Diese Strategie beinhaltet demnach in erster Linie den Einsatz marktwirtschaftlicher Instrumente des Umweltschutzes als Beitrag zu einer effizienzorientierten Umweltpolitik. Dass ökonomische Instrumente trotz ihres beginnenden Einsatzes ab dem Ende der 90er Jahre noch immer nicht ausreichend zur Anwendung kommen, wird in der Ursachenanalyse für die Vertiefungsbereiche sehr gut deutlich: Die Zunahme der Umweltbelastung spiegelt sich nicht oder nicht vollständig in Preisveränderungen wider. Erst wenn der Internalisierungsgrad in allen problematischen Umweltbereichen ansteigt, wird die angestrebte Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung erreichbar sein. Hält die umfassende Internalisierung darüber hinaus auch dauerhaft an, so kann der langfristige Wachstumsprozess mit Umweltentlastungen einhergehen.

**Weiterer  
Forschungsbedarf**

Weiterer Forschungsbedarf liegt primär bei der Konkretisierung der vorgeschlagenen Instrumente und Massnahmen vor. Insbesondere sollen vor einer Einführung der im Vordergrund stehenden Instrumente folgende Aspekte näher untersucht werden:

- Evaluation aller bisherigen umweltpolitischen Instrumente hinsichtlich ihrer Wirkungen auf Umweltqualität und Wirtschaftswachstum,
- Prüfung der erwarteten Wirkungen der vorgeschlagenen Instrumente (ex-ante-Analyse über zu erwartende Wirkungen hinsichtlich Verbesserung der Umweltqualität und Wirkung auf das Wirtschaftswachstum), welche stark abhängig von ihrer konkreten Ausgestaltung sind,
- Prüfung der politischen Akzeptanz der vorgeschlagenen Instrumente,
- konkrete Operationalisierung der Instrumente.

Weitere relevante Forschungsfragen mit Bezug auf die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung sind:

- Die Analyse weiterer Vertiefungsbereiche (Lärm, Wasser),
- vertiefende Analyse der Zukunftstrends und Entwicklung langfristiger Szenarien insb. im Hinblick auf umweltrelevante Aktivitäten.

# Résumé

L'influence de la croissance économique sur l'environnement est étudiée depuis le début des années 90 à l'aide de modèles statistiques. L'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets (CEK), selon laquelle la pollution augmente pendant les phases précoces du développement économique mais diminue par la suite, est discutée, et des études économétriques ont été menées pour la vérifier. En résumé, les résultats des études ne confirment pas d'une façon générale que la pollution diminue avec l'augmentation des revenus. Cela n'a pas non plus été constaté clairement pour des polluants isolés. L'une des conclusions est du moins une évidence empirique majeure : à partir d'un certain niveau de croissance économique, les émissions augmentent moins vite; c'est le cas notamment du SO<sub>2</sub>, du NO<sub>x</sub>, du CO, de la fumée et de la poussière. Pourtant, cette preuve empirique ne permet pas d'exclure que la pollution puisse être produite par le transfert des industries polluantes vers d'autres pays, en particulier vers les pays pauvres. De plus, la CEK ne tient pas compte des dommages écologiques effectifs mais seulement des émissions ou des concentrations. La diminution des émissions est donc peu utile à partir d'un certain seuil de revenu si des dommages écologiques irréversibles se sont déjà produits. Ce dernier aspect ne présente pas seulement un problème en rapport avec l'hypothèse de la CEK, mais il doit être pris en compte de manière générale lors des recherches sur le découplage.

Pour les polluants pour lesquels l'hypothèse de la CEK peut être confirmée, il semble plausible que ces polluants diminuent « automatiquement » dès qu'un certain niveau de développement économique est atteint ou dépassé. Ceci signifierait que le revenu influence la pollution en tant que facteur simple. Comme indiqué dans les chapitres 3 et 4, la pollution est pourtant influencée par plusieurs facteurs. Il convient de mentionner en particulier l'importance d'une politique environnementale active en tant que facteur décisif pour obtenir une CEK, ce qui est discuté dans certaines études empiriques. Le fait que les études sur la CEK ne tiennent pas compte de ce facteur dans leur modèle doit être considéré comme un problème méthodologique. De plus, d'autres défauts méthodologiques portent à croire que le revenu n'est pas le seul facteur explicatif influençant la consommation des ressources. Il est donc clair que la pollution de l'environnement ne diminue pas « automatiquement » dès qu'un certain seuil de revenu est dépassé. Ceci dépend de bien d'autres facteurs.

Le tableau suivant présente les indicateurs environnementaux relatifs à la Suisse et indique s'il y a ou non un lien entre un indicateur et l'évolution du PIB.

Tableau A : Découplage entre croissance économique et pollution en Suisse.

Secteur de l'environnement ou indicateur	Type*	Découplage relatif**	Découplage absolu***
<b>Secteur de l'environnement : climat</b>			
Emissions de CO <sub>2</sub>	P	Oui	Non
Emissions de N <sub>2</sub> O	P	Oui	Non
Emissions de CH <sub>4</sub>	P	Oui, clairement	Oui
<b>Secteur de l'environnement : air</b>			
Emissions de CO	P	Oui, clairement	Oui
Emissions de SO <sub>2</sub>	P	Oui, clairement	Oui
Emissions de NO <sub>x</sub>	P	Oui	Moins fort que pour les autres substances
Emissions de NMVOC	P	Oui, clairement	Oui
Nuisances par SO <sub>2</sub>	S	Oui, clairement	Oui, clairement
Nuisances par NO <sub>2</sub>	S	Oui, clairement	Oui, clairement
Nuisances par PM10	S	Oui mais les nuisances augmentent depuis 2001	Oui mais les nuisances augmentent depuis 2001
Nuisances par l'ozone	S	Non	Non
<b>Secteur de l'environnement : eau</b>			
Consommation en eau courante	D	Oui	Oui
Qualité de l'eau des lacs	S	Oui, découplage distinct pour la plupart des lacs, moins pour les autres (par ex. lac de Sempach)	Oui, des réductions moins fortes pour quelques lacs (par ex. lac de Sempach)
Qualité de l'eau des rivières (exemplaire)	S	Oui, surtout à cause de la croissance du PIB	Faible
Emissions de DOB	S	Oui	Oui
Raccordement aux STEP	R	Oui	Oui
<b>Secteur de l'environnement : consommation de matières, substances, déchets</b>			
Consommation de gravier	D	Oui à cause du changement structurel	Réduction de consommation minimale
Consommation de ciment	D	Oui à cause du changement structurel	Oui
Consommation de plastique	D	Non	Non
Consommation de bois	D	Non	Non
Quantité de déchets urbains	P	Non	Non
Quantité de déchets spéciaux	P	Non	Non
Exportation de déchets spéciaux	I	Non	Non
Taux de recyclage	R	Oui	Oui
<b>Secteur de l'environnement : énergie</b>			
Consommation d'énergie brute	P	Non	Non
Consommation d'énergie finale	P	Non	Non
Energies renouvelables	R	Oui	Oui
<b>Secteur de l'environnement : bruit</b>			
Pollution sonore par la circulation routière	S	Expression non sensée	Pas de progrès entre 1980 et 1985
Nombre de mouvements de vol	D	Non	Non
<b>Secteur de l'environnement : sol, paysage, biodiversité</b>			
Consommation de produits phytosanitaires	D	Oui mais l'efficacité des produits est plus forte ce qui n'est pas exprimé dans les chiffres	Oui mais l'efficacité des produits est plus forte ce qui n'est pas exprimé dans les chiffres
Consommation d'engrais	D	Oui : Consommation de phosphore et d'engrais de potasse pur Non : Consommation d'azote pur	Oui : Consommation de phosphore et d'engrais de potasse pur Non : Consommation d'azote pur
Développement des espaces urbains	S	Non	Non
Modifications des listes rouges	I	Non	Non
Espaces protégés	R	(Oui), expression non sensée	Oui

\* Type d'indicateur : Indicateur de poussée (D), de pression (P), d'état (S), d'impact (I) ou de réponse (R). Pour les indicateurs de réponse, « découplage : Oui » signifie que l'indicateur de réponse a augmenté davantage que le PIB.

\*\* La pollution a moins augmenté que le PIB.

\*\*\* La pollution est en baisse, c'est-à-dire qu'il y a eu des progrès entraînant une diminution des émissions ou de la consommation depuis 1970 (ou valeur considérée plus tôt).

Par rapport aux cinq autres pays industrialisés sélectionnés, la Suisse enregistre les plus faibles progrès en termes de découplage (tableau B). Ceci est dû, d'une part, à l'intensité environnementale relativement faible et déjà existante dans beaucoup de secteurs et, d'autre part, à la forte croissance du PIB des autres pays. Le résultat indique pourtant que la politique environnementale de la Suisse doit être développée pour que l'intensité environnementale relativement faible puisse être maintenue dans de nombreux secteurs au niveau international. En Suisse et dans d'autres pays, les progrès de découplage font défaut dans les secteurs du climat (à l'exception de la situation particulière en Allemagne), de l'énergie, des transports et des déchets urbains.

Tableau B : Découplage entre croissance économique et pollution, comparaison internationale.

Secteur ou indicateur en relation avec le PIB (intensité environnementale du PIB)	Type	Découplage relatif						Position concernant les progrès pour la réduction de l'intensité environnementale du PIB*						Découplage absolu**					
		Pays						Pays						Pays					
		A	D	J	N	CH	US	A	D	J	N	CH	US	A	D	J	N	CH	US
<b>Secteur climat et air</b>																			
Emissions de CO <sub>2</sub> /PIB	P	oui	oui	oui	oui	oui	oui	2	n.i.	4	3	5	1	non	oui	non	non	non	non
Emissions de SO <sub>2</sub> /PIB	P	oui	oui	oui	oui	oui	oui	1	2	6	3	4	5	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Emissions de NO <sub>x</sub> /PIB	P	oui	oui	oui	oui	oui	oui	3	1	5	6	2	4	oui	oui	non	non	oui	non
<b>Secteur eau</b>																			
Consommation d'eau fraîche/PIB	D	oui	oui	oui	n.i.	oui	oui	4	3	2	n.i.	5	1	non	oui	non	non	oui	oui
Emissions de DOB/PIB	P	oui	oui	oui	oui	oui	oui	2	PC	4	3	PC	1	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Degré de raccordement à l'ARA/PIB***	R	oui	non	oui	oui	oui	non	1	5	3	2	4	6	oui	non	oui	oui	oui	non
<b>Secteur consommation de matières, substances, déchets</b>																			
Déchets urbains/PIB	P	PC	PC	oui	non	non	oui	PC	PC	1	3	4	2	non	non	non	non	non	non
<b>Secteur énergie</b>																			
Utilisation d'énergie primaire/PIB	P	oui	oui	oui	oui	non	oui	4	2	5	3	6	1	non	non	non	non	non	non
Consommation d'électricité/PIB	D	non	non	non	oui	non	non	4	2	5	1	6	3	non	non	non	non	non	non
<b>Secteur transports</b>																			
Km parcourus/PIB	D	non	non	non	non	non	non	4	6	5	2	3	1	non	non	non	non	non	non
<b>Secteur sol, paysage, Biodiversité</b>																			
Consommation d'engrais/PIB	P	oui	oui	oui	oui	oui	oui	1	2	2	4	6	6	oui	oui	oui	non	oui	non
Espaces protégés/PIB***	R	oui	oui	oui	(oui)	oui	oui	3	2	5	6	1	4	oui	oui	oui	non	oui	oui

\* correspond aux valeurs indicatives actuelles, valeur la plus basse = la meilleure (le plus fort progrès par rapport aux anciennes valeurs correspond à la place 1), valeur la plus haute = la plus mauvaise (moins de progrès par rapport aux anciennes valeurs correspond à la place 6).

\*\* Réduction de la pollution absolue (valeur la plus actuelle par rapport aux anciennes valeurs).

\*\*\* Pour les indicateurs de réponse, il y a découplage si l'indicateur augmente plus fortement que le PIB.

n.i. on indiqué

C Période non comparable aux autres

Comment expliquer les liens observés entre la croissance économique et les différentes pollutions en Suisse ? Pour les partisans de l'hypothèse de la CEK, les progrès techniques autonomes, les changements structurels autonomes et le respect croissant de l'environnement expliquent que le découplage endogène puisse naître du processus de croissance. Ces trois explications ne résistent toutefois pas à la critique. La littérature spécialisée est dans l'ensemble d'accord sur le fait que la politique environnementale est un facteur décisif aboutissant aux progrès techniques ou aux changements structurels nécessaires au découplage.

La politique environnementale peut non seulement promouvoir des progrès techniques ménageant l'environnement et des changements structurels, mais aussi provoquer des modifications du mode de vie. Ce qui, encore une fois, favorise le découplage, à condition que les nouveaux modèles de consommation ne nuisent pas avec la même ampleur à la croissance économique.

La littérature spécialisée traitant des théories expliquant le découplage arrive à la conclusion que la politique environnementale est une condition nécessaire au découplage.

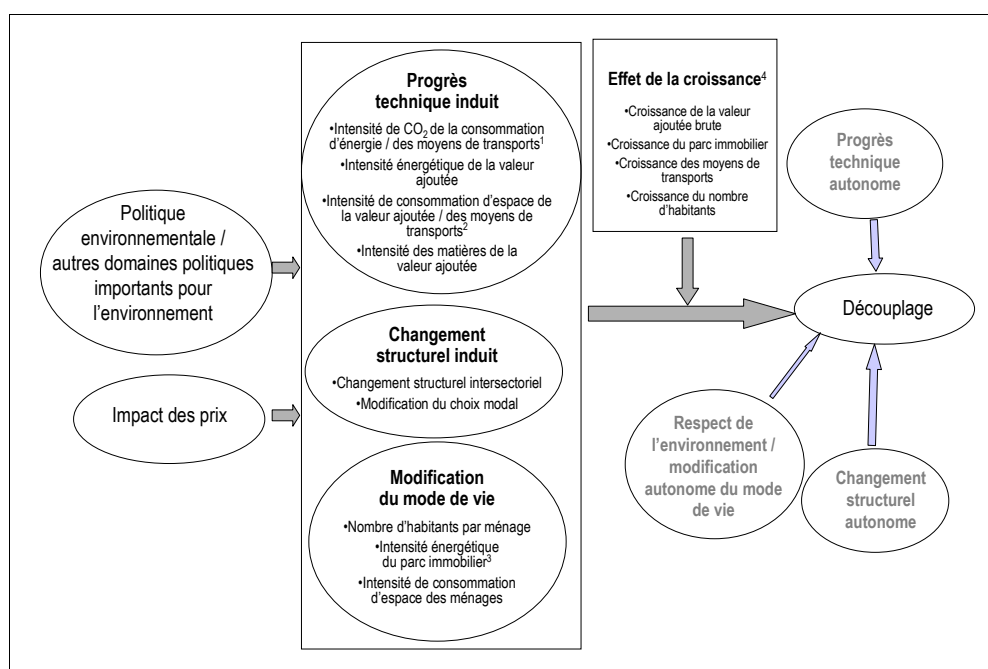


Figure A:  
Méthode d'analyse du découplage dans les secteurs d'approfondissement.

Remarques :

1. L'intensité de CO<sub>2</sub> des prestations de transport peut être influencée par les progrès techniques (technique des moteurs) ou par une meilleure utilisation de la capacité des véhicules.
2. Logiquement, les effets de « consommation d'espace de la valeur ajoutée » et de « consommation d'espace des prestations de service » font partie des progrès techniques (induits). Jusqu'à présent, l'économie d'espace n'était guère un objectif des nouveautés techniques, contrairement à la pollution classique (déchets et émissions).
3. L'intensité énergétique du parc immobilier peut être influencée par une modification du mode de vie mais aussi par les progrès techniques (technique de chauffage, des bâtiments).
4. La croissance des activités peut aussi être influencée par la politique environnementale. Mais la stratégie de découplage vise avant tout à influencer sur les changements structurels.

La base méthodologique pour l'analyse du découplage dans les secteurs du climat, de l'air, de la nature et du paysage, ainsi que de la consommation de matières sont exposées dans l'illustration A. La méthode d'analyse de la décomposition est utilisée là où elle est possible et judicieuse. Chaque facteur de l'analyse de la décomposition peut être classé parmi les trois facteurs principaux du découplage : le progrès technique, le changement structurel et la modification du mode de vie. A l'aide de l'analyse de la décomposition, l'influence des anciennes causes possibles est analysée, en particulier les mesures politiques (écologiques) et l'évolution des prix. Il est montré en particulier que la politique environnementale peut exercer une influence déterminante sur les progrès techniques, le changement structurel et – jusqu'à présent dans une moindre mesure – sur la modification du mode de vie.

**Secteur d'approfondissement : le climat**

L'analyse des causes dans le secteur climatique montre que le non-découplage des émissions de CO<sub>2</sub> de la croissance économique peut s'expliquer par le fait que la croissance des activités économiques, en particulier l'augmentation des prestations de transport, est plus importante que le progrès technique et les changements structurels. L'augmentation de l'efficacité énergétique dans l'économie, les transports et les ménages n'est pas suffisante à ce jour pour compenser la croissance des activités (valeur ajoutée, prestations de transport, parc immobilier), de l'énergie et des émissions relatives. En outre, pendant la période d'étude, une modification du choix modal a eu lieu en faveur de la route, en particulier pour le trafic des marchandises. Les tendances qui se dessinent laissent présager une augmentation supplémentaire des activités provoquant des émissions de gaz à effet de serre.

Une stratégie de découplage efficace, ne freinant pas les activités économiques, implique que les progrès techniques économisant l'énergie et réduisant les émissions, ainsi que le changement structurel (y compris la modification du choix modal des transports en faveur des chemins de fer) soient renforcés à tel point qu'ils surcompensent l'effet de croissance.

Quelle politique convient-il d'adopter pour cette stratégie ? La taxe sur le CO<sub>2</sub> déjà prévue dans la loi sur le CO<sub>2</sub> – mais pas encore mise en œuvre – constitue un élément central. Elle toucherait les responsables des émissions directes de CO<sub>2</sub> dans tous les secteurs, et il reviendrait au marché de décider où les émissions peuvent être réduites à meilleur compte. Cette stratégie peut être accompagnée de mesures complémentaires dans les différents secteurs, en particulier dans celui des transports.

**Secteur d'approfondissement : l'air**

Dans le secteur de l'air, l'analyse des causes indique qu'un découplage absolu a eu lieu pour les émissions de NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC et SO<sub>2</sub> concernant la plupart des groupes de responsables. En revanche, pour les nuisances dues à l'ozone (smog estival), aucun découplage n'a été constaté. Les PM<sub>10</sub> (fines particules respirables) sont en effet à nouveau en hausse depuis 2001. Cette évolution est étroitement liée à la forte hausse de la vente de gasoil à partir de l'an 2000, alors que les technologies permettant la transformation et la filtration des émissions nocives venaient d'être introduites sur le marché. Les tendances indiquent une baisse des concentrations de polluants atmosphériques (à l'exception de l'ozone).

Pour découpler la pollution par l'ozone de la croissance économique et réduire les émissions de PM<sub>10</sub>, il est nécessaire d'équiper rapidement tous les poids lourds de pots catalytiques et tous les véhicules diesel de filtres à particules. Ces deux techniques sont plus efficaces que le respect de la norme antipollution EURO4. Les normes européennes sur les gaz d'échappements ne sont valables que pour les nouveaux véhicules immatriculés. Le découplage ne peut toutefois être réalisé dans un délai raisonnable que si l'ensemble du parc de véhicules est équipé de ces technologies. La RPLP et l'impôt sur les véhicules à moteur en fonction des émissions de polluants constituent une incitation à la diffusion de ces techniques.

**Secteur  
d'approfondissement :  
la nature et le paysage**

Il n'y a pas eu de découplage entre la « consommation » de nature et de paysage et la croissance économique. L'exemple de la consommation d'espace montre que l'effet de la croissance sur les espaces urbains n'a pas pu être freiné par un accroissement de l'efficacité (baisse de l'effet de consommation d'espace). Au contraire, l'intensité d'utilisation des espaces (à l'exception du secteur des transports) a diminué. Il convient de limiter la croissance des espaces urbains et d'utiliser efficacement les espaces existants. La consommation d'espace est due avant tout aux causes suivantes:

- Industrie, services, agriculture : pour ainsi dire pas d'augmentation réelle des prix pour les bureaux, commerces et sites industriels,
- Circulation : croissance de la circulation sur les routes
- Ménages :
  - Style de vie : augmentation des ménages d'une seule personne et sollicitation de logements plus importants,
  - pour ainsi dire pas d'augmentation réelle des prix des immeubles d'habitation
- Espace rural/urbain :
  - Urbanisation croissante de la Suisse,
  - peu de contraintes quant à l'utilisation modérée des surfaces en dehors des villes en raison de terrains disponibles et de prix de construction moins élevés.

Les instruments politiques existants ont très peu contribué à découpler la consommation d'espace de la croissance économique. Les tendances actuelles laissent présumer que les activités nuisant à la variété des paysages et à la biodiversité et conduisant à une réduction des espaces cultivés ou laissés proches de l'état naturel vont encore augmenter. Nous conseillons pour les discussions futures de mettre en place différents instruments et d'analyser de plus près leurs répercussions potentielles sur l'environnement et la croissance. Figurent au premier plan :

- L'aménagement de nouveaux parcs naturels et nationaux, ainsi que la promotion d'un tourisme respectueux de la nature et de l'agriculture biologique grâce à des projets intégrés.
- L'introduction de certificats d'utilisation de l'espace limitant la quantité de sol ou d'espace pouvant être construite, et de taxes sur la consommation d'espace.

Les certificats d'utilisation et les taxes sur la consommation d'espace sont considérés dans la littérature comme pouvant être très efficaces pour diminuer la consommation d'espace. De tels instruments devraient être mis en œuvre afin qu'ils soient



efficaces indépendamment de la croissance. De plus, les taxes devraient être conçues sans avoir d'influence sur la quote-part de l'Etat.

**Secteur  
d'approfondissement  
consommation de matières**

La consommation de matières en Suisse a été observée à l'aide de l'analyse de flux de matières d'EUROSTAT (MFA). Grâce à la MFA, il existe depuis peu une méthode indiquant les flux de matières premières grâce à quelques valeurs physiques agrégées. L'analyse approfondie montre que l'intensité matérielle des minéraux industriels n'a que légèrement augmenté par rapport à 1980 ; elle a cependant fortement augmenté pour les matériaux de construction, qui ont une grande importance pour la MFA de la Suisse, que la hausse des prix était trop faible dans le passé pour freiner la consommation de matières, que la politique intégrée des produits (PIP), qui doit rendre la consommation de matières durable, existe depuis peu en Suisse et qu'elle est encore perfectible.

Les tendances actuelles laissent présumer que les activités accroissant la consommation de matières vont augmenter dans le futur. Pour découpler la consommation de matières et la croissance économique, diverses mesures imputées aux 3 stratégies suivantes sont à considérer :

1. Augmenter l'efficacité des ressources (ou diminuer l'intensité matérielle) sur l'ensemble du cycle de vie (de la production y compris les étapes préliminaires à l'élimination en passant par le transport et l'utilisation),
2. Intégrer les aspects économiques, sociaux et écologiques dans la définition ou la consolidation d'une politique intégrée des produits (PIP),
3. Recourir de manière accrue aux ressources renouvelables.

**Recommandations  
générales**

Le but d'un découplage si possible absolu de toutes les pollutions de la croissance économique est de réduire durablement les émissions ou les atteintes à l'environnement sans toutefois freiner la croissance économique. L'analyse des causes dans quatre secteurs différents a montré que, dans les secteurs du climat, de la nature et du paysage ainsi que de la consommation de matières, la croissance des activités économiques aggrave de manière significative la pollution, tandis que dans le secteur de l'air, l'effet de la croissance joue un rôle moindre. Dans le secteur de la consommation d'espace et de matières, les répercussions négatives de la croissance sur l'environnement sont accentuées par le fait que l'utilisation est moins efficace.

La politique environnementale doit être d'autant plus efficace dans les secteurs de l'environnement dominés par la croissance : les progrès techniques et les changements structurels (y compris le choix modal en matière de circulation) doivent être tels qu'ils puissent surcompenser l'effet de croissance. Les activités économiques ne doivent cependant pas être freinées, mais acées sur le respect de l'environnement. Grâce aux innovations et investissements qui peuvent ainsi être déclenchés, la croissance économique peut même être accélérée. Par conséquent, les mesures de politique environnementale en faveur d'une stratégie de découplage réussie seront mesurées aussi bien en fonction de leur efficacité que de leur efficacité économique.

La stratégie préconisée mise dès lors en premier lieu sur l'utilisation d'instruments d'économie de marché à titre de contribution à une politique environnementale orientée vers l'efficacité. Il ressort clairement de l'analyse que les instruments économiques, bien qu'ils soient appliqués depuis la fin des années 90, ne sont pas encore utilisés assez souvent : l'augmentation de la pollution ne se répercute pas ou pas complètement sur les prix. On ne pourra découpler croissance économique et pollution que lorsque le degré d'internalisation aura augmenté dans tous les secteurs problématiques de l'environnement. Si l'internalisation devient générale et durable, alors le processus de croissance à long terme pourra être accompagné d'un recul de la pollution.

**Recherches  
supplémentaires**

Des recherches supplémentaires sont nécessaires avant tout pour concrétiser les mesures et les instruments proposés. Avant l'introduction des instruments suggérés, il importe d'analyser les points suivants :

- évaluation de tous les instruments de politique environnementale du point de vue de leur efficacité sur la qualité de l'environnement et la croissance économique,
- contrôle des effets attendus des instruments proposés (analyse ex-ante à propos des effets attendus concernant l'amélioration de la qualité de l'environnement et l'effet sur la croissance économique), qui dépendent fortement de la manière dont ces instruments seront conçus,
- contrôle de l'acceptation politique des instruments proposés,
- mise en œuvre concrète des instruments.

Les autres aspects importants à étudier sont les suivants :

- analyse d'autres secteurs d'approfondissement (bruit, eau),
- analyse approfondie des tendances et développement de scénarios durables, en particulier en ce qui concerne les activités relatives à l'environnement.

# 1 Literaturanalyse

Die Wechselbeziehungen von Umweltverschmutzung und Wirtschaftswachstum werden in der Literatur auf der Basis von zwei grundlegend verschiedenen Analysemethoden untersucht:

- Querschnittanalysen (Anwendung v.a. in ökonometrischen Modellen, die die Hypothese der «Environmental Kuznets Curve» überprüfen),
- Längsschnittanalysen (Anwendung v.a. in Form von deskriptiven oder statistischen Zeitreihenanalysen).

Der Grossteil der bisherigen ökonometrischen Untersuchungen, die die Hypothese der «Environmental Kuznets Curve» (EKC) überprüfen, sind vornehmlich als Querschnittanalysen konzipiert, d.h. die Datengrundlage bilden Umweltindikatoren verschiedener Länder oder Regionen zu einem gegebenen Zeitpunkt oder in einem bestimmten Zeitraum. Dagegen untersuchen die Längsschnittanalysen, wie sich die Umweltbelastung innerhalb eines Landes oder einer Region mit zunehmender (oder abnehmender) wirtschaftlicher Entwicklung in einem längeren Zeitraum entwickelt hat.

## 1.1 Die Hypothese der Environmental Kuznets Curve (EKC)

Die Hypothese, dass die Umweltbelastung in den frühen Phasen der wirtschaftlichen Entwicklung zunimmt, in späteren Phasen aber wieder abnimmt, wurde in den 90er Jahren als «Environmental Kuznets Curve» (EKC) zur Diskussion gestellt und mit ökonometrischen Untersuchungen zu überprüfen versucht. Ursprünglich hatte der amerikanische Nobelpreisträger Simon Kuznets den empirischen Beleg für die These geliefert, dass wirtschaftliches Wachstum zunächst zu einer ungleichen Einkommensverteilung führt, die aber im weiteren Verlauf der Entwicklung in zunehmendem Masse ausgeglichener wird. In Analogie dazu ist die EKC die grafische Darstellung der These, dass in armen Gesellschaften die Umweltbelastung mit steigender Wirtschaftsleistung zunimmt, dies aber in stetig sinkendem Ausmass, bis ein Wohlstandsniveau erreicht ist, von dem an die Umweltbelastung mit noch weiter steigendem Wohlstand immer stärker sinkt.

Die Beobachtung dieses Kurvenverlaufs, der einem umgedrehten U ähnelt (vgl. Abb. 1a), hat zu Schlussfolgerungen mit grosser politischer Tragweite geführt. So ziehen einzelne Autoren das Fazit, dass es möglich wäre, aus einigen Umweltproblemen «herauszuwachsen» (Shafik/Bandyopadhyay 1992), und dass wirtschaftliches Wachstum der Umwelt zugute käme (Beckerman 1992). Damit wird der Eindruck erweckt, als wäre Umweltpolitik nicht mehr notwendig, da durch wirtschaftliches Wachstum sowohl die ökologischen als auch die wirtschaftlichen Ziele erreicht werden. Die Frage, ob diese weitreichenden Schlussfolgerungen aufgrund der Ergebnisse der ökonometrischen Untersuchungen berechtigt sind, soll nachfolgend anhand einer Beurteilung der hierzu veröffentlichten Literatur beantwortet werden.

### 1.1.1 Zusammenfassung der empirischen Ergebnisse

Zahlreiche Studien stellen zwar einen Zusammenhang zwischen Einkommen und Umweltbelastung fest, erhalten als Ergebnis jedoch zum Teil andere Kurvenverläufe als die EKC. Die Abbildungen 1a bis 1e zeigen die in den ökonometrischen Modellen generierten Kurvenverläufe.

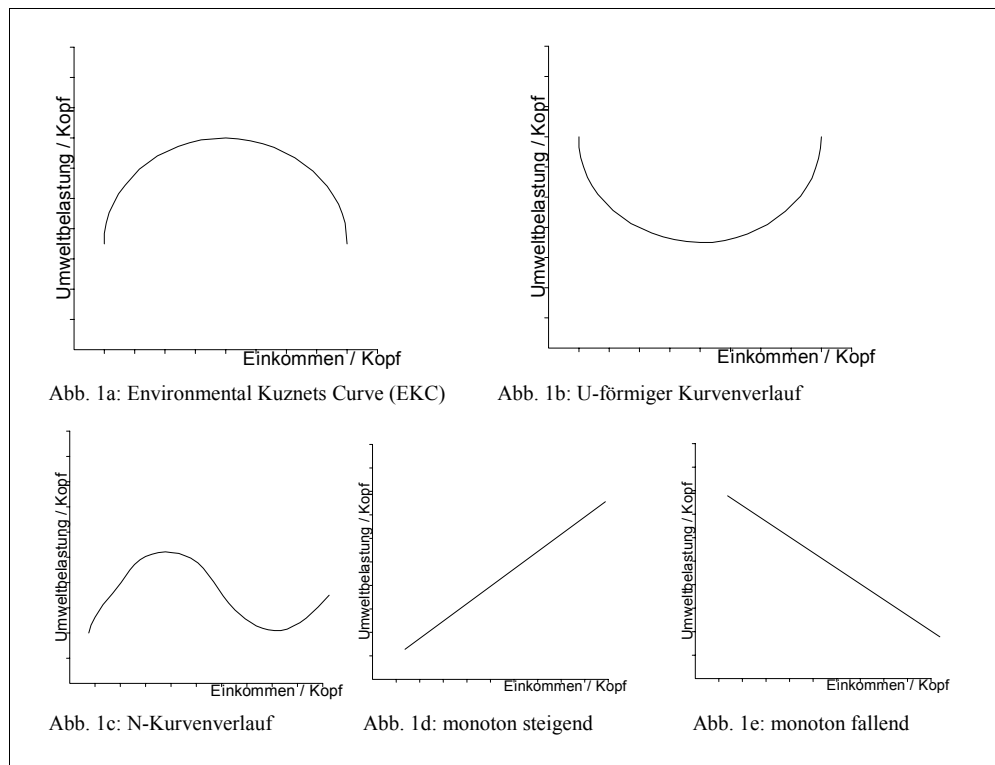


Abb. 1:  
Kurvenverläufe in ökonomischen Modellen, die den Zusammenhang zwischen Wachstum und Umweltbelastung untersuchen.

Die meisten Studien benutzen eine einfache Regression, die den Zusammenhang zwischen den Variablen Umweltbelastung (pro Kopf) und Einkommen (pro Kopf) analysiert, unter Berücksichtigung einer oder mehrerer Zusatzvariablen wie z.B. Bevölkerungsdichte. Die Regression wird zumeist auf der Basis von gepoolten Datensätzen durchgeführt, d.h. die gemessenen Emissionen bzw. Immissionen und das Pro-Kopf-Einkommen sowie die zusätzlichen Variablen werden zu verschiedenen Zeitpunkten in verschiedenen Ländern erfasst und in einem gemeinsamen Datenpool analysiert. Die ermittelten Funktionszusammenhänge einer solchen Regression sind in den Abbildungen 1a bis 1e dargestellt. Der Funktionsverlauf könnte z.B., wie von den Anhängern der EKC behauptet wird, glockenförmig sein (s. Abb. 1a), was hiesse, dass die Umweltbelastung ab einem bestimmten Maximum dauerhaft sinken würde. Wirtschaftswachstum und Umweltschutz wären in diesem Fall keine konfligierenden Ziele. Der Funktionsverlauf könnte jedoch auch umgekehrt sein, also U-förmig (s. Abb. 1b). Vielmals wurde auch ein N-förmiger Kurvenverlauf ermittelt (s. Abb. 1c). Hier tritt das Phänomen der Entkopplung nur vorübergehend zwischen dem ersten und zweiten Extremwert auf. Danach stellt

sich erneut die ursprüngliche Kopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung ein. Auch kann es einen monoton steigenden (s. Abb. 1d) oder monoton fallenden Kurvenverlauf (s. Abb. 1e) geben.

In den Fällen, in denen als Ergebnis ein monoton fallender Kurvenverlauf ermittelt wird, muss konsequenterweise in früheren Perioden mit noch niedrigerem Einkommen, die offenbar nicht in die Untersuchung eingegangen sind, die Umweltbelastung angestiegen sein. Da alle analysierten Umweltindikatoren überwiegend anthropogenen Ursprungs sind, muss sich die Umweltqualität, bevor sie sich verbessern kann, zuvor einmal verschlechtert haben. Deshalb müssten alle monoton fallenden Kurvenverläufe in Wirklichkeit einen EKC-Verlauf abbilden (Schubert et al. 2000, S. 282).

Schliesslich sind noch komplexere und anders geartete Zusammenhänge denkbar (vgl. hierzu Binder 1999, S. 20f).

Die nachfolgenden Tabellen 1 bis 3 fassen die Ergebnisse einer grossen Zahl ökonomischer Studien zusammen (in Anlehnung an Lieb 2002<sup>1</sup>), wobei nur diejenigen Umweltindikatoren dargestellt sind, die Untersuchungsgegenstand mehrerer Studien sind. Tabelle 1 enthält untersuchte Luftschadstoffe und CO<sub>2</sub>, Tabelle 2 Gewässerschadstoffe und Tabelle 3 andere Umweltbelastungen.

---

<sup>1</sup> Lieb hat eine Uminterpretation der Studienergebnisse vorgenommen: Fallende Kurvenverläufe wurden als EKC bewertet. In dieser Arbeit hingegen werden die Original-Studienergebnisse wiedergegeben.

Tabelle 1: Forschungsergebnisse zum Zusammenhang zwischen Einkommen und Umweltbelastung für Luftschadstoffe und CO<sub>2</sub>.

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	Rauch	Staub	Blei	CO <sub>2</sub>
Grossman/Krueger 1991	EKC			N	EKC		
Holtz-Eakin/Selden 1992							EKC
Shafik/Bandyopadhyay 1992	EKC			EKC	EKC		Steigend
Selden/Song 1994	EKC	EKC	EKC	EKC	EKC		
Grossman 1995	N	EKC	EKC	EKC		Steigend	
Grossman/Krueger 1995	N			EKC	EKC	N	
Panayotou 1995	EKC	EKC		EKC	EKC		
Sengupta 1996							N
Carson et al. 1997	Fallend	Fallend	Fallend	EKC			
Cole et al. 1997	EKC	EKC	EKC	EKC			EKC
Lim 1997	Fallend	Fallend		EKC			Steigend
Moomaw/Unruh 1997							N
Roberts/Grimes 1997							Steigend
Vincent 1997				Steigend			
Hilton/Levinson 1998						EKC	
Kaufmann et al. 1998	U						
Schmalensee 1998							EKC
Scruggs 1998	Fallend			EKC			
Torras/Boyce 1998	N			N	Fallend		
Wu 1998				Fallend			
Agras/Chapman 1999							EKC
Galeotti/Lanza 1999							EKC
List/Gallet 1999	EKC	EKC					
Ansuategi 2000	EKC						
Borghesi 2000							Steigend
Cavlovic et al. 2000	EKC	EKC	EKC	EKC	EKC		EKC
Cole 2000	EKC	EKC					
Dinda et al. 2000	Fallend			N			
Hill/Magnani 2000	EKC	EKC					Steigend
Hung/Shaw 2000		EKC	EKC				
List/Gerking 2000	EKC	EKC					
Millimet et al. 2000	EKC	EKC					
Perrings/Ansuategi 2000	EKC						Steigend
Azomahou/van Phu 2001							Steigend
Bengochea-Morancho et al. 2001							Steigend
Stern/Common 2001	EKC						

Tabelle 2: Forschungsergebnisse zum Zusammenhang zwischen Einkommen und Umweltbelastung für Gewässerschadstoffe.

	DO in Flüssen <sup>2</sup>	Nitratgehalt	Kadmiumgehalt	Arsengehalt
Shafik /Bandyopadhyay 1992	Steigend			
Grossman/Krueger 1995	EKC	EKC	EKC	N
Cole et al. 1997		EKC		
Torras/Boyce 1998	N			
Barrett/Graddy 2000	U	EKC	EKC	Steigend

Tabelle 3: Forschungsergebnisse zum Zusammenhang zwischen Einkommen und Umweltbelastung für weitere Umweltindikatoren (bzw. Hygienestandards)

	Mangel an sauberem Trinkwasser	Fehlende sanitäre Anlagen	Abholzung	Siedlungsabfälle
Shafik /Bandyopadhyay 1992	Fallend	Fallend		Steigend
Cropper/Griffiths 1994			EKC	
Panayotou 1995			EKC	
Cole et al. 1997				Steigend
Lim 1997			Steigend	Steigend
Torras/Boyce 1998	Fallend	Fallend		
Cavlovic et al. 2000			EKC	
Perrings/Ansuategi 2000	Fallend		EKC	
Minliang et al. 2001				Steigend

Die Tabellen 1 bis 3 zeigen, dass die Ergebnisse der Studien zum Teil recht uneinheitlich sind. Sogar der besonders für eine Bestätigung der EKC-Hypothese geeignete Indikator  $SO_2$  zeigt – je nach ökonomischem Modell und Wahl des Datenpools – auch einen N- oder U-förmigen Zusammenhang zum Einkommen.<sup>3</sup> N-förmige Kurvenverläufe tauchen auch vereinzelt bei anderen Luft- und Gewässerschadstoffen auf. Sie sind insofern beachtenswert, als die nach Überschreiten der zweiten Einkommensschwelle wiederum ansteigende Umweltbelastung auf einen letztlich nicht nachhaltigen Entwicklungspfad hinweist.

Auffällig ist auch, dass bei denjenigen Studien, die einen EKC-Verlauf bestätigen, der Wendepunkt für das Entkopplungsszenario auf zum Teil deutlich unterschiedlichen Einkommensniveaus liegt. So ermitteln Selden und Song (1994) bei  $SO_2$  einen Wendepunkt, der mehr als doppelt so hoch wie das gegenwärtige weltweite Durch-

<sup>2</sup> DO: gelöster Sauerstoff (Mass der Gewässergüte); da dies weniger ein Indikator für Umweltbelastung, sondern vielmehr für Umweltqualität ist, wurden die Ergebnisse von den AutorInnen entsprechend umgekehrt, um die Vergleichbarkeit zu den anderen Ergebnissen zu gewährleisten.

<sup>3</sup> De Bruyn und Heintz (1999) benennen folgende Gründe für die teilweise voneinander abweichenden Studienergebnisse: unterschiedliche Wahl der Länder, des Indikatorentyps (Emissionen / Immissionen) und der Schätzmethode, verschiedene Methoden zur Umrechnung des nationalen Pro-Kopf-Einkommens in international vergleichbare monetäre Einheiten sowie unterschiedlich gewählte Einflussfaktoren neben dem Einkommen.

schnittseinkommen pro Kopf ist. Bei denjenigen Studien, die für CO<sub>2</sub> einen EKC-Verlauf ermitteln, liegt der Wendepunkt sogar drastisch darüber: Ehe weltweit ein Pro-Kopf-Einkommen von z.B. 35'100 US-\$ erreicht wird, ist die kritische Konzentration von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre möglicherweise um ein Mehrfaches überschritten.<sup>4</sup> Diese Befunde lassen eher wenig Hoffnung, dass das Klimaproblem durch ein «Herauswachsen» aus der Armut lösbar wäre.

Zu Gewässerschadstoffen (s. Tab. 2) liegen deutlich weniger Studien vor als zu Luftschadstoffen, so dass die Ergebnisse vorsichtig bewertet werden müssen. Weitere untersuchte Umweltindikatoren sind Abholzung und Siedlungsabfälle (s. Tab. 3). Das Volumen von Siedlungsabfällen scheint ähnlich wie das CO<sub>2</sub> relativ eng an das Pro-Kopf-Einkommen gekoppelt zu sein. Für den Indikator Abholzung liefern die Studien dagegen zumindest tendenziell den Nachweis einer erfolgreichen Entkopplung ab einer gewissen Einkommensschwelle, was sich auch gut erklären lässt, da dieses Problem typischerweise in Agrargesellschaften und Ländern mit erschwertem Zugang zu anderen Brennstoffen als Holz auftaucht. Der Mangel an sauberem Trinkwasser und das Fehlen sanitärer Anlagen sind weniger Indikatoren zur Umweltqualität, sondern vielmehr soziale Indikatoren. Es ist wenig überraschend, dass Defizite in diesem Bereich mit steigendem Einkommen monoton abnehmen.

Zusammenfassend lassen die Ergebnisse der EKC-Studien nicht den Schluss zu, dass allgemein die Umweltbelastung mit steigendem Einkommen abnimmt. Selbst für einzelne Schadstoffe kann dies nicht eindeutig konstatiert werden. Eine zumindest überwiegende empirische Evidenz, die den Schluss zulässt, dass wirtschaftliches Wachstum ab einer gewissen Höhe die Emissionsentwicklung abbremsst, zeigt sich in erster Linie bei SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, Rauch und Staub. Dieser empirische Nachweis kann jedoch nicht ausschliessen, dass die Umweltentlastungen möglicherweise durch die Verlagerung von umweltbelastenden Industrien in andere, insbesondere ärmere Länder erreicht wurden. Studien, in denen versucht wird, diesen Aspekt zu berücksichtigen, kommen zu Wendepunkten mit einer Einkommenshöhe, die kaum erreichbar scheint (ca. 50'000 US-\$ pro Kopf; vgl. Rothman 1998; Suri/Chapman 1998). Der Nachweis der EKC berücksichtigt zudem nicht die effektiven Umweltschäden, sondern nur die Emissionen bzw. Konzentrationen. So nützt der Rückgang der Emissionen ab einer bestimmten Einkommensschwelle wenig, wenn bereits irreversible Umweltschäden eingetreten sind. Letzterer Aspekt stellt jedoch nicht nur ein Problem im Zusammenhang mit der EKC-Hypothese dar, sondern ist generell bei Untersuchungen zur Entkopplung zu berücksichtigen.

Ein naheliegender Schluss für diejenigen Schadstoffe, für die die EKC-Hypothese bestätigt werden kann, wäre, dass sich diese Schadstoffe «automatisch» verringern, sobald nur ein bestimmter Stand der wirtschaftlichen Entwicklung erreicht bzw. überschritten ist. Dies würde heissen, dass das Einkommen als ausschliesslicher Faktor den Umweltverbrauch beeinflusst. Es wird Aufgabe von Kapitel 3 sein,

---

<sup>4</sup> Im Jahr 1995 lag das weltweite durchschnittliche Bruttonsozialprodukt pro Kopf bei 4880 US-\$ (Soubotina / Sheram 2000).



ausführlich auf die möglichen Ursachen der Entkopplung einzugehen. An dieser Stelle sei vorab schon darauf hingewiesen, dass in einigen empirischen Studien selber eine aktive Umweltpolitik als entscheidender Faktor für das Entstehen einer EKC genannt wird (vgl. etwa Grossman 1995; Panayotou 1997; Unruh/Moomaw 1998). Dass die EKC-Studien diesen Faktor im Modell nicht berücksichtigen, ist ein methodisches Problem. Dieser und weitere methodische Mängel der ökonometrischen Untersuchungen werden nachfolgend angesprochen.

### 1.1.2 Methodische Mängel der EKC-Studien

Die wichtigsten methodischen Probleme, die einen wesentlichen Einfluss auf die Modellergebnisse haben, werden hier kurz skizziert.

#### Datenqualität

- Die Regressionen wurden zum einen auf der Grundlage sehr weniger Fallzahlen gerechnet (kleine Länderauswahl, kurze Zeitabschnitte; vgl. z.B. Selden und Song, 1994; Kaufmann et al. 1998), zum anderen wurde, um eine akzeptable Fallzahl für derartige Auswertungen zu erhalten, auf Schadstoffzahlen zurückgegriffen, die bis in die 60er Jahre hinein reichen (z.B. Shafik/Bandyopadhyay 1992). Allerdings liegen international vergleichbare, standardisierte Belastungswerte für viele Länder, insbesondere Nicht-OECD-Länder, erst für die 80er Jahre vor. Doch auch die standardisierten Zahlen erweisen sich für einzelne Schadstoffe nicht unbedingt als vergleichbar, wegen grundsätzlicher Unterschiede hinsichtlich Definitionen (z.B. «Staub») oder Messmethoden (Binder 1999, S. 31f). So werden etwa bei einer Vielzahl von Studien für den Datenpool Immissionswerte benutzt. Dies betrifft insbesondere Luft- und Gewässerschadstoffe (hier wird auch nicht die Umweltbelastung pro Kopf, sondern absolut verwendet). Fließen nun die Daten über einen längeren Zeitabschnitt in den Datenpool ein, so tritt das Problem auf, dass sich in den reicheren Ländern die Zahl der Messstationen im Laufe der Zeit erhöht hat, wobei in der Regel besonders belastete Standorte zuerst gemessen werden. Damit kann also ein reicheres Land im Durchschnitt «sauberer» werden, ohne dass notwendigerweise die Umweltqualität an den ursprünglichen Messstationen besser geworden sein muss (Levinson 2000, S. 8f). Der für die Untersuchungen grundlegende Datenpool wird entsprechend verzerrt.

#### Multikollinearität

- Die Studien zur EKC vernachlässigen weitgehend das Problem der Multikollinearität, d.h. der Abhängigkeit zwischen den erklärenden Variablen. Liegt Multikollinearität vor, so führt diese zu Schätzfehlern. Kleine Änderungen (d.h. das Hinzufügen oder Weglassen einzelner Beobachtungen) können das Ergebnis stark verändern. Dies könnte eine Erklärung dafür sein, dass die Studien teilweise deutlich unterschiedliche Maxima der EKC ermitteln. So berechnen z.B. Grossman und Krueger (1995) für Rauch ein Maximum von 6151 US-\$, während Barrett und Graddy (2000), die ein Land (Hong Kong) im Datensatz weglassen, ein Maximum von 7286 US-\$ erhalten. Diese deutlich unterschiedlichen Ergebnisse weisen auf Multikollinearität hin (Lieb 2002, S. 19).

Einige Untersuchungen berücksichtigen zwar eine Vielzahl weiterer Einflussfaktoren (z.B. Aussenhandelsvolumen, Strompreise, öffentliche Verschuldung, Demokratisierung; vgl. Shafik/Bandyopadhyay 1992), aber nicht synergetisch, sondern lediglich additiv: Der jeweilige Umweltindikator wird dabei als gewichtete Summe der Effekte des Wohlstandsniveaus einerseits und weiterer Einflussfaktoren andererseits erklärt, ohne dass diese Faktoren sich in ihrer Wirkung gegenseitig verstärken, abschwächen oder sonst in irgendeiner Form beeinflussen.

#### Versteckte Annahmen

- Die meisten EKC-Studien sind als Länderquerschnittanalysen und nicht als Längsschnittanalysen konzipiert, um den Zusammenhang zwischen Einkommen und Umweltbelastung zu untersuchen. Der Grund hierfür liegt darin, dass für die meisten Umweltindikatoren keine Daten mit genügend langen Zeitreihen verfügbar sind. Die Ausnahme bilden Emissionsdaten für CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub>, bei denen die Emissionen anhand der Brenn- und Treibstoffverbrauchsdaten geschätzt werden können, die bereits über einen längeren Zeitraum erhoben werden. Die Querschnittanalysen machen jedoch zwei implizite Annahmen, die aufgrund der zugrunde gelegten Datenpools bzw. Daten-Panels nicht überprüft, d. h. statistisch nicht getestet werden können:

Sie setzen zum einen voraus, dass die im Daten-Panel gemeinsam untersuchten Länder ähnliche Einkommens-Umwelt-Beziehungen aufweisen. Homogenitätstests könnten prüfen, ob diese Voraussetzung für eine statistisch korrekte Regression erfüllt wäre (de Bruyn 2000, S. 94f).

Sie setzen zum anderen voraus, dass das Einkommens-Umwelt-Verhältnis stationär ist, d. h. die Datenreihe entwickelt sich mit der Zeit nicht in eine bestimmte Richtung, so dass Mittelwert und Varianz sich im Zeitablauf von ihren Ausgangswerten entfernen würden. Ein Einheitswurzeltest könnte prüfen, ob die geschätzte Beziehung zwischen Einkommen und Umweltbelastung tatsächlich stationär ist (de Bruyn 2000, S. 95f).

Sind diese beiden Voraussetzungen nicht erfüllt, so werden die Modellergebnisse verfälscht. Die Annahmen können jedoch im Rahmen von Querschnittanalysen aufgrund der zu kurzen und lückenhaften Zeitreihen nicht getestet werden und wurden deshalb in den EKC-Studien implizit getroffen.

Weitere methodische Kritik zur EKC-Literatur enthalten Lieb (2002), de Bruyn et al. (1998), Ekins (1997) sowie Stern et al. (1996).

Die methodischen Mängel der EKC-Studien deuten darauf hin, dass die in den Tabellen 1 bis 3 zusammengestellten Ergebnisse mit Vorsicht zu bewerten sind. Insbesondere kann das Einkommen nicht als ausschliesslicher Faktor interpretiert werden, der den Umweltverbrauch beeinflusst. Somit ist klar, dass Umweltentlastung nicht «automatisch» eintreten kann, sobald nur eine bestimmte Einkommensschwelle überschritten ist. Vielmehr hängt dies noch von weiteren Einflussfaktoren

ab. Diese wiederum können eine Entkopplung auslösen, auch ohne dass ein EKC-Verlauf nachgewiesen wurde.

## 1.2 Zeitreihenanalysen

Im Gegensatz zu den im Rahmen der EKC-Studien angewandten Querschnittanalysen berechnen Zeitreihenanalysen das Verhältnis zwischen Einkommen und Umweltbelastung für jedes Land individuell sowie über einen längeren Zeitraum. Sie sind vor allem dann von Vorteil, wenn das Verhältnis zwischen Einkommen und Umweltbelastung von Land zu Land verschieden ist und somit die Bildung eines Datenpools oder Daten-Panels aus statistischen Gründen nicht möglich ist (s. auch Abschnitt 1.1.2: «versteckte Annahmen»).

Die Literatur umfasst sowohl statistische als auch rein deskriptive Zeitreihenanalysen. Deskriptive Zeitreihenanalysen beschreiben unabhängig von der EKC-Literatur ganz allgemein das Phänomen der Entkopplung. Sie liegen u. a. auch für die Schweiz vor: Binswanger (1993) hat von 1970 bis 1990 eine absolute Umweltentlastung (Stagnation oder Rückgang der Umweltindikatoren) für die  $\text{SO}_2$ -,  $\text{CO}_2$ -, Staub/Russ-, Bleiemissionen, den Verbrauch von Wasser, Eisen, Stahl und Phosphatdüngern sowie die Gewässerverschmutzung durch Phosphate, Ammonium und Quecksilber ermittelt. Eine relative Entlastung (d. h. eine im Verhältnis zum BIP geringere Zunahme der Umweltindikatoren) konnte Binswanger bei den  $\text{CO}_2$ -,  $\text{NO}_x$ - und VOC-Emissionen sowie beim Zementverbrauch nachweisen.

Statistische Zeitreihenanalysen können über die deskriptive Form hinaus zusätzlich eine Aussage darüber machen, ob eine gewisse Regelmäßigkeit bei der untersuchten Zeitreihe vorliegt. Weiterhin lässt sich mit multivariaten Zeitreihenanalysen das Ausmass bestimmen, in welchem eine Variable (Einkommen) die zeitlich nachfolgenden Werte einer anderen Variable (Emissionen) beeinflusst. Eine umfangreichere statistische Zeitreihenanalyse hat de Bruyn (2000) vorgelegt. Er hat das Einkommens-Umwelt-Verhältnis in vier Ländern untersucht und darüber hinaus die in Abschnitt 1.1.2 erwähnten erforderlichen Tests durchgeführt. Die Datengrundlage bilden die Emissionen von  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  und  $\text{CO}_2$  für die Jahre 1970 bis 1995 in den Niederlanden, USA, dem Vereinigten Königreich und Westdeutschland. Auf dieser Basis schätzt de Bruyn zunächst das Einkommens-Umwelt-Verhältnis und testet anschliessend die Ergebnisse mithilfe der erforderlichen Homogenitäts- und Einheitswurzeltests, um zum einen zu prüfen, ob das Einkommen in allen vier Ländern einen ähnlichen Einfluss auf die Emissionsentwicklung hat, und zum anderen, wie dynamisch sich dieses Verhältnis über den untersuchten Zeitraum entwickelt. Er kommt zu folgenden Ergebnissen:

- Im Rahmen einer rein deskriptiven Analyse der Zeitreihendaten konstatiert er rückläufige Emissionsentwicklungen in den vier untersuchten Ländern. Dabei ist der Indikator  $\text{SO}_2$  stark rückläufig, während  $\text{NO}_x$ - und  $\text{CO}_2$ -Emissionen nur geringfügig zurückgehen (de Bruyn 2000, S. 101).

- Ein einfaches Regressionsmodell (über alle vier Länder), wie es auch in den Querschnittsanalysen verwendet wird, bestätigt einen EKC-Verlauf (de Bruyn 2000, S. 102ff).
- Ob das Regressionsmodell geeignet ist, wird anhand von Homogenitätstests und des Einheitswurzeltests überprüft. Die Homogenitätstests ergeben, dass die Kurvenverläufe zwischen den Ländern variieren und damit nicht homogen sind. Ferner werden Einheitswurzeln für alle Zeitreihen der untersuchten Umweltindikatoren und des Bruttoinlandprodukts ermittelt, mit Ausnahme von SO<sub>2</sub> in den USA. Die Einheitswurzeln deuten auf Nicht-Stationarität des Modells hin. Die Ergebnisse beider Testtypen lassen den Schluss zu, dass das zuvor geschätzte Modell nicht geeignet und damit die Regression verfälscht ist (de Bruyn 2000, S. 105ff). De Bruyn zieht aus diesem Ergebnis auch Rückschlüsse auf die Querschnittsanalysen, die aufgrund der kürzeren Datenreihen pro Land die erforderlichen Tests nicht durchführen konnten. Er stellt in Frage, dass die dort implizit getroffenen Annahmen (s. Abschnitt 1.1.2: «versteckte Annahmen») haltbar sind (de Bruyn 2000, S. 110).

De Bruyn zieht aus den inhomogenen Kurvenverläufen und den nicht-stationären Zeitreihen die Folgerung, dass das Einkommens-Umwelt-Verhältnis für jedes Land einzeln und mit geteilten Datensätzen untersucht werden sollte. Entsprechend veränderte Regressionen ergeben, dass drei Viertel der berechneten Regressionskoeffizienten auf einen positiven und in etwa proportionalen Zusammenhang zwischen Einkommens- und Emissionsentwicklung hindeuten (de Bruyn 2000, S. 112f). Der beobachtete Rückgang der Emissionen dürfte daher nicht aufgrund des Wirtschaftswachstums, sondern trotz des Wirtschaftswachstums erzielt worden sein (de Bruyn 2000, S. 117).

Weitere Studien auf der Basis statistischer Zeitreihenanalysen erhalten vergleichbare Ergebnisse bei der Analyse von CO<sub>2</sub>- und SO<sub>2</sub>-Emissionen (vgl. Liski/Toppinen 2001; Perman/Stern 1999; de Bruyn et al. 1998). Day und Grafton (2002) haben für Kanada bei der Analyse des Verhältnisses von Einkommen und CO<sub>2</sub>-, CO-, SO<sub>2</sub>- sowie Staub-Emissionen einzig für CO einen negativen Zusammenhang zwischen Einkommens- und Emissionsentwicklung festgestellt. Ferner haben Friedl und Getzner (2002) eine Zeitreihenanalyse für CO<sub>2</sub>-Emissionen in Österreich durchgeführt. Die Autoren weisen anhand der Daten von 1960 bis 1999 einen N-förmigen Zusammenhang zwischen Einkommen und CO<sub>2</sub>-Emissionen nach.

Zusammenfassend zeigen die statistischen Zeitreihenanalysen nicht nur für die CO<sub>2</sub>-Emissionen, sondern auch für SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub>, dass wirtschaftliches Wachstum bisher zu keiner Umweltentlastung geführt hat. Der Rückgang insbesondere der SO<sub>2</sub>-Emissionen dürfte auf andere Ursachen zurückzuführen sein. Die Zeitreihenanalysen zeigen zudem, dass die versteckten Annahmen, wie sie in der EKC-Literatur (s. Abschnitt 1.1.2) getroffen worden sind, oftmals nicht haltbar sind.

## 2 Vergleich von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung

### 2.1 Schweiz

#### 2.1.1 Methodische Aspekte

##### Datenermittlung

Für den Vergleich der Entwicklung von Umweltbelastung und Wirtschaftswachstum in der Schweiz war zunächst die Ermittlung verschiedener Umweltdaten notwendig. Zusammen mit der BUWAL-Abteilung Ökonomie und Forschung wurden diejenigen Stellen im BUWAL identifiziert und von den Auftragnehmenden angesprochen, die ein fundiertes Wissen über die Datenlage einzelner Umweltbereiche bzw. über die Umweltdaten selber verfügen. Da nicht in jedem Fall das BUWAL selber über den Zugang zu Rohdaten gewisser Umweltbereiche verfügt, wurden uns die direkten Ansprechpartner in anderen Fachämtern genannt (u.a. Bundesamt für Statistik, Bundesamt für Gesundheit, Bundesamt für Zivilluftfahrt usw.). Leider liegen die von uns angefragten Daten nicht immer als geschlossene Zeitreihe von 1970 bis heute vor.

##### Datenauswahl und -einordnung ins DPSIR-Modell

Bei der Auswahl der angefragten Daten orientieren wir uns am umfangreichen Bericht «Umwelt Schweiz: Statistiken und Analysen» (BFS 2002a). Die Darstellung und Interpretation der Daten erfolgt nach verschiedenen Umweltbereichen getrennt (Kapitel 2.1.2 bis 2.1.8).

Die folgende Tabelle 4 zeigt, wie die erfassten Umweltdaten bzw. -indikatoren in das DPSIR-Modell (Abb. 2) eingeordnet werden. Hierbei wird der im Bericht «Umwelt Schweiz: Statistiken und Analysen» BFS (2002a, S. 9) gewählten Einordnung der Indikatoren gefolgt.

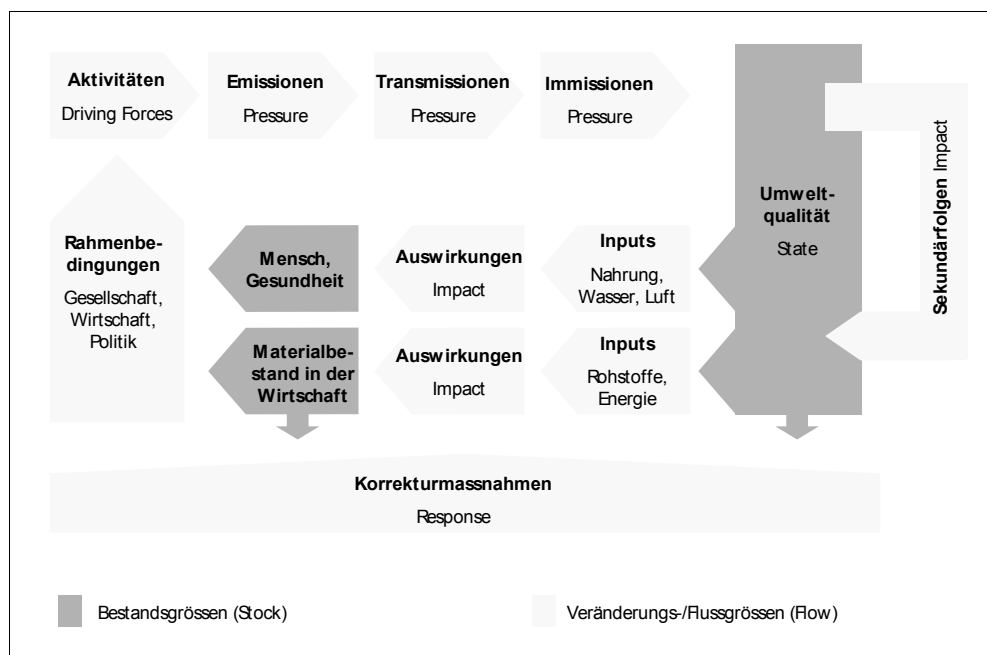


Abb. 2:  
DPSIR-Modell<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Quelle: BFS 2002a, S. 8.

**Darstellung der Daten**

Um eine qualitative Interpretation zu erlauben, ob sich Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung in unterschiedliche Richtungen entwickeln, wurden sowohl das Bruttoinlandprodukt (BIP) als auch der jeweilige Umweltindikator für den ersten vorliegenden Wert des Umweltindikators auf 100 indiziert.

Tabelle 4: Einordnung der Indikatoren (Schweiz) ins DPSIR-Modell.

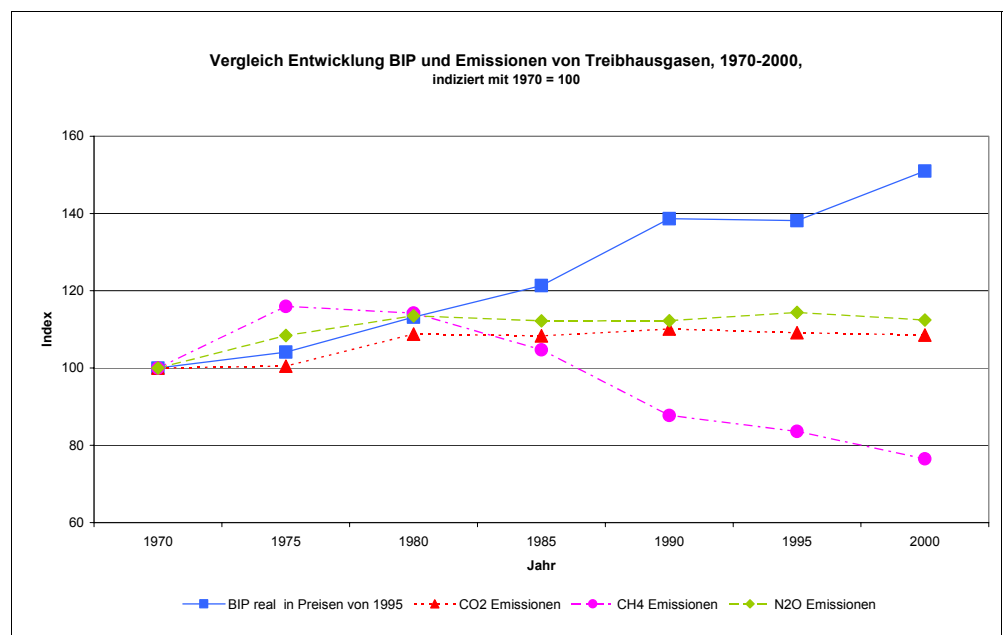
Umweltbereich	D	P	S	I	R
Klima		Emissionen von CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub>			
Luft		Emissionen von NMVOC, CO, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	Immissionen von SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , PM10, Ozon		
Wasser	Trinkwasser- verbrauch		Gewässerqualität, BOD-Emissionen		Anschluss an ARA
Materialverbrauch, Stoffe und Abfälle	Verbrauch von Kies, Zement, Kunststoff, Holz	Menge Siedlungs- abfälle, Anfall Sonderabfälle	Exporte von Sonderabfällen		Wiederverwer- tungsquoten
Energie		Brutto- und End- energieverbrauch			Erneuerbare Energien
Lärm	Anzahl Flugbewe- gungen		Lärmbelastung durch Strassen- verkehr		
Boden, Landschaft, Biodi- versität	Verbrauch von Pflanzenschutz- und von Dünge- mitteln		Entwicklung Siedlungsflächen nach Nutzungsar- ten	Veränderung rote Listen	Geschützte Flächen

### 2.1.2 Klima

Für den Bereich Klima konnten verschiedene Daten über klimawirksame Schadstoffemissionen gewonnen werden. Die Daten liegen als einzelne Werte in 5-Jahresschritten vor. Auf eine Differenzierung nach einzelnen Verursachergruppen wird in der vertieften Analyse in Kapitel 3 eingegangen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass erst seit Anfang der 80er Jahre von einer Entkopplung von Wirtschaftsentwicklung und klimawirksamen Schadstoffemissionen gesprochen werden kann. Solche Fortschritte konnten vor allem für die CH<sub>4</sub>-Emissionen erreicht werden. Die CO<sub>2</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen hingegen sind seit 1980 kaum gesunken. Ohne die zahlreichen Aktivitäten der Schweiz zur Verminderung des Ausstosses von Treibhausgasen, z.B. durch die Programme Energie2000 oder EnergieSchweiz, wäre die Belastung durch die Treibhausgase noch weiter angestiegen, was verschiedene Studien zeigen (u.a. EBP/Polis 2003, Infras 2002, vgl. auch Kapitel 3).

Abb. 3:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und Emissionen von  
Treibhausgasen,  
1970–2000,  
indiziert mit 1970 = 100.



Datenquelle: Aufdatierung des BUWAL-Umweltberichts Nr. 256, Datenlieferung des BUWAL vom 07.11.2003; Weltbank 2003.

### 2.1.3 Luft

#### Emissionen

Für den Bereich Luft konnten verschiedene Daten über Schadstoffemissionen gewonnen werden. Die Daten liegen als einzelne Werte in 5-Jahres-Schritten vor. Auf eine Differenzierung nach einzelnen Verursachergruppen wird in der vertieften Analyse in Kapitel 3 eingegangen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass für NO<sub>x</sub>-, SO<sub>2</sub>- und NMVOC-Emissionen ab Mitte der 80er Jahre von einer Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung gesprochen werden kann. Dabei konnten die Emissionen reduziert werden, die NO<sub>x</sub>-Emissionen allerdings weniger stark als die Emissionen der anderen Schadstoffe. Bei den CO- und SO<sub>2</sub>-Emissionen setzten sowohl Entkopplung als auch Emissionsreduktion bereits seit Anfang der 80er Jahre ein.

Zurückzuführen sind diese Erfolge vor allem auf die Einführung der Luftreinhalteverordnung LRV 1988, die Einführung des Katalysators und verschiedener anderer neuer Technologien (z.B. LoNO<sub>x</sub>-Brenner bzw. -Schmelzverfahren, vgl. Schindler/Ronner 1999) und Stoffe (z.B. Heizöl extra-leicht, Öko-Heizöl, vgl. auch Kapitel 3).

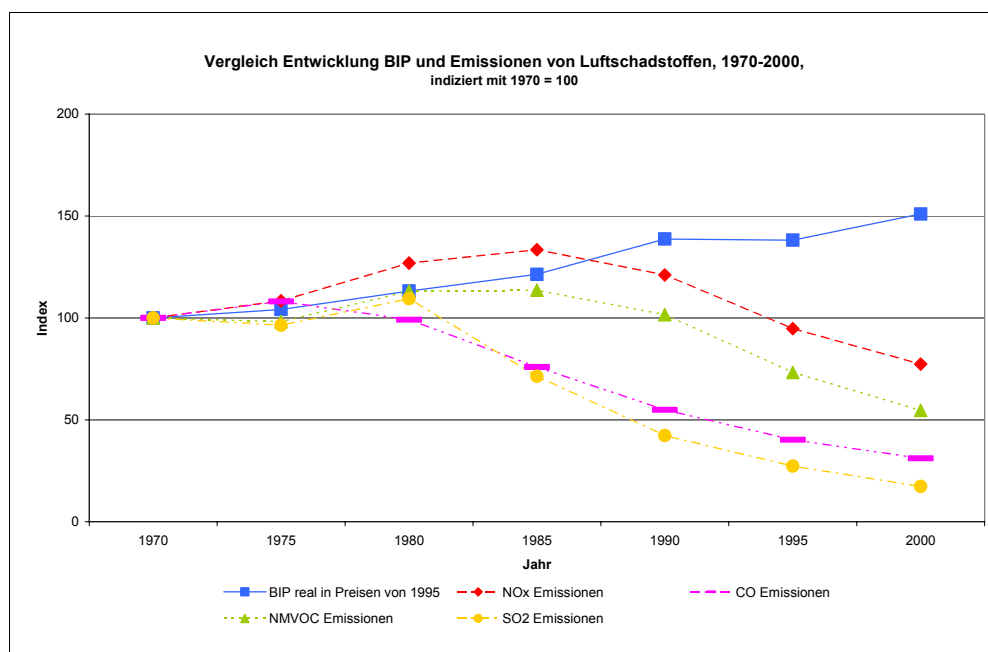


Abb. 4:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und Emissionen von  
Luftschadstoffen,  
1970–2000  
indiziert mit 1970 = 100.

Datenquelle: Aufdatierung des BUWAL-Umweltberichts Nr. 256, Datenlieferung des BUWAL vom 07.11.2003, Weltbank 2003.

#### Immissionen

Für die Luftimmissionen wurden vom BUWAL die Messdaten verschiedener Stationen zur Verfügung gestellt. Nach Absprache mit dem BUWAL ist es durchaus sinnvoll, einen Durchschnittswert von verschiedenen Messstationen zu bilden. Dieser Wert sollte allerdings nicht als «Schweizer Durchschnitt» o.ä. bezeichnet werden, sondern als Durchschnitt über vier für das Nationale Beobachtungsnetz für



Luftfremdstoffe (NABEL) repräsentative Schweizer Standorte. Als Standorte wurden empfohlen: Basel-Binningen, Payerne, Lugano, Zürich.

Das Ergebnis zeigt, dass sich im Bereich der Immissionen nur für das SO<sub>2</sub> von einer deutlichen Entkopplung vom Wirtschaftswachstum sprechen lässt. Bei den NO<sub>2</sub>-Immissionen weicht die Entwicklung der Umweltbelastung in begrenztem Ausmass von der Entwicklung des Wirtschaftswachstums ab. Seit 2001 ist bei den PM<sub>10</sub>-Immissionen (Feinstäube, Particulate Matter <10 µm) wieder ein leichter Anstieg der Immissionen zu verzeichnen.<sup>6</sup> Beim Ozon<sup>7</sup> fand keine Entkopplung von der Wirtschaftsentwicklung statt. Auffallend ist, dass vor allem alle stark verkehrabhängigen Emissionen und Immissionen wenig abzunehmen scheinen. Dieser Punkt wird in der vertieften verursacherbezogenen Analyse in Kapitel 3 genauer untersucht.

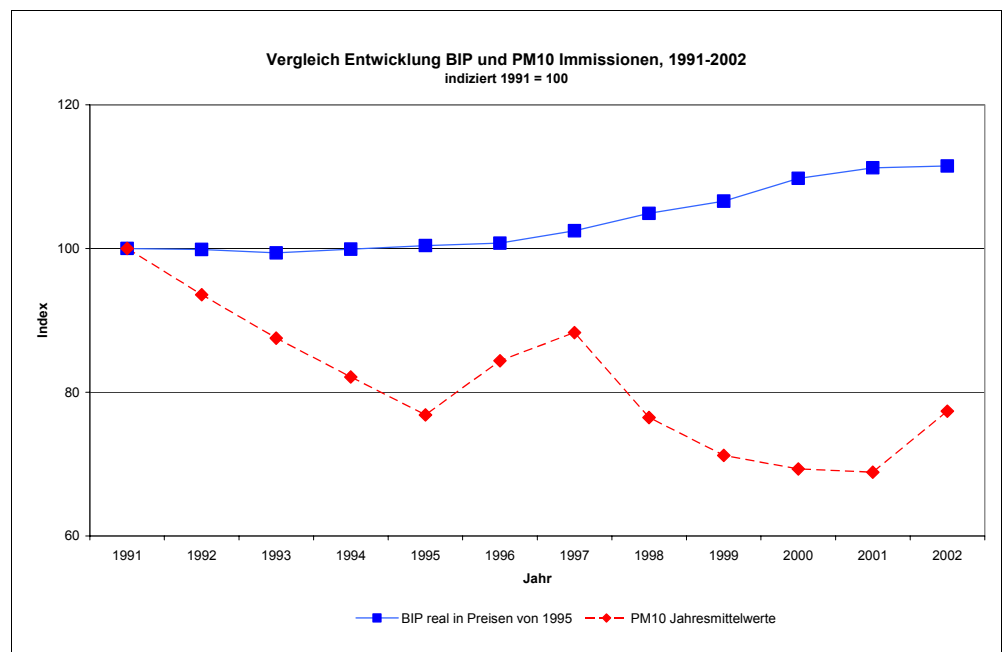


Abb. 5:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und PM<sub>10</sub> Immissionen,  
1991–2002  
indiziert mit 1970 = 100.

Datenquelle: NABEL-Messnetz. Datenlieferung des BUWAL vom 07.11.2003, Weltbank 2003.

<sup>6</sup> Die Entwicklung der Luftemissionen ist mit Vorsicht zu interpretieren, da die Werte auch von den winterlichen Durchlüftungsbedingungen (z. B. Smog-Wetterlage) abhängen.

<sup>7</sup> Zur näheren Erklärung: Es wurde der Durchschnitt der maximalen monatlichen 98% Quantile der Halbstundenbelastung als jährlicher Durchschnittswert für die vier Standorte gemittelt. Der Wert gibt an, dass von rund 1500 Halbstundenwerten eines Monats rund 15 Stunden eine höhere Belastung ausweisen als der abgebildete Durchschnittswert. Erfasst werden dadurch die 30 höchsten Halbstundenwerte eines Monats.

Abb. 6:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und SO<sub>2</sub> Immissionen,  
indiziert mit 1981 = 100.

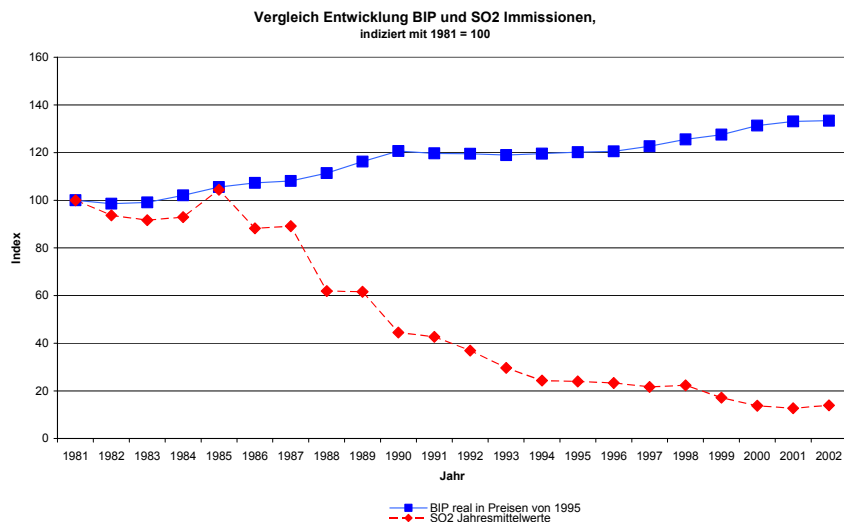


Abb. 7:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und NO<sub>2</sub> Immissionen,  
indiziert mit 1985 = 100.

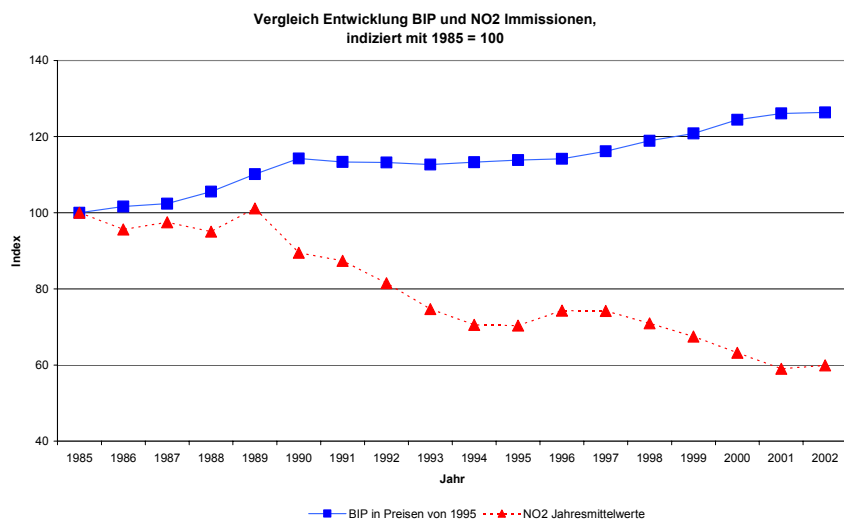
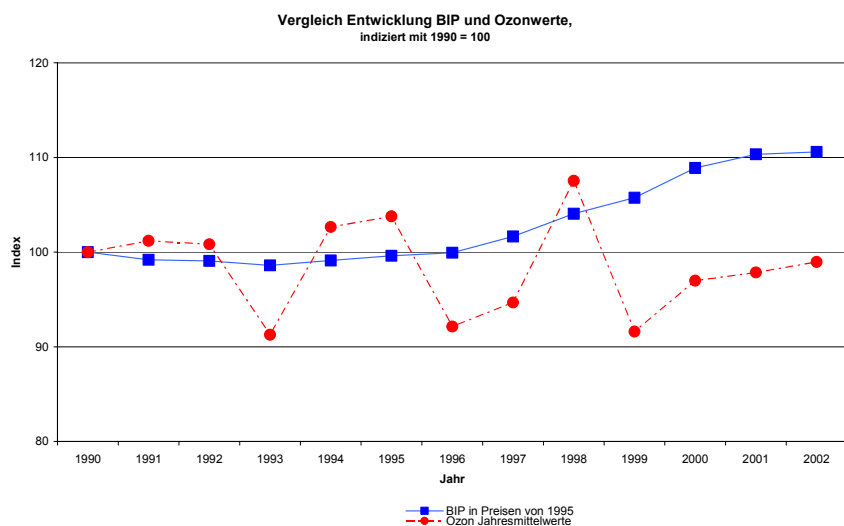


Abb. 8:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und Ozonwerte,  
indiziert mit 1990 = 100.



Datenquelle: NABEL-Messnetz. Datenlieferung des BUWAL vom 07.11.2003, Weltbank 2003.

## 2.1.4 Wasser

Für den Umweltbereich Wasser wurden die folgenden Indikatoren betrachtet: Trinkwasserverbrauch, Gewässerqualität in Flüssen und Seen, organische Schadstoffe im Wasser (BOD-Emissionen) und Anschlussgrad an ARAs.

### Trinkwasserverbrauch

Der Trinkwasserverbrauch konnte seit 1970 von 486 Litern je Einwohner und Tag (mittlerer Verbrauch) auf 403,5 Liter (je Einwohner und Tag) in 2000 vermindert werden. Gegenüber der Entwicklung des BIP im selben Zeitraum ist eine Entkopplung zu verzeichnen.

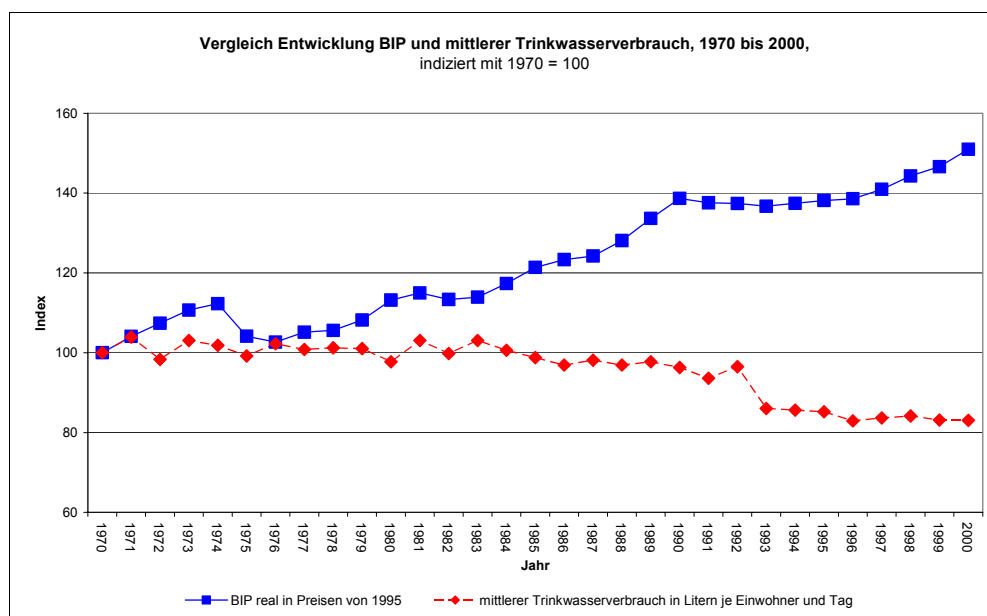


Abb. 9:  
Vergleich Entwicklung  
BIP und mittlerer Trink-  
wasserverbrauch,  
1970–2000,  
indiziert mit 1970 = 100.

Datenquelle: Bundesamt für Statistik, Statistisches Jahrbuch der Schweiz 2003, Weltbank 2003.

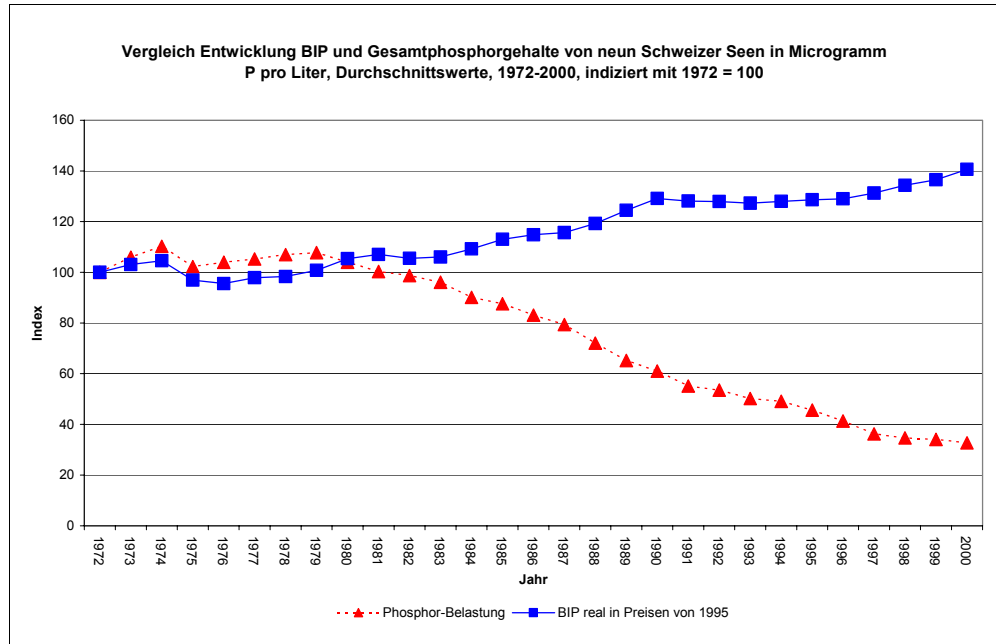
### Gewässerqualität in Flüssen und Seen

Zur Messung der Gewässerqualität in Flüssen und Seen stehen verschiedene Daten zur Verfügung. Um einen exemplarischen Eindruck von repräsentativen Umweltbelastungen zu geben, wurden hier zwei Indikatoren ausgewählt. Dies sind die Gesamtposphorgehalte in Schweizer Seen in Microgramm pro Liter und die Gesamtstickstoff-Fracht in Gramm pro Sekunde (Jahresmittelwert) der Messstation Rhein Village Neuf Weil.<sup>8</sup>

Die Entwicklung der Gesamtposphorgehalte in Schweizer Seen zeigt, dass die Belastung in den meisten Seen seit Anfang der 70er Jahre kontinuierlich abgenommen hat. Ausserdem liegt eine Entkopplung von Phosphorbelastung in Schweizer Seen und Wirtschaftswachstum seit etwa 1980 vor. Zurückzuführen ist dies vor allem auf das Verbot von 1986, Phosphat in Waschmitteln zu verwenden.

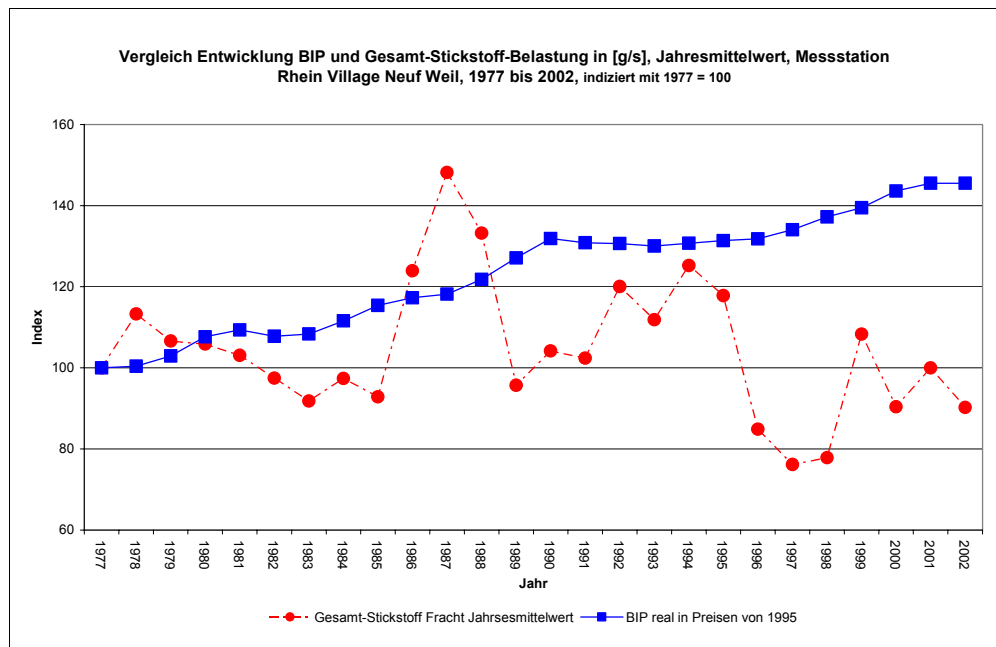
<sup>8</sup> Aus unserer Sicht kann diese Messstelle als exemplarisch für die Belastungen vieler Schweizer Flüsse verwendet werden: In den Rhein fließen viele Schweizer Flüsse, die verschiedenen Belastungen ausgesetzt sind (insbesondere landwirtschaftliche Belastungen im Mittelland). Die Messstelle liegt am Ende des Rheins in der Schweiz mit Übergang nach Deutschland.

Abb. 10:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und Gesamtphosphorge-  
halte von neun Schweizer  
Seen, 1972–2000,  
indiziert mit 1972 = 100.



Datenquelle: BUWAL 2002. Gesamtphosphorgehalte in Schweizer Seen. Datei vom 5/2002. Datenlieferung vom 20.11.2003, Weltbank 2003.

Abb. 11:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und Gesamt-Stickstoff-  
Belastung, 1977–2002,  
indiziert mit 1977 = 100.



Datenquelle: NADUF Daten 2003 (www.naduf.ch), Weltbank 2003.

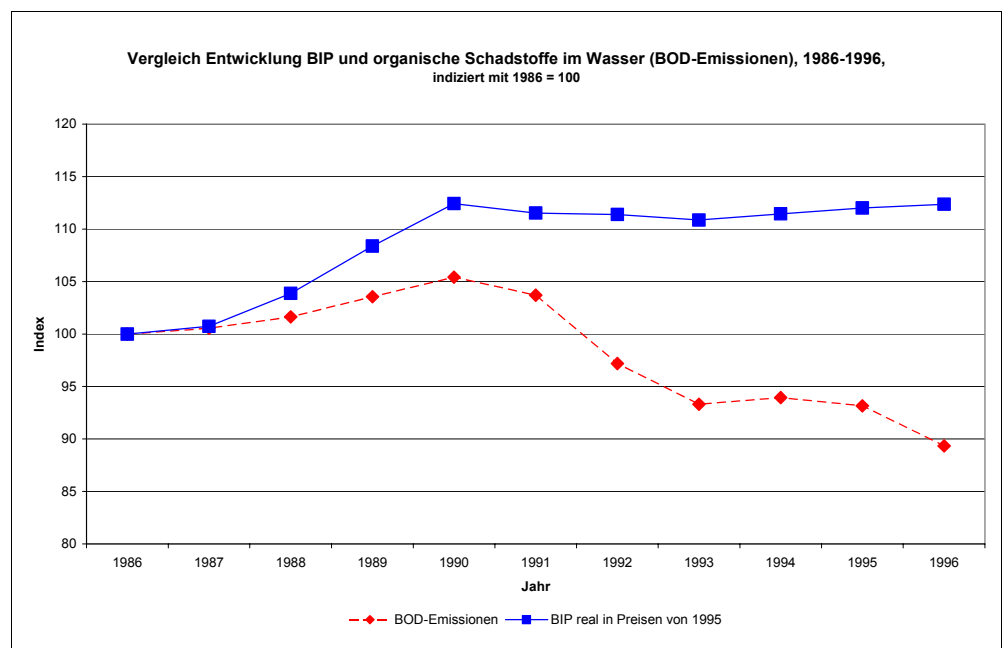
Um die Entwicklung der Phosphorbelastung gegenüber dem BIP-Wachstum darzustellen, wurde die Belastung der Seen, die nicht ans Ausland grenzen, für den frühesten gemeinsamen Wert jeweils auf 100 indiziert und daraus der Durchschnitt

bestimmt.<sup>9</sup> Geringe Fortschritte gab es vor allem am Sempacher und am Zuger See. Zwar sind dort gegenüber Mitte der 80er Jahre die Gesamtposphorgehalte stark zurückgegangen, sie sind allerdings noch immer so hoch wie in den 70er Jahren. Die Entwicklung der Gesamt-Stickstoff-Fracht in Gramm pro Sekunde (Jahresmittelwert) der Messstation Rhein Village Neuf Weil schwankt sehr, ist jedoch seit den Spitzenwerten Mitte der 80er Jahre merklich zurückgegangen. Eine Entkopplung zum Wirtschaftswachstum liegt vor. Zurückzuführen ist dies auf die Umsetzung der Gewässerschutzverordnung seit Ende der 80er Jahre.<sup>10</sup> Die Ursachen sind ausserdem auch mit dem Erfolg der Ökologisierung der Landwirtschaftspolitik bzw. dem Rückgang landwirtschaftlicher Aktivitäten (Betriebsaufgaben) verbunden.

**Organische Schadstoffe im Wasser (BOD-Emissionen)**

Hier zeigt sich, dass eine leichte Entkopplung zwischen den BOD-Emissionen und dem BIP stattgefunden hat. Auch in absoluten Werten gemessen konnten die BOD-Emissionen verringert werden. Die BOD-Emissionen sind eine Umweltbelastung, denen sich die Umweltpolitik bereits frühzeitig widmete. Insbesondere mit der Verbesserung der Gewässerschutzgesetzgebung in der Schweiz Ende der 80er Jahre wurde die rechtliche Grundlage für Verminderungsmassnahmen geschaffen, die dann auch umgesetzt wurden. Heute stellt sich vielmehr das Problem von organischen Spurenstoffen (DOC), durch die die Wasserqualität verschlechtert wird.

Abb. 12:  
Vergleich Entwicklung BIP und organische Schadstoffe im Wasser, 1986–1996, indiziert mit 1986 = 100.



Datenquelle: Weltbank 200311

<sup>9</sup> Ausserdem mussten Werte schon für Anfang der 70er Jahre bis möglichst Ende der 90er Jahre vorliegen, und die Messreihe relativ geschlossen sein. Dies gilt für die Seen Neuchâtel, Bieler See, Baldegger See, Greifensee, Hallwiler See, Pfäffiker See, Zuger See, Sempacher See und Vierwaldstädtersee. Wo einzelne Werte fehlen, wurde jeweils der Mittelwert zwischen dem davorliegenden und darauffolgenden Jahr gebildet. Dies war bei 10 von 261 Messwerten aus neun Seen notwendig.

<sup>10</sup> Vgl. Gewässerschutzverordnung vom 28.10.1998, insbesondere Anhang 3, Ziffer 3 (SR 814.201).

<sup>11</sup> Daten der Weltbank für die Schweiz enden 1996.

### Anschlussgrad an ARAs

Der Anschlussgrad an ARAs ist von 3,2 Mio. Einwohnern 1975 auf rund 7 Mio. Einwohner im Jahr 2000 gestiegen. Damit ist der Anschlussgrad schneller gestiegen als das BIP im entsprechenden Zeitraum. Es kann auch hier von einer Entkopplung von Umweltbelastung und Wirtschaftswachstum gesprochen werden, denn der Anschlussgrad ist ein die Umweltbelastung vermindender Response-Indikator. Zurückzuführen ist der Erfolg bei der Erhöhung des Anschlussgrades vor allem auf die Umsetzung der Gewässerschutzgesetzgebung (hier: Verordnung über die Abwassereinleitung) seit Mitte der 70er Jahre. Anzumerken ist, dass dieser Indikator für Aussagen bzgl. der Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung nur bis zu einem gewissen Zeitpunkt Sinn macht, da der Anschlussgrad irgendwann einmal 100% ist.

Aus heutiger Sicht stellen sich jedoch verschiedene andere, ungelöste Umweltprobleme wie z.B. im Abwasser noch vorhandene organische Stoffe (Duftstoffe, Metaboliten von Medikamenten, hormonaktive Stoffe) mit Wirkung auf die Gewässer.

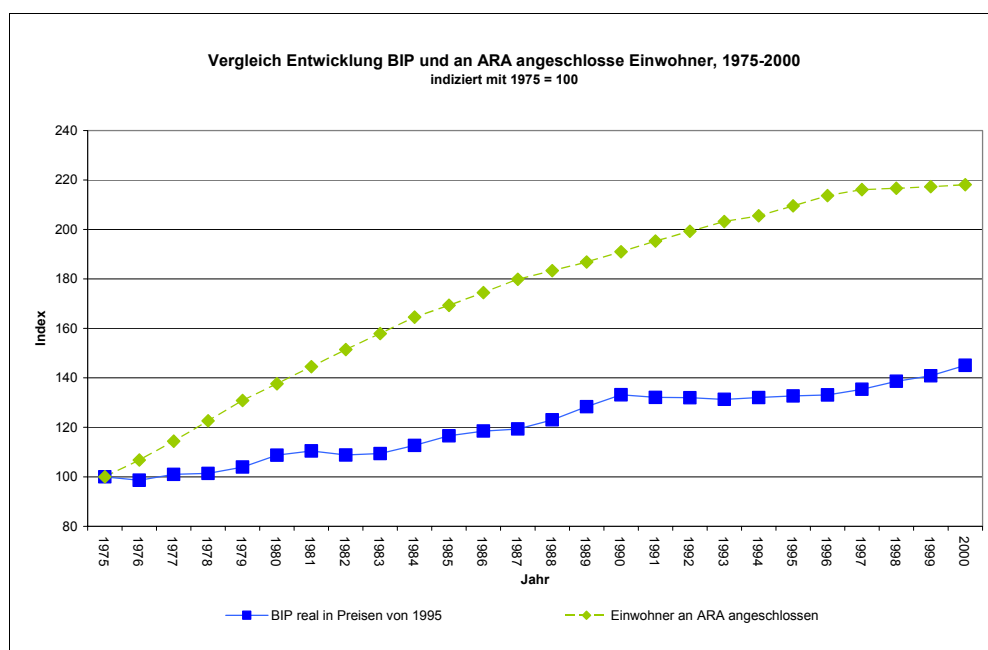


Abb. 13:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und an ARA angeschlos-  
sene Einwohner,  
1975–2000,  
indiziert mit 1975 = 100.

Datenquelle: BUWAL, Abfallstatistik und diverse BUWAL-Umweltmaterialien, verschiedene Jahrgänge, Datenlieferung des BUWAL vom 5.11.2003, Weltbank 2003.

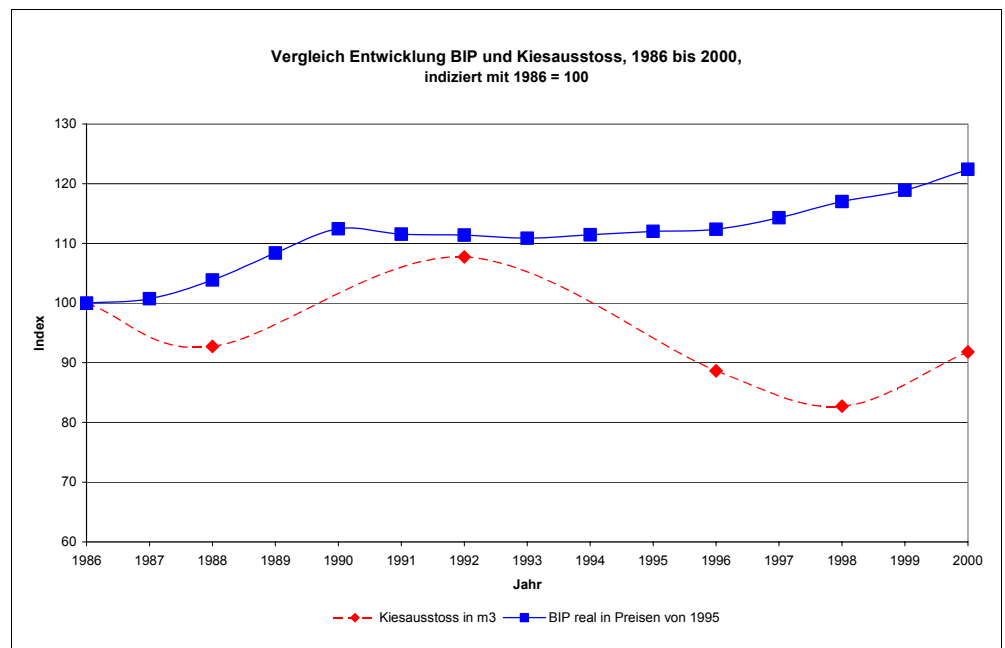
## 2.1.5 Materialverbrauch, Stoffe und Abfälle

Für den Bereich Materialverbrauch, Stoffe und Abfälle wurden verschiedene Indikatoren betrachtet: Entwicklung des Abbaus bzw. Verbrauchs von Kies, Zement, Holz, Kunststoffen sowie Entwicklung von Siedlungsabfällen, der Recyclingquote und Sonderabfällen.

### Abbau von Kies

Der Kiesabbau hat von 22'000'000 m<sup>3</sup> 1986 auf 20'200'000 m<sup>3</sup> im Jahr 2000 abgenommen. Gegenüber dem BIP ist eine leichte Entkopplung zu verzeichnen. Dies dürfte vor allem auf den wirtschaftlichen Strukturwandel zurückzuführen sein. Mit dem Ende der Hochkonjunktur im Bausektor sanken die Abbauvolumina bis zum Ende der 80er Jahre. Mit der konjunkturellen Erholung seit etwa 1988 stiegen die Abbauvolumina wieder. Die Stagnation bis zur Mitte der 90er Jahre führte wieder zu einer Reduktion des Abbauvolumens. Mit dem wirtschaftlichen Wachstum seit 1997 stieg auch der Kiesverbrauch wieder an. Darauf hinzuweisen ist allerdings, dass die Kiesvorräte gemäss dem Schweizerischer Fachverband für Sand und Kies (2001) gemessen am gegenwärtigen Jahresverbrauch für die gesamte Schweiz noch rund 20 Jahre reichen. Bei einer über verschiedene Regionen differenzierten Betrachtung reicht der Kiesverbrauch je nach Region zwischen 8 und 25 Jahren.

Abb. 14:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und Kiesausstoss,  
1986–2000,  
indiziert mit 1986 = 100.



Datenquelle: Schweizerischer Fachverband für Sand und Kies, Die Kiesbranche in Zahlen, Sonderausgabe zur Mitgliederumfrage 2001, Weltbank 2003.

### Verbrauch von Zement

Der Verbrauch von Zement, hier gemessen in Zementlieferungen in Millionen t, folgt wie der Kiesverbrauch der Entwicklung der Baukonjunktur. Gegenüber einem Höchstwert von 5,9 Mio. t 1972 haben die Zementlieferungen auf 3,6 Mio. t 1976 abgenommen, um bis zum Ende der 80er Jahre wieder auf rund 5,5 Mio. t zu stei-

gen. Infolge der Rezession der Bauwirtschaft fielen die Zementlieferungen bis 1998 auf rund 3,5 Mio. t.

Gegenüber dem BIP hat zwischen 1990 und 1998 eine Entkopplung stattgefunden. Dies ist auf die schlechte Lage in der Baubranche und den wirtschaftlichen Strukturwandel insgesamt zurückzuführen. Seit dem Ende der 90er Jahre nehmen die Zementlieferungen zusammen mit dem BIP wieder zu.

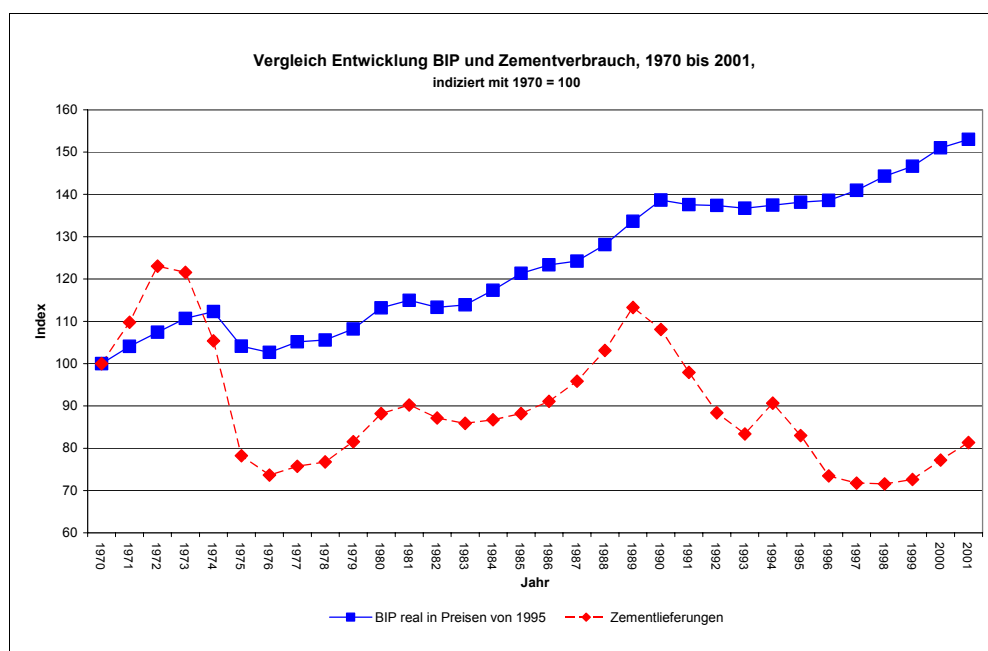


Abb. 15:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und Zementverbrauch,  
1970–2001,  
indiziert mit 1970 = 100.

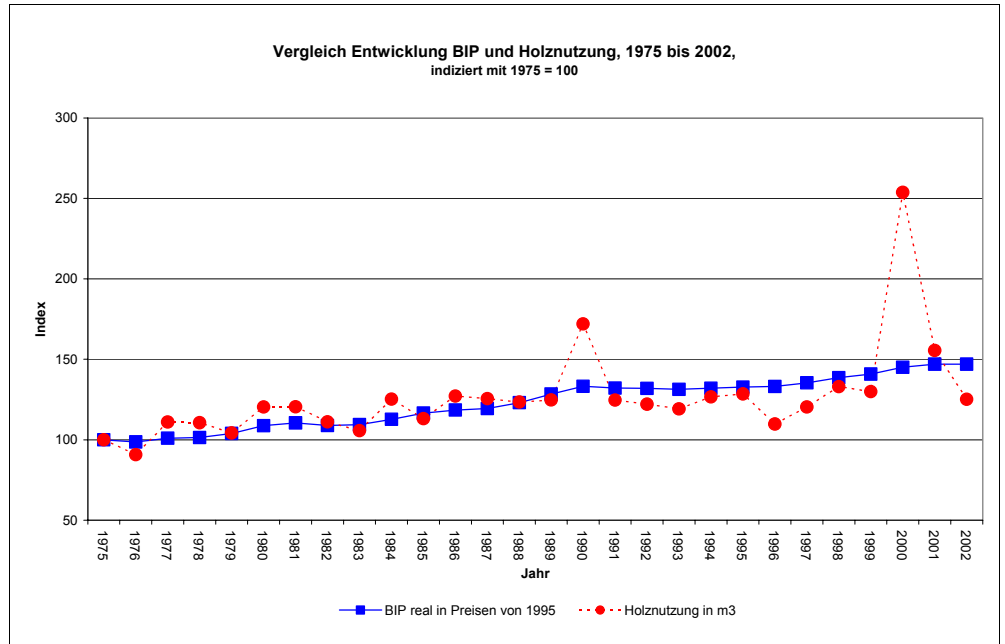
Datenquelle: Cemsuisse 2001, Weltbank 2003.

### Verbrauch von Holz

Die Holznutzung in der Schweiz ist von rund 3,6 Mio m<sup>3</sup> 1975 auf rund 4,6 Mio m<sup>3</sup> im Jahr 2002 etwa im gleichen Ausmass gestiegen wie das BIP im selben Zeitraum. Auffällig sind die hohen Werte in den beiden «Sturmjahren» 1989/1990 und 1999/2000. Eine Entkopplung zwischen Holznutzung und BIP liegt nicht vor. Umweltpolitisch ist das nicht als Problem zu werten, da in der Schweiz derzeit weniger Holz geschlagen wird, als nachwächst.



Abb. 16:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und Holznutzung,  
1975–2002,  
indiziert mit 1975 = 100.

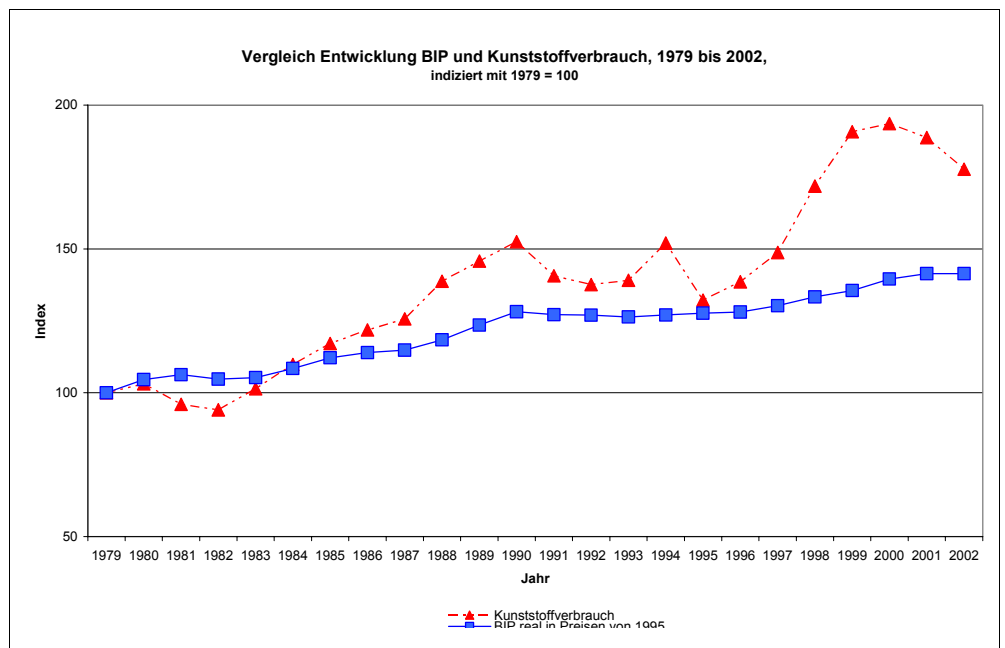


Datenquelle: Bundesamt für Statistik 2003 (www.agr-bfs.ch/), Weltbank 2003.

**Verbrauch von Kunststoffen**

Der Verbrauch von Kunststoffen ist in der Schweiz von rund 430'000 t 1979 auf 764'000 t im Jahr 2002 angestiegen. Insbesondere seit 1995 ist ein deutlich stärkerer Anstieg des Kunststoffverbrauchs zu verzeichnen, als das BIP im selben Zeitraum gestiegen ist. Eine Entkopplung zwischen Kunststoffverbrauch und BIP liegt nicht vor.

Abb. 17:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und Kunststoffverbrauch,  
1979–2002,  
indiziert mit 1979 = 100.



Datenquelle: Schweizerischer Kunststoffverband 2003. Datenlieferung vom 4.12.2003, Weltbank 2003.

## Siedlungsabfälle und Recyclingquote<sup>12</sup>

Die Menge an Siedlungsabfällen (verbrannt und deponiert) stieg von 1,64 Mio. t 1970 bis hin zum Höchstwert von 2,98 Mio. t 1989 und sank danach wieder auf 2,55 Mio. t im Jahr 2001. Eine Entkopplung von der Entwicklung des BIP fand nicht statt. Allerdings konnten die Siedlungsabfälle mit dem Beginn der 90er Jahre bis etwa 1998 vermindert werden, weil die Sammlung von Altstoffen (Verwertung) im selben Zeitraum stark zunahm. Seitdem bleiben die Siedlungsabfälle in etwa auf konstantem Niveau. Werden zu den Siedlungsabfällen (verbrannt und deponiert) noch die gesammelten Altstoffe addiert, stieg die Menge von 1,94 Mio. t (1970) auf 4,74 Mio. t (2001) an. Die Wiederverwertungsquote stieg von rund 15% 1970 kontinuierlich auf rund 46% im Jahr 2001 an. Diese Entwicklungen sind auf erfolgreiche Aktivitäten der Umweltpolitik zurückzuführen, wie z.B. die Einführung von Sackgebühren auf kantonaler und kommunaler Ebene oder die Technische Verordnung Abfall von 1990 (TVA) auf nationaler Ebene.

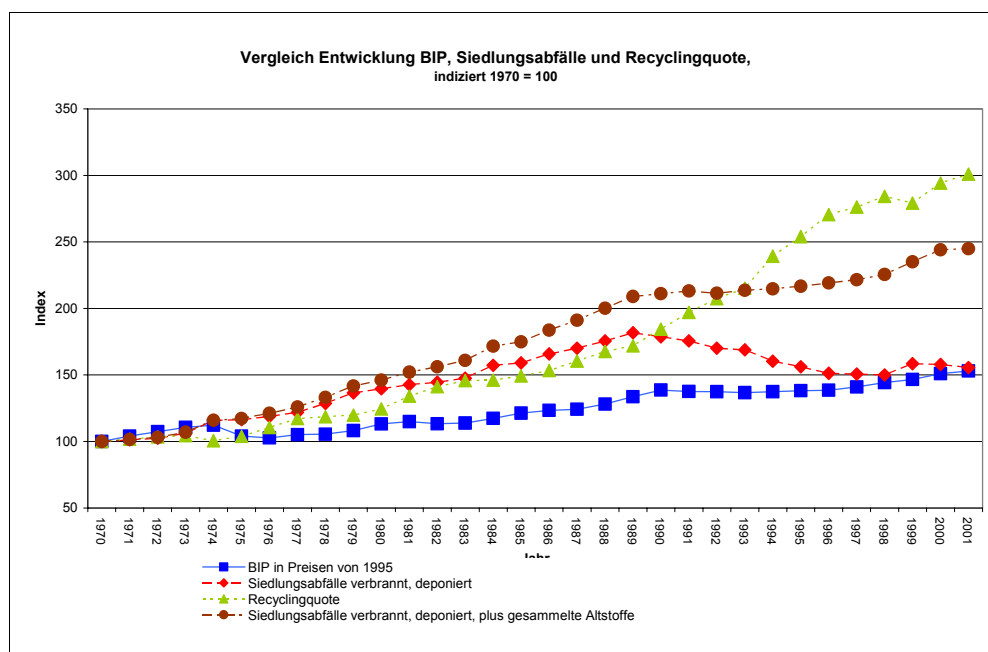


Abb. 18:  
Vergleich Entwicklung  
BIP, Siedlungsabfälle und  
Recyclingquote,  
indiziert mit 1970 = 100.

Datenquelle: BUWAL, Abfallstatistik und diverse BUWAL-Umweltmaterialien, verschiedene Jahrgänge, Datenlieferung des BUWAL vom 5.11.2003, Weltbank 2003.

Anzumerken ist, dass Siedlungsabfall nicht mit dem Begriff Umweltbelastung gleichgesetzt werden darf. Im Siedlungsabfall ist die Menge der weggeworfenen Güter enthalten. In diesem Sinne ist der Indikator «Siedlungsabfälle verbrannt, deponiert, plus gesammelte Altstoffe» als Materialverbrauch- und nicht als Abfallindikator zu verstehen. Dieser Indikator gibt von der Outputseite an, wie viele Konsumgüter in der Schweiz verbraucht und weggeworfen werden, und ist somit als Ergänzung zu den Einzelmaterial-Verbrauchsindikatoren Kies, Zement, Holz

<sup>12</sup> Die Recyclingquote setzt sich hier zusammen als Anteil der Summe der gesammelten Altstoffe (Kompost, Papier, Glas, Alu, Weissblech, Textilien) an der gesamten Siedlungsabfallmenge. Recyclingquoten für die einzelnen gesammelten Altstoffe sind nicht ausgewiesen.

und Kunststoffe zu verstehen. Aus Sicht der Abfallpolitik ist für die Umweltbelastung entscheidend, wie mit den weggeworfenen Gütern weiter verfahren wird. Obwohl die Menge an Siedlungsabfällen wächst, kann die Umweltbelastung durch die Abfälle sinken, wenn z.B. technische Verbesserungen bei der Beseitigung eingeführt werden, die Emissionen, die bei der Verbrennung entstehen, reduziert werden, oder grundsätzlich die technische Verwertung verbessert wird. Zu diesem Thema wird gegenwärtig eine Wirkungsanalyse der Abfallpolitik im Auftrag des BUWAL durchgeführt, auf deren kommende Ergebnisse an dieser Stelle verwiesen wird.

Schon bei der Produktgestaltung und -erstellung (z.B. über besonders umweltschonende Materialien) und Produktverwendung (z.B. über die mehrfache Verwendung von Produkten durch verschiedene Nutzer) kann darauf eingewirkt werden, dass die später anfallende Abfallmenge vermindert wird. In der vertiefenden Analyse wird deshalb auf das Thema «Materialverbrauch» eingegangen. Hierbei wird vor allem die grundsätzliche Frage der Entkopplungsmöglichkeiten bei Inputfaktoren betrachtet.

Für Sonderabfälle<sup>13</sup> liegen Daten ab 1990 vor. Sie stiegen von 0,74 Mio. t 1990 auf 1,14 Mio. t im Jahr 2001 an. Dies bedeutet ein stärkeres Wachstum als dasjenige des BIP im gleichen Zeitraum. Eine differenzierte Betrachtung zeigt, dass dieses Ergebnis vor allem auf das Wachstum der Altlasten zurückzuführen ist. Für die Altlasten liegen erstmals für 1994 Daten vor. Die gesamte Menge der Sonderabfälle betrug 1994 rund 0,87 Mio. t, davon waren rund 0,11 Mio. t Altlasten und 0,76 Mio. t andere Sonderabfälle. 1999 betrug die gesamte Menge der Sonderabfälle rund 1'01 Mio. t, darin waren mit rund 0,23 Mio. t mehr als doppelt so viel Altlasten wie 1994 enthalten, rund 0,78 Mio. t waren andere Sonderabfälle. Die Menge der übrigen gesammelten Sonderabfälle ist damit zwischen 1994 und 1999 nur wenig gestiegen. Der starke Anstieg bei der Entwicklung der Altlasten ist auf eine erfolgreiche Umweltpolitik in diesem Sachgebiet zurückzuführen (Altlastenverordnung).

Mit rund 131'000 t werden Sonderabfälle auch 2001 noch in ähnlichem Ausmass ins Ausland exportiert wie 1991. Viele der Sonderabfälle werden nach Deutschland exportiert. Hier gab es Änderungen in der Umweltpolitik, die zu einer Reduktion der infolge der Sonderabfälle entstehenden Umweltbelastung führten: Die Oberflächendeponierung wurde ab 1992 abgeschafft, statt dessen stieg die Menge der untertage deponierten Sonderabfälle an.

---

<sup>13</sup> Zu den Sonderabfällen werden gezählt: Sonderabfälle mit hohem Heizwert (z.B. Lösungsmittel, Motorenöl); Abwässer und Schlämme mit hoher organischer Belastung (z.B. Emulsionen); anorganische Feststoffe und Stäube (z.B. Elektrofilterstaub, Zinkstaub); anorganische Schlämme mit Schwermetallen (z.B. Galvanikschlämme); Säuren und Laugen, z.T. mit Schwermetallen (z.B. Galvanikbäder); Batterien, Akkumulatoren, Lampen; PCB-haltige Abfälle; nichtmetallische Shredderabfälle (z.B. aus Altautos, Kabelverwertung); verunreinigtes Erdreich; Filterhilfsstoffe, Chemikalienreste und andere diverse Abfälle.

Festzuhalten ist, dass die Entwicklung der Sonderabfälle nicht ausschliesslich negativ zu interpretieren ist: Die getrennte Sammlung bzw. Erfassung deutet darauf hin, dass Sonderabfälle nicht zusammen mit dem Siedlungsabfall entsorgt werden.

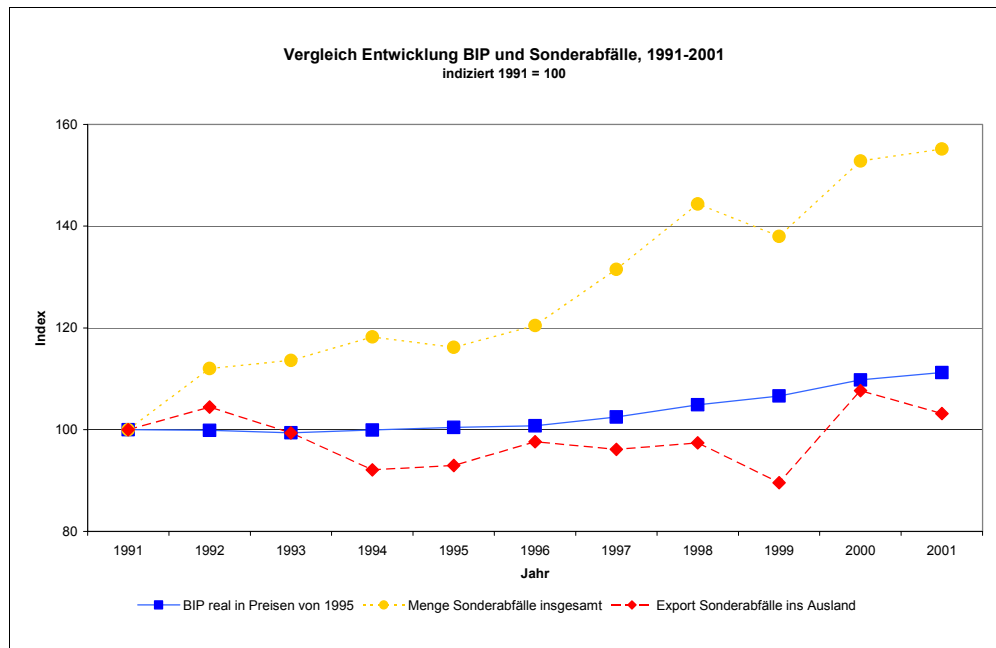


Abb. 19:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und Sonderabfälle,  
1991–2001,  
indiziert mit 1991 = 100.

Datenquelle: BUWAL, Abfallstatistik und diverse BUWAL-Umweltmaterialien, verschiedene Jahrgänge, Datenlieferung des BUWAL vom 5.11.2003, Weltbank 2003.

## 2.1.6 Energie

Die Daten über den Energieverbrauch in der Schweiz wurden der schweizerischen Gesamtenergiestatistik entnommen.

Sowohl bei einer Betrachtung des Gesamtbruttoenergieverbrauchs<sup>14</sup> als auch des Gesamtendenergieverbrauchs<sup>15</sup> kann nicht von einer Entkopplung zwischen Energieverbrauch und Wirtschaftswachstum gesprochen werden. Im Vertiefungsbereich Klima (Kapitel 3) werden wir auf die einzelnen Energieträger eingehen und zeigen, ob sie unterschiedliche Entwicklungen im Vergleich zum BIP aufweisen.

Die erneuerbaren Energien sind seit 1990 nahezu doppelt so stark gewachsen wie das BIP. Dies ist auf entsprechende Förderprogramme (Energie2000, EnergieSchweiz) zurückzuführen.

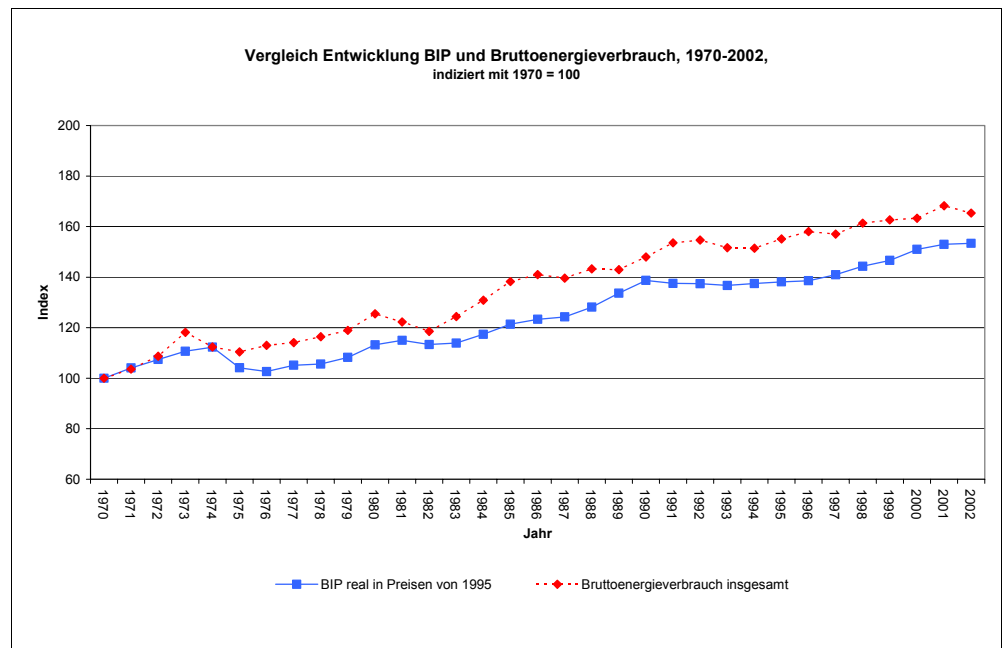


Abb. 20:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und Bruttoenergie-  
verbrauch, 1970–2002,  
indiziert mit 1970 = 100.

Datenquelle: Gesamtenergiestatistik Schweiz, Weltbank 2003.

<sup>14</sup> Der Bruttoenergieverbrauch entspricht der Summe aus inländischer Gewinnung und den Saldi des Aussenhandels sowie der Lagerveränderungen. Dies betrifft sowohl Primär- wie auch Sekundärenergieträger (siehe: <http://www.worldenergy.ch/statistik>).

<sup>15</sup> Mit dem Endenergieverbrauch wird die letzte Stufe des Handels erfasst. Hinzu kommt ab 1990 der Verbrauch von erneuerbaren Energien, die nicht in den Handel kommen (z.B. Kollektorwärme). Der Endenergieverbrauch beinhaltet die vom Konsumenten für einen bestimmten Nutzen eingekaufte bzw. selbst produzierte Energie, wie zum Beispiel Strom für Licht oder Benzin für das Auto. Die Differenz zum Bruttoenergieverbrauch sind im Wesentlichen die Umwandlungs- und Netzverluste (siehe <http://www.worldenergy.ch/statistik>).

Abb. 21:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und Endenergie-  
verbrauch, 1970–2002,  
indiziert mit 1970 = 100.

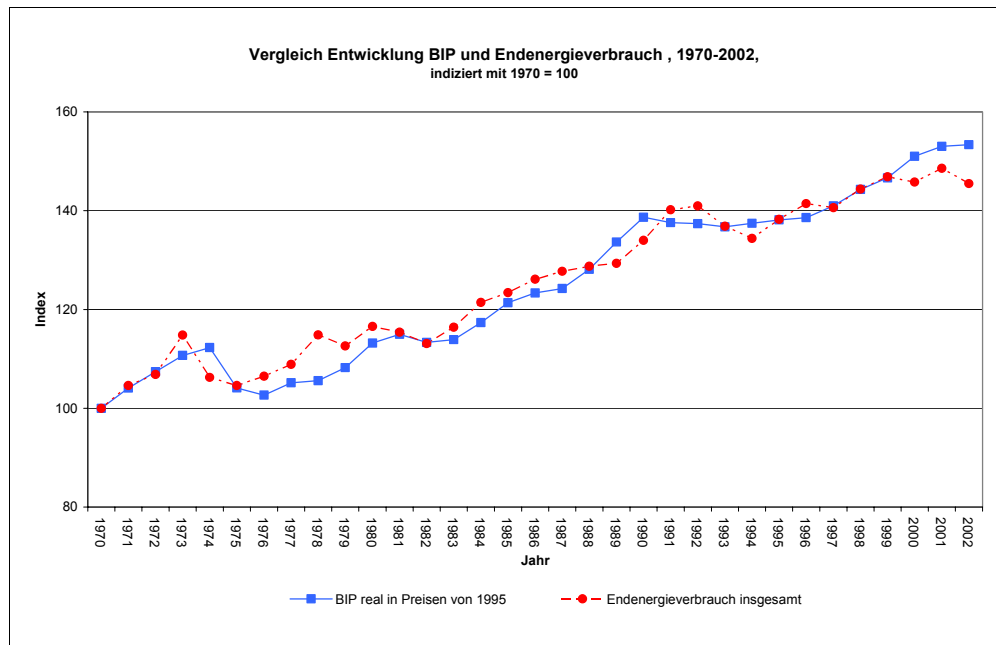
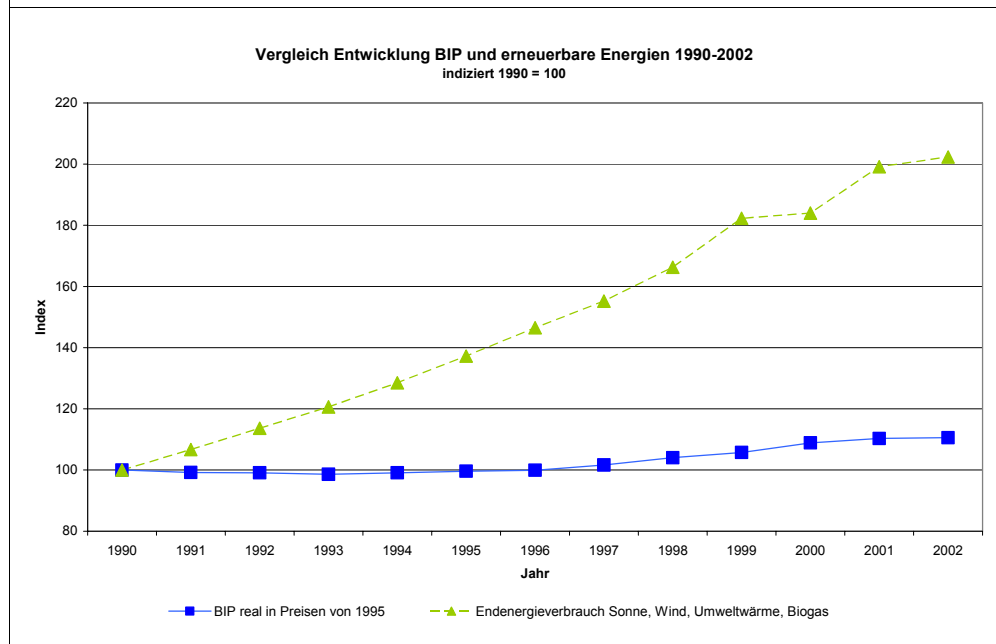


Abb. 22:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und erneuerbare Ener-  
gien, 1990–2002,  
indiziert mit 1990 = 100.



Datenquelle: Gesamtenergiestatistik Schweiz, Weltbank 2003.

### 2.1.7 Lärm

Die Datenlage hinsichtlich der Lärmsituation ist weniger gut als in vielen anderen Umweltbereichen. Die beste und verlässlichste aktuelle Datenquelle für gesamtschweizerische Daten ist der Lärmexpositionsbericht des Bundesamts für Raumentwicklung (ARE), der gegenwärtig erarbeitet wird. Der Lärmexpositionsbericht wird einen Vergleich der Strassenlärmexposition in der Schweiz für 1980, 1985 und das Jahr 2000 ermöglichen. Die aktuellen Daten werden vom ARE voraussichtlich im Frühling 2004 publiziert werden. Grundsätzlich werden vier Lärmbelastungskategorien unterschieden, die nach Immissionsgrenzwertstufen unterteilt sind und an den Empfindlichkeitsstufen nach Art. 43 der Lärmschutzverordnung orientiert sind:<sup>16</sup>

- Die Empfindlichkeitsstufe II (reine Wohnzonen) wird durch Immissionswerte zwischen 55 und 59 dB(A) (tagsüber) und zwischen 45 bis 49 dB(A) (nachts) abgebildet. Gemessen wird die Lärmbelastung anhand des Beurteilungspegels  $L_r$ , der sich auf die Lärmimmission in der Mitte eines Fensters bezieht. Der Anteil der belasteten Personen hat sich tagsüber von 27,3% der Bevölkerung (1980) auf 27,4% (1985) entwickelt, nachts von 33% (1980) auf 32,5% (1985).
- Die Empfindlichkeitsstufe III (Gewerbezone, Mischzone, entlang stark befahrener Strassen) wird durch Immissionswerte zwischen 60 und 64 dB(A) (tagsüber) und zwischen 50 bis 54 dB(A) (nachts) abgebildet. Der Anteil der belasteten Personen hat sich tagsüber von 13,4% der Bevölkerung (1980) auf 14,6% (1985) entwickelt, nachts von 15% (1980) auf 16,2% (1985).
- Die Empfindlichkeitsstufe IV (reine Industriezone) wird durch Immissionswerte zwischen 65 und 69 dB(A) (tagsüber) und zwischen 55 bis 59 dB(A) (nachts) abgebildet. Der Anteil der belasteten Personen hat sich tagsüber von 6,7% der Bevölkerung (1980) auf 7,6% (1985) entwickelt, nachts von 7% (1980) auf 8% (1985).
- Als weitere Klasse werden Immissionswerte zwischen 70 und 74 dB(A) (tagsüber) und zwischen 60 bis 64 dB(A) (nachts) abgebildet. Diese Klasse liegt über den Immissionsgrenzwerten der Empfindlichkeitsstufe IV (gemäss Art. 43 LSV), aber unter den sogenannten Alarmwerten der Empfindlichkeitsstufe IV. Der Anteil der belasteten Personen hat sich tagsüber von 2,6% der Bevölkerung (1980) auf 3,4% (1985) entwickelt, nachts von 3,2% (1980) auf 3,8% (1985).

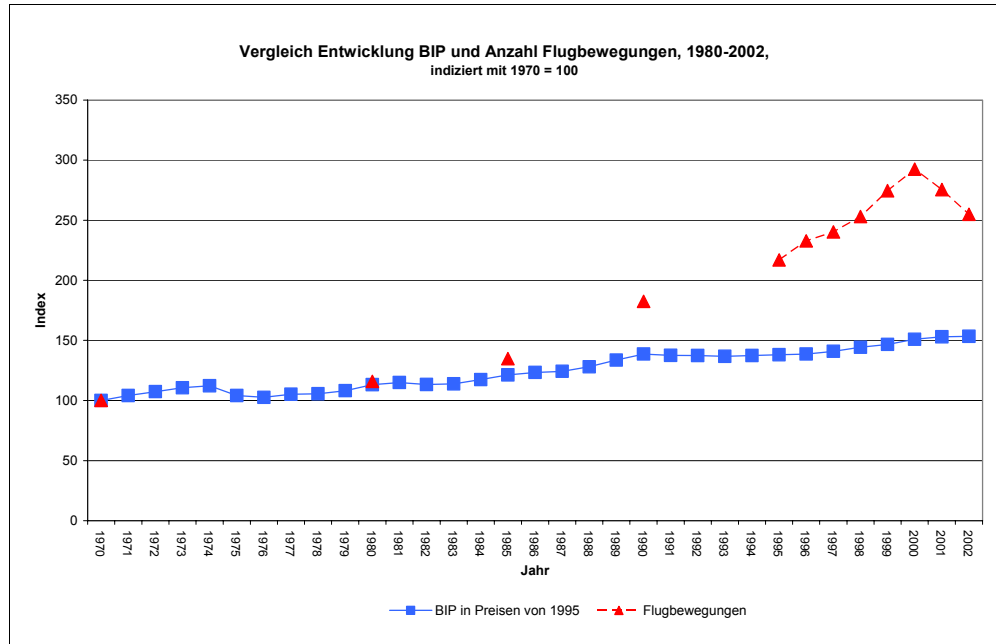
Aufgrund der wenigen gesamtschweizerischen Daten zur Lärmbelastung erscheint ein Vergleich mit der Entwicklung des BIP zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht sinnvoll.

Werden als zweiter Indikator für die Lärmbelastung die Anzahl Flugbewegungen (Starts und Landungen auf den wichtigsten Flughäfen der Schweiz) betrachtet, zeigt sich eine gegenüber dem BIP wesentlich stärkere Entwicklung der Flugbewegungen. Hierdurch hat jedoch nicht die Lärmbelastung in der ganzen Schweiz zugenommen, sondern regional und lokal um die grossen Flughäfen.

---

<sup>16</sup> Quellen: Lärmbelastungskataster und ARE: Lärmexpositionsbericht, 2. Zwischenbericht (November 2003).

Abb. 23:  
 Vergleich Entwicklung BIP  
 und Anzahl Flug-  
 bewegungen, 1980–2002,  
 indiziert mit 1970 = 100.



Datenquelle: Schweizerische Zivilluftfahrt. Jahresstatistik 2002 (und diverse andere Jahrgänge), Weltbank 2003.



## 2.1.8 Boden, Landschaft und Biodiversität

### Bodenqualität

Für den Bereich Bodenqualität (Belastung mit Schwermetallen u.a.) existiert kein gesamtschweizerischer Wert, der einen Vergleich mit der Entwicklung des BIP erlauben würde. Die Messwerte des Nationalen Boden-Beobachtungsnetzes (NABO) lassen Aussagen über die Bodenbelastung an den jeweiligen Standorten zu, die sich allerdings schwer aggregieren lassen (vgl. hierzu BUWAL 2000). Eine Aggregation und Verwendung für die Zielsetzung dieser Studie erscheint daher nicht aussagekräftig. Hilfsgrößen für die Belastung des Bodens stellen der Verbrauch von Pflanzenschutzmitteln (Insektizide, Fungizide, Herbizide und Wachstumsregulatoren) und Düngemitteln in der Schweiz dar.

### Pflanzenschutzmittel

Der Verbrauch von Pflanzenschutzmitteln hat zwischen 1989 und 2000 gegenüber der Entwicklung des BIP abgenommen.<sup>17</sup> Festzuhalten ist jedoch, dass die Wirksamkeit der Pflanzenschutzmittel in der Vergangenheit zugenommen hat, was aber durch die Verbrauchsdaten nicht abgebildet wird.<sup>18</sup>

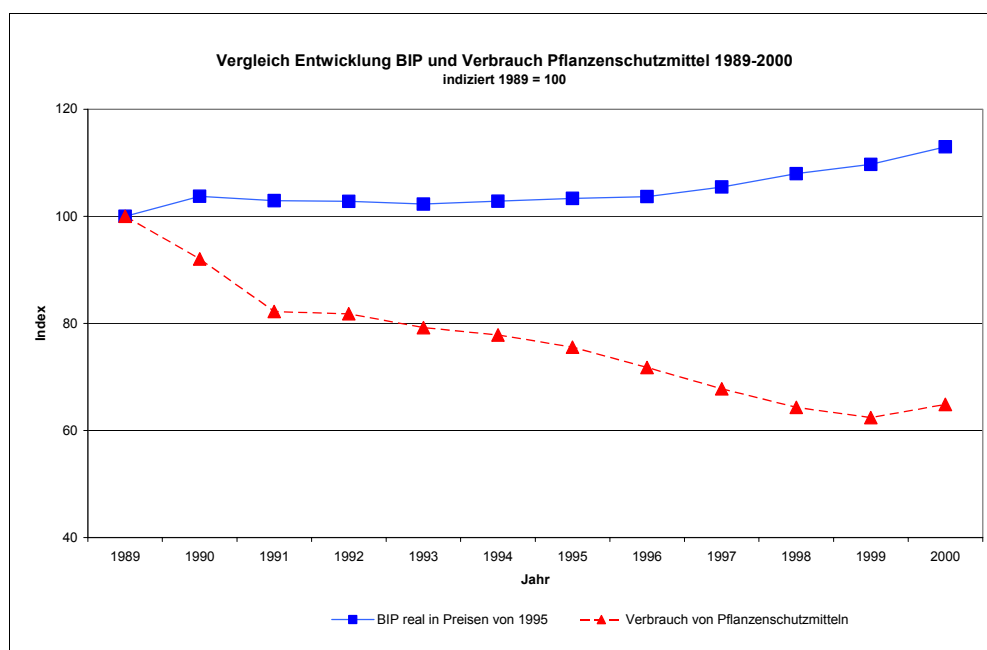


Abb. 24:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und Verbrauch Pflanzenschutzmittel, 1989–2000,  
indiziert mit 1989 = 100.

Datenquelle: Schweizerische Gesellschaft für Chemische Industrie 2001, Weltbank 2003.

### Düngerverbrauch

Hinsichtlich des Einsatzes von Düngemitteln zeigt sich, dass ab Anfang der 90er Jahre eine Entkopplung des Düngemittelverbrauchs (aggregierter Verbrauch von

<sup>17</sup> Datenquelle: Umfrageergebnisse der Schweizerischen Gesellschaft für die chemische Industrie (SGCI) 2001, übermittelt vom BFS per E-Mail vom 17. November 2003.

<sup>18</sup> Der Lenkungsabgabenbericht über Dünger und Pflanzenschutzmittel (BUWAL 2003) zeigt, dass in der Schweiz faktisch keine repräsentativen, risikobezogenen Pflanzenschutzmittel-Daten vorliegen. Diese müssten erst in einem Aktionsprogramm beschafft werden (E-Mail von J. Dettwiler vom 30.10.2003).

Reinstickstoff- und Reinkalidünger sowie Phosphor) vom BIP festzustellen ist. Zurückzuführen ist dies vor allem auf die Aufgabe von vielen Betrieben und auf die Ökologisierung der Schweizer Landwirtschaft.

Bei einer differenzierten Betrachtung zeigt sich, dass die Entkopplung des gesamten Düngemittelverbrauchs vor allem auf den Rückgang bei der Verwendung von Phosphor- und Reinkalidünger zurückzuführen ist; die Verwendung von Reinstickstoffdüngern hingegen stieg von 1974 bis Mitte der 80er stark an und verharrte dann auf hohem Niveau, um bis etwa 1997 zu sinken. Seitdem wurde in der Schweiz wieder mehr Reinstickstoffdünger verwendet.

Anzumerken ist, dass der Anteil der landwirtschaftlichen Wertschöpfung am BIP aufgrund des wirtschaftlichen Strukturwandels seit den 70er Jahren stetig abgenommen hat.

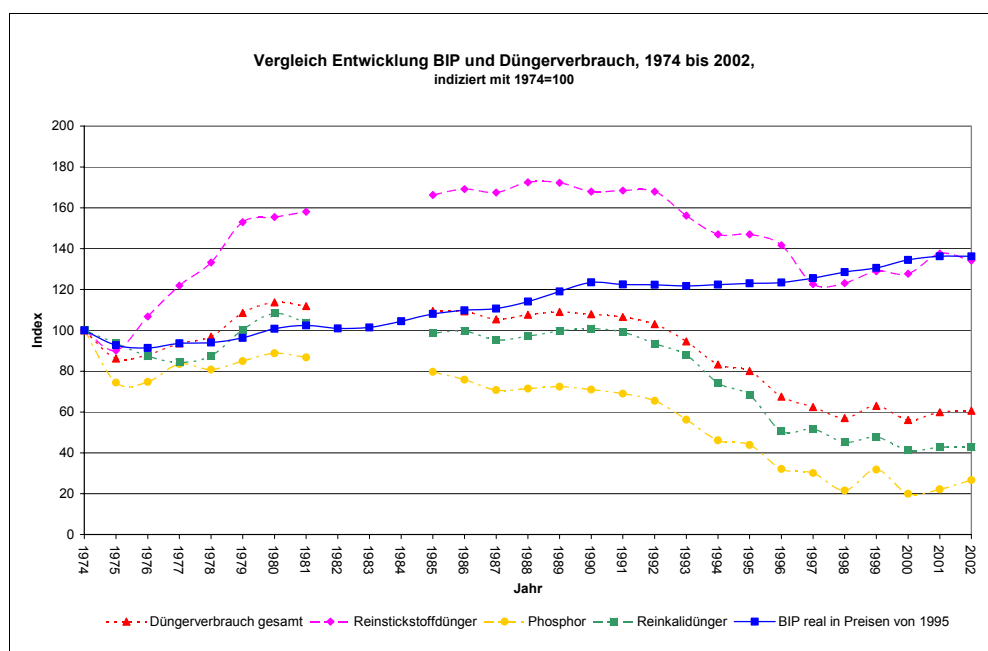


Abb. 25:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und Düngerverbrauch,  
1974–2002,  
indiziert mit 1974 = 100.

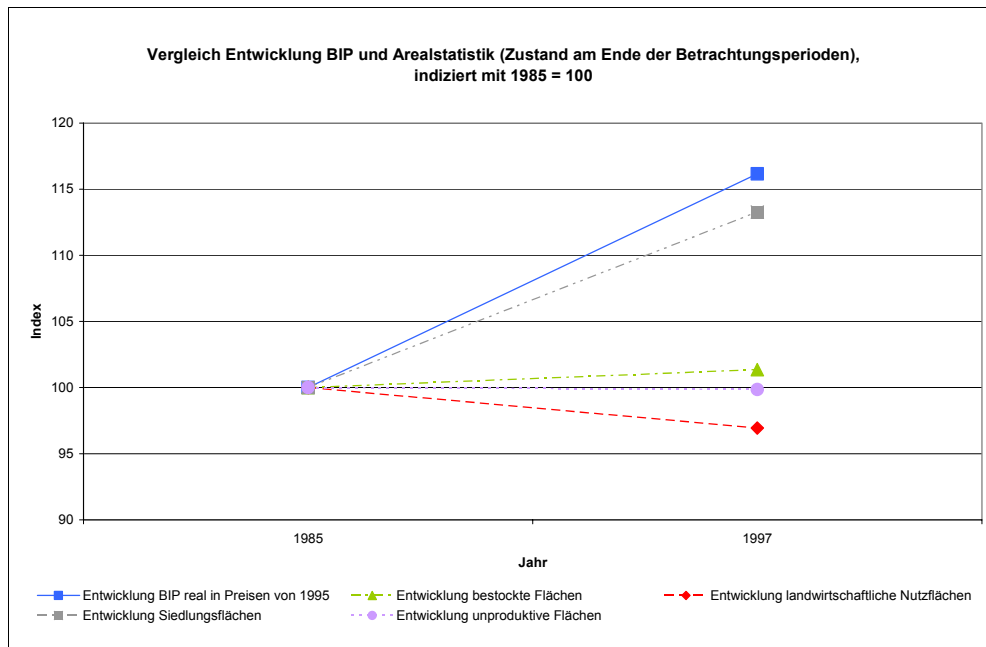
Datenquelle: Schweizerischer Bauernverband 2003, Weltbank 2003.

### Flächenverbrauch

Einen Eindruck von der Veränderung der Landschaft kann die Arealstatistik liefern. Die vorliegenden Arealstatistikerhebungen (1979/85 und 1992/97)<sup>19</sup> lassen einen Vergleich zwischen zwei Zeitpunkten zu, die Erstellung einer Zeitreihe ist nicht möglich. Die Siedlungsflächen verzeichneten ein starkes Wachstum auf Kosten vor allem der landwirtschaftlichen Nutzflächen.

<sup>19</sup> Quelle: Arealstatistik, BFS.

Abb. 26:  
Vergleich Entwicklung BIP und Arealstatistik (Zustand am Ende der Betrachtungsperioden), indiziert mit 1985 = 100.



Datenquelle: Bundesamt für Statistik. Arealstatistik, Weltbank 2003.

Einzelne Landschaftselemente, die auch für den Erhalt der Biodiversität wichtig sind, haben sich in den letzten Jahren unterschiedlich entwickelt. Hierauf wird in Kapitel 3 näher eingegangen.

### Biodiversität

Als Konsequenz des Trends «Ausräumung der Landschaft» wird erwartet, dass die Gefährdung der Artenvielfalt weiter zunimmt. Viele Landschaftselemente wie Einzelbäume, Hochstamm- und Feldobstbäume, Hecken, Feldgehölze u.a. stellen wichtige Habitate für bedrohte Arten dar (vgl. z.B. ARE, BUWAL 2001, S. 19). Die Entwicklung der roten Listen sollte die Gefährdung der Artenvielfalt widerspiegeln. Aufgrund einer Anpassung an die international verwendete Methodik bei der Erstellung der roten Listen sind die aktuellen Werte für die Schweiz kaum mit früheren Werten vergleichbar.<sup>20</sup> Allerdings hat das BUWAL in der aktualisierten roten Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen in der Schweiz einen einfachen Vergleich ermöglicht, indem der Anteil an denjenigen rote Liste-Arten für die rote Liste 1991 (alte Methodik) und für die rote Liste 2001 (neue Methodik) bestimmt wurde, die eine relativ kohärente Gruppe bilden (BUWAL 2002, S. 35). Das Ergebnis dieses Vergleichs ist umso mehr bedeutsam, als die Vielfalt bzw. Bedrohung der Farn- und Blütenpflanzen einen guten Eindruck über die Vielfalt bzw. Bedrohung vieler anderer Arten in Ökosystemen zulässt (vgl. z.B. Duelli/Obrist 1998).

<sup>20</sup> Das BUWAL rät aufgrund von Änderungen der Einstufungsmethode pro Gefährdungskategorie explizit von jedem Vergleich zu früheren Zahlen ab (Mitteilung von F. Cordillot vom 3. November 2003).

Der Anteil der rote Liste-Arten Farn- und Blütenpflanzen ist von rund einem Viertel 1991 auf rund ein Drittel 2001 gestiegen. Deshalb ist «auch unter Berücksichtigung des Einflusses des Methodenwechsels und der grösseren Anzahl behandelter Taxa eine Tendenz zur Verschärfung der Gefährdungssituation ersichtlich» (BUWAL 2002, S. 35). Dieses Vorgehen erlaubt uns, wenigstens für die zwei Zeitpunkte 1991 und 2001 einen Vergleich hinsichtlich Wirtschaftswachstum und Zunahme der Bedrohung der Artenvielfalt durchzuführen. Es zeigt sich, dass nicht von einer Entkopplung gesprochen werden kann: Bei einem Vergleich der gewählten Zeitpunkte hat die Bedrohung der Artenvielfalt, ausgedrückt im Anteil der rote Liste-Arten bedrohter Farn- und Blütenpflanzen, stärker zugenommen als das Wachstum des realen BIP.

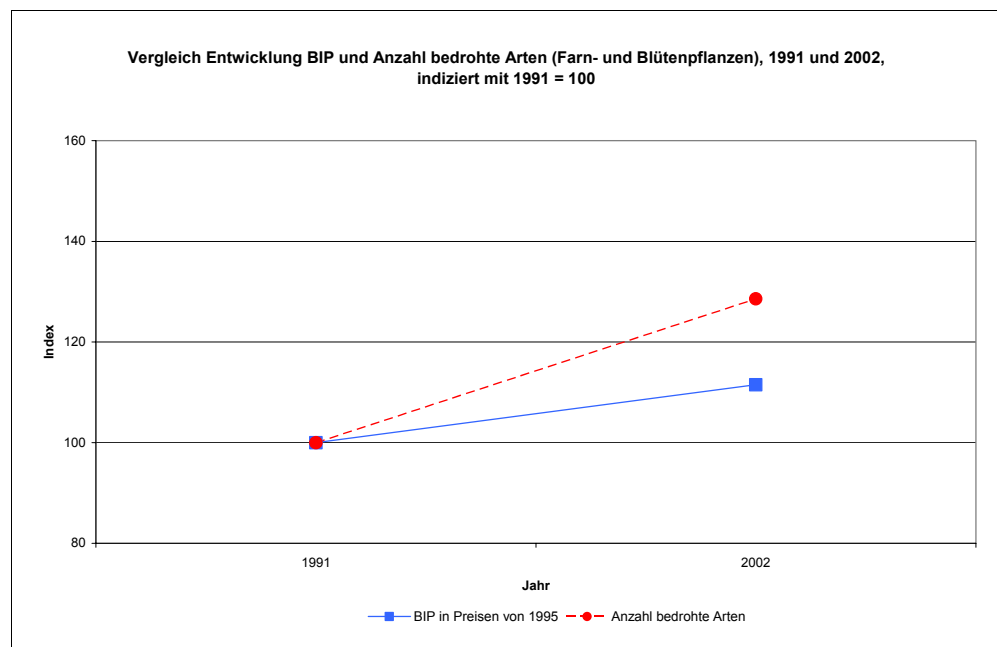


Abb. 27:  
Vergleich Entwicklung BIP  
und Anzahl bedrohte  
Arten (Farn- und Blüten-  
pflanzen), 1991 und 2002,  
indiziert mit 1991 = 100.

Datenquelle: BUWAL 2002: Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz, Farn- und Blütenpflanzen, Ausgabe 2002, Weltbank 2003.

Im Gegensatz zur gestiegenen Bedrohung der Artenvielfalt ist die Anzahl der in der Schweiz geschützten Gebiete sehr stark gestiegen.<sup>21</sup> Anzumerken ist, dass diese Daten für allfällige weitere Interpretationen z.B. bezüglich des Zustandes der Artenvielfalt mit grösster Vorsicht zu betrachten sind, da sie nichts über die Qualität bzw. den Zustand der ausgeschiedenen Gebiete aussagen. Um eine Entkopplung zwischen Umweltbelastung durch Flächenverbrauch (bzw. Bedrohung der Biodiversität) und BIP-Wachstum festzustellen, macht dieser Indikator aus unserer Sicht nur eingeschränkt Sinn. Deswegen wird auf eine Gegenüberstellung von geschützten Flächen und BIP verzichtet.

<sup>21</sup> Quelle: Entwicklung der geschützten Flächen in der Schweiz. Inventare von 1961 bis 2001, ohne Überschneidungen von Inventarkategorien, übermittelt vom BUWAL per E-Mail vom 17. November 2003.

Die Entwicklung der Schutzgebiete zeigt auf, für welche Teile der schweizerischen Landesfläche es verbindliche Schutzrichtlinien gibt (Moore, Auen, Wasser- und Zugvogelreservate, Landschaften von nationaler Bedeutung). Allerdings ist nur mittels der Flächenanteile keine Aussage möglich, ob der Schutz ausreichend ist. Der Grossteil der Schutzgebiete sind BLN-Objekte (Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung). Die Qualität von Natur und Landschaft in vielen BLN-Gebieten wird von verschiedenen Seiten kritisch beurteilt (vgl. z.B. Suter 1997).

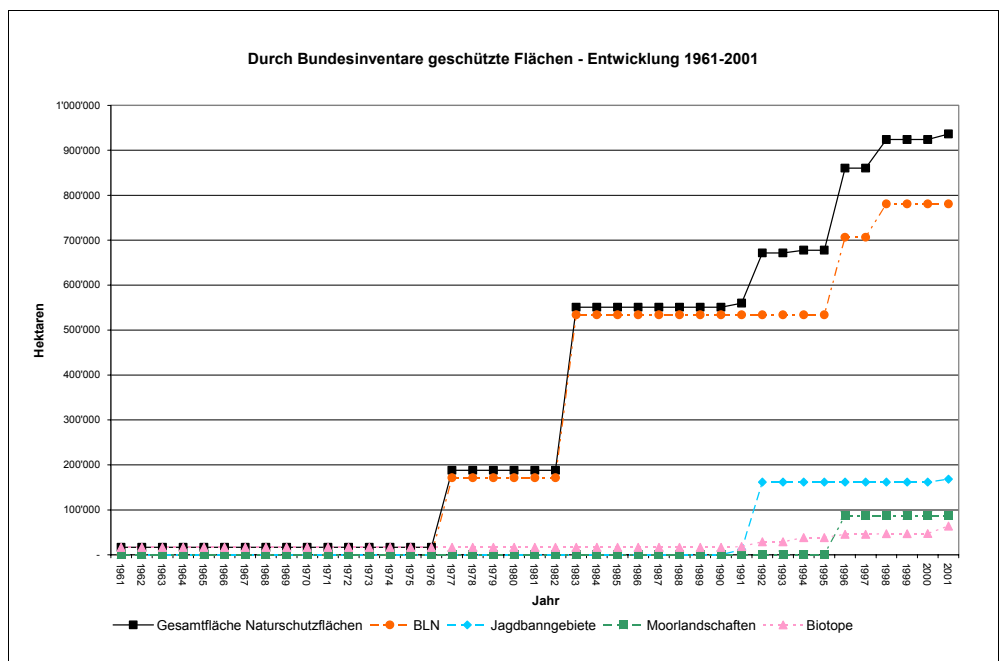


Abb. 28:  
Durch Bundesinventare geschützte Flächen-  
Entwicklung, 1961–2001.

Datenquelle: BUWAL: Geschützte Flächen in der Schweiz – Bundesinventare 1961 bis 2001.

Der gezeigte Anstieg ist auf die schrittweise Inkraftsetzung des «Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung» (ab 1977) und auf die Umsetzung des Verfassungsartikels von 1987 über den Schutz der Moore und Moorlandschaften (so genannter «Rothenthurm-Artikel») zurückzuführen. Nur ein kleiner Teil der Schutzgebiete steht unter strengem Schutz (ungeschmälerzte Erhaltung gesetzlich verankert).

## 2.1.9 Zusammenfassende Übersicht Schweiz

Die folgende Tabelle gibt für die auf die Schweiz bezogenen Indikatoren an, für welchen Indikator jeweils eine Entkopplung von der Entwicklung des BIP festzustellen bzw. nicht festzustellen ist.

Hinter der Indikatorbezeichnung ist in einer zusätzlichen Spalte festgehalten, ob es sich um einen Driving Forces (D), Pressure (P), State (S), Impact (I) oder Response (R) Indikator handelt. Bei den Response-Indikatoren bedeutet «Entkopplung: Ja», dass der Response Indikator stärker als das BIP gestiegen ist.

Tabelle 5: Übersicht über die Entwicklung ausgewählter Umweltindikatoren (Schweiz).

Umweltbereich bzw. Indikator	Typ	Relative Entkopplung*	Absolute Entkopplung**
<b>Umweltbereich Klima</b>			
Emissionen von CO <sub>2</sub>	P	Ja	Nein
Emissionen von N <sub>2</sub> O	P	Ja	Nein
Emissionen von CH <sub>4</sub>	P	Ja, deutlich	Ja
<b>Umweltbereich Luft</b>			
Emissionen von CO	P	Ja, deutlich	Ja
Emissionen von SO <sub>2</sub>	P	Ja, deutlich	Ja
Emissionen von NO <sub>x</sub>	P	Ja	Weniger stark als bei den anderen Stoffen
Emissionen von NMVOC	P	Ja, deutlich	Ja
Immissionen von SO <sub>2</sub>	S	Ja, deutlich	Ja, deutlich
Immissionen von NO <sub>2</sub>	S	Ja, deutlich	Ja, deutlich
Immissionen von PM10	S	Ja, aber Immissionen steigen seit 2001	Ja, aber Immissionen steigen seit 2001
Immissionen von Ozon	S	Nein	Nein
<b>Umweltbereich Wasser</b>			
Trinkwasserverbrauch	D	Ja	Ja
Gewässerqualität Seen	S	Ja, bei den meisten Seen deutliche Entkopplung, bei anderen weniger (z.B. Sempacher See)	Ja, bei einigen Seen weniger starke Reduktionen (z.B. Sempacher See)
Gewässerqualität Flüsse (exemplarisch)	S	Ja, vorwiegend wg. BIP-Wachstum	Gering
BOD-Emissionen	S	Ja	Ja
Anschluss an ARA	R	Ja	Ja
<b>Umweltbereich Materialverbrauch, Stoffe, Abfälle</b>			
Verbrauch von Kies	D	Ja, aufgrund Strukturwandel	Geringfügige Verbrauchsreduktion
Verbrauch von Zement	D	Ja, aufgrund Strukturwandel	Ja
Verbrauch von Kunststoff	D	Nein	Nein
Verbrauch von Holz	D	Nein	Nein
Menge Siedlungsabfälle	P	Nein	Nein
Anfall Sonderabfälle	P	Nein	Nein
Exporte von Sonderabfällen	I	Nein	Nein
Wiederverwertungsquote	R	Ja	Ja
<b>Umweltbereich Energie</b>			
Bruttoenergieverbrauch	P	Nein	Nein
Endenergieverbrauch	P	Nein	Nein
Erneuerbare Energien	R	Ja	Ja
<b>Umweltbereich Lärm</b>			
Lärmbelastung durch Strassenverkehr	S	Aussage nicht sinnvoll, da kaum gesamtschweizerische Daten	Keine Fortschritte zwischen 1980 und 1985
Anzahl Flugbewegungen	D	Nein	Nein
<b>Umweltbereich Boden, Landschaft, Biodiversität</b>			
Verbrauch von Pflanzenschutzmitteln	D	Ja, aber Wirksamkeit der Mittel ist stärker und wird nicht ausgewiesen	Ja, aber Wirksamkeit der Mittel ist stärker und wird nicht ausgewiesen
Verbrauch von Düngemitteln	D	Ja: Verbrauch von Phosphor und von Reinkalidünger Nein: Verbrauch von Reinstickstoffdünger	Ja: Verbrauch von Phosphor und von Reinkalidünger Nein: Verbrauch von Reinstickstoffdünger
Entwicklung Siedlungsflächen	S	Nein	Nein
Veränderung rote Listen	I	Nein	Nein
Geschützte Flächen	R	(Ja), Aussage nicht sinnvoll	Ja

\* Umweltbelastungen haben in geringerem Ausmass als das BIP zugenommen.

\*\* Umweltbelastungen haben abgenommen, d.h. es gibt Fortschritte bei der Verminderung von Emissionen bzw. des Verbrauchs seit 1970 (bzw. frühestem betrachtetem Wert).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass von 34 betrachteten Indikatoren bei 21 eine relative Entkopplung zwischen Umweltbelastung und BIP-Wachstum festzustellen ist. Dies sagt allerdings nichts über bereits bestehende Umweltbelastung aus. Mindestens bei drei dieser Indikatoren ist die Entkopplung aber klar auf das stärkere BIP-Wachstum bzw. den wirtschaftlichen Strukturwandel als auf Fortschritte bei der Verminderung der Umweltbelastung zurückzuführen. Bei 11 Indikatoren fand hingegen keine Entkopplung statt.

Bei insgesamt 13 Indikatoren kam es zu einer Steigerung der Emissionen bzw. des Verbrauchs (keine absolute Entkopplung).

Bei zwei Indikatoren (Lärm und Verbrauch von Düngemitteln) ist keine eindeutige Aussage möglich.

## 2.2 Internationaler Vergleich

### 2.2.1 Methodische Aspekte

#### Datenakquisition

Für den internationalen Vergleich der Entwicklung von Umweltbelastung und Wirtschaftswachstum werden verschiedene Quellen benutzt. Als Hauptquellen fungieren der Datensatz der Weltbank (2003), Publikationen der OECD sowie Energiedaten der International Energy Agency (IEA).

#### Länder- und Datenauswahl sowie Einordnung ins DPSIR-Modell

Für den Ländervergleich wurden die Schweiz, Deutschland, Norwegen, Österreich, Japan und die USA ausgewählt. Die der Auswahl zugrunde liegenden Überlegungen sind zusammengefasst:

- Deutschland stellt eines der wichtigsten und grössten EU-Länder dar und ist auch ein wichtiger Markt für die Schweiz,
- Österreich und die Schweiz sind in vielem ähnlich strukturiert und wichtige Nachbarländer,
- Norwegen ist zusammen mit der Schweiz nicht in der EU, aber in der EFTA. Norwegen gilt in vielen Umweltbereichen als vorbildlich, deshalb ist ein Vergleich mit der ebenfalls in vielen Umweltbereichen als vorbildlich geltenden Schweiz interessant,
- Japan und die USA sind international zwei der wichtigsten Emissionsländer.

Die folgende Tabelle zeigt, welche Umweltdaten bzw. -indikatoren hier ausgewählt wurden, und wie sie in das DPSIR-Modell eingeordnet werden. Darauf hinzuweisen ist, dass aufgrund der Ländervergleichbarkeit die internationalen Daten immer aus einer Quelle stammen. Mitunter werden dabei gleich- bzw. ähnlich lautende Umweltindikatoren wie im Kapitel 2.1 verwendet. Die in Kapitel 2.1 und 2.2 verwendeten Daten dürfen allerdings nicht miteinander verglichen werden, da die Definitionen der Indikatoren i.d.R. nicht dieselben sind (vgl. jeweils die einzelnen Abschnitte in Kapitel 2.2).

Tabelle 6: Einordnung der Indikatoren (internationaler Vergleich) ins DPSIR-Modell.

Bereich	D	P	S	I	R
Klima und Luft		Emissionen von CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>			
Wasser	Frischwasserverbrauch	BOD-Emissionen			Anschluss an ARA
Materialverbrauch, Stoffe und Abfälle		Siedlungsabfall			
Energie	Elektrizitätsverbrauch	Primärenergieeinsatz			
Verkehr	Gefahrene Strassenkilometer				
Boden, Landschaft, Biodiversität		Düngemittelverbrauch			Geschützte Flächen



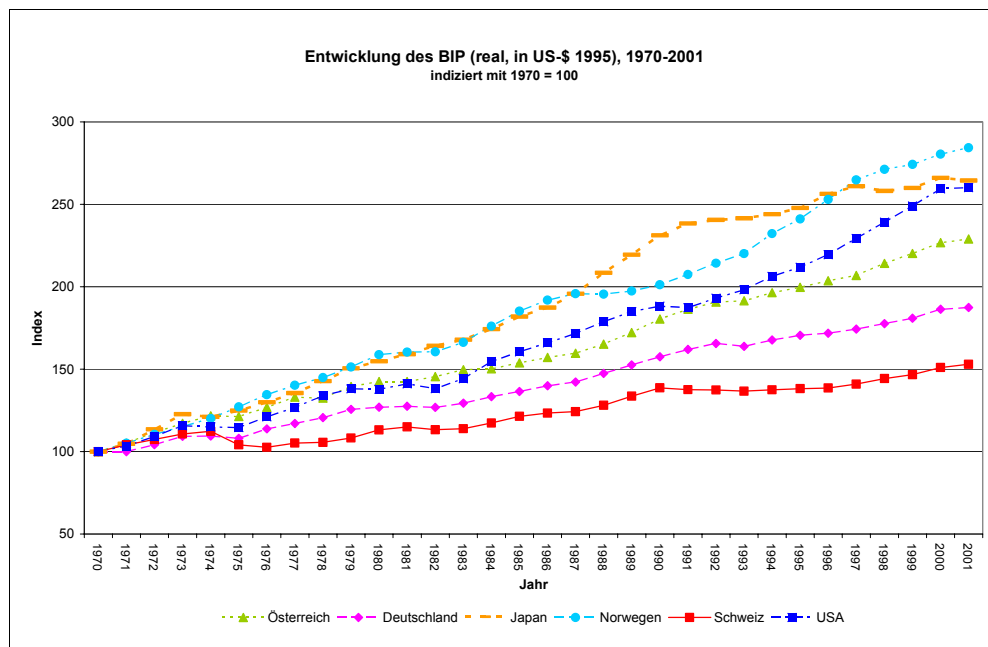
### Darstellung der Daten

Um eine quantitative Interpretation zu erlauben, ob sich Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung in unterschiedliche Richtungen entwickeln, wird der Quotient aus Umweltindikator und BIP für den ersten vorliegenden Wert auf 100 indiziert. Da die verschiedenen Länder ihre Verbesserungsschritte in Punkto Umweltschutz von unterschiedlichen Niveaus aus durchführen, wird der Quotient aus der jeweiligen Umweltbelastung und dem BIP (so genannte «Umweltintensität des BIP») zusätzlich als absoluter Wert angezeigt, um die Länder besser miteinander vergleichen zu können.

Es ist wichtig zu bemerken, dass der Quotient aus der jeweiligen Umweltbelastung und dem BIP nicht angeben kann, ob absolute Fortschritte bei der Verminderung der Umweltbelastung stattgefunden haben. Beispielsweise kann der Quotient auch sinken und damit eine Entkopplung zwischen Umweltbelastung und Wirtschaftswachstum verdeutlichen, wenn die Wirtschaftsbelastung wesentlich schneller steigt als die Umweltbelastung. Unabhängig von der Entwicklung der Umweltbelastung geben wir deshalb im Folgenden die Entwicklung des (realen) BIP der betrachteten Länder seit 1970 an. Die Daten entstammen der Weltbank-Datenbank (Weltbank 2003). Wenn nicht anders vermerkt, sind sie in Preisen von 1995 in US-\$ angegeben.

Es zeigt sich, dass für den betrachteten Zeitraum vor allem Japan, Norwegen und die USA die dynamischste Wirtschaftsentwicklung aufweisen. In Österreich und mehr noch in Deutschland ist das BIP langsamer gewachsen. Das «Schlusslicht» der hier betrachteten Länder stellt hinsichtlich wirtschaftlichem Wachstum die Schweiz dar.

Abb. 29:  
Entwicklung des BIP  
(real, in US-\$ 1995),  
1970–2001,  
indiziert mit 1970 = 100.



Datenquelle: Weltbank 2003<sup>22</sup>

Für Deutschland ist anzumerken, dass die Weltbank für Daten vor 1990 in den folgenden Bereichen ausschliesslich Daten für die ehemalige Bundesrepublik Deutschland verwendet hat: landwirtschaftliche Produktion, Zahlungs- und Handelsbilanzen, volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Finanzdaten der öffentlichen Haushalte, Verteidigung, weitere monetäre Indikatoren, Tourismus. In allen anderen Bereichen wurden für die Jahre vor 1990 die Daten der ehemaligen Bundesrepublik Deutschland und der ehemaligen Deutschen Demokratischen Republik (DDR) aggregiert oder aber keine Werte für die Jahre vor 1990 ausgewiesen. In den uns vorliegenden Quellen der OECD werden für die Jahre vor 1990 die Daten der Bundesrepublik, für Jahre nach 1990 die Daten des vereinigten Deutschland verwendet.

<sup>22</sup> Für Deutschland liegen bei der Weltbank erst ab 1971 Daten vor.

## 2.2.2 Klima und Luft

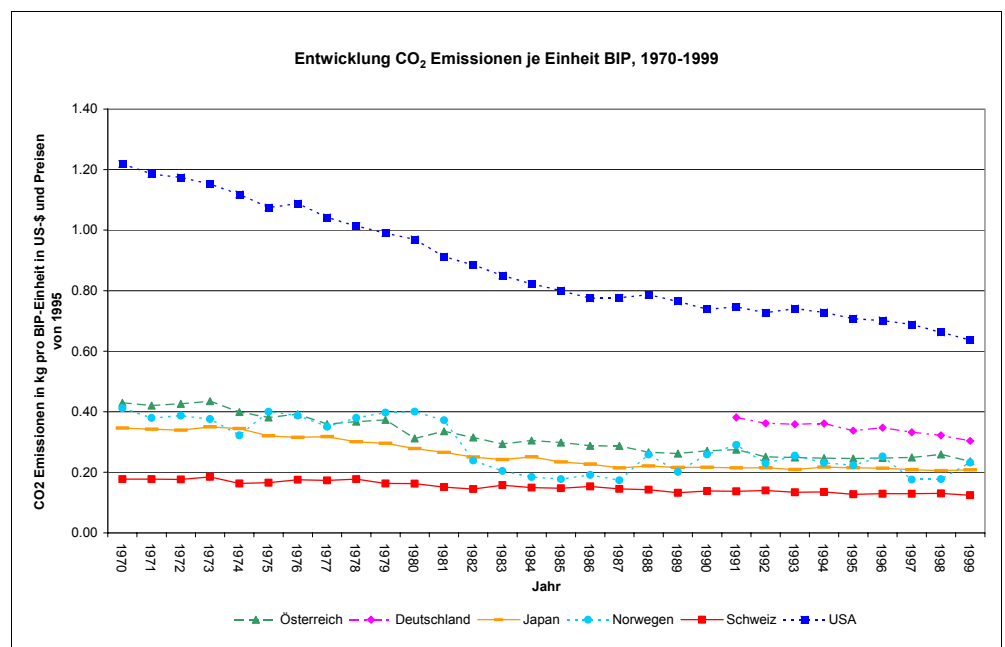
Im Vergleich mit den Ländern Österreich, Deutschland<sup>23</sup>, Norwegen, Japan und den USA weist die Schweiz für den gesamten Zeitraum von 1970 bis 1999 die geringste CO<sub>2</sub>-Intensität des BIP auf. Die höchste CO<sub>2</sub>-Intensität verzeichnen die USA.

Von den betrachteten Ländern sind die USA zusammen mit Österreich und Japan allerdings am erfolgreichsten, was die Verringerung der CO<sub>2</sub>-Intensität des BIP betrifft. Für alle betrachteten Länder kann für den Zeitraum von 1970 bis 1999 von einer Entkopplung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und der Wirtschaftsentwicklung gesprochen werden.

Wird die Entwicklung ab Anfang der 80er Jahre betrachtet, gilt die Aussage über die Entkopplung am wenigsten für die Schweiz (vgl. auch Kapitel 2.1.2). Die schlechte Position der Schweiz ist auch auf ihr geringeres Wirtschaftswachstum (ab Mitte der 80er Jahre) im Vergleich zu den anderen Ländern zurückzuführen.

Aus der Entkopplung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und der Wirtschaftsentwicklung bei den anderen Ländern darf allerdings noch nicht darauf geschlossen werden, dass grosse Fortschritte bei der Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen erreicht worden sind. Vielmehr hat sich die Wirtschaft dynamischer entwickelt, als die CO<sub>2</sub>-Emissionen zugenommen haben.

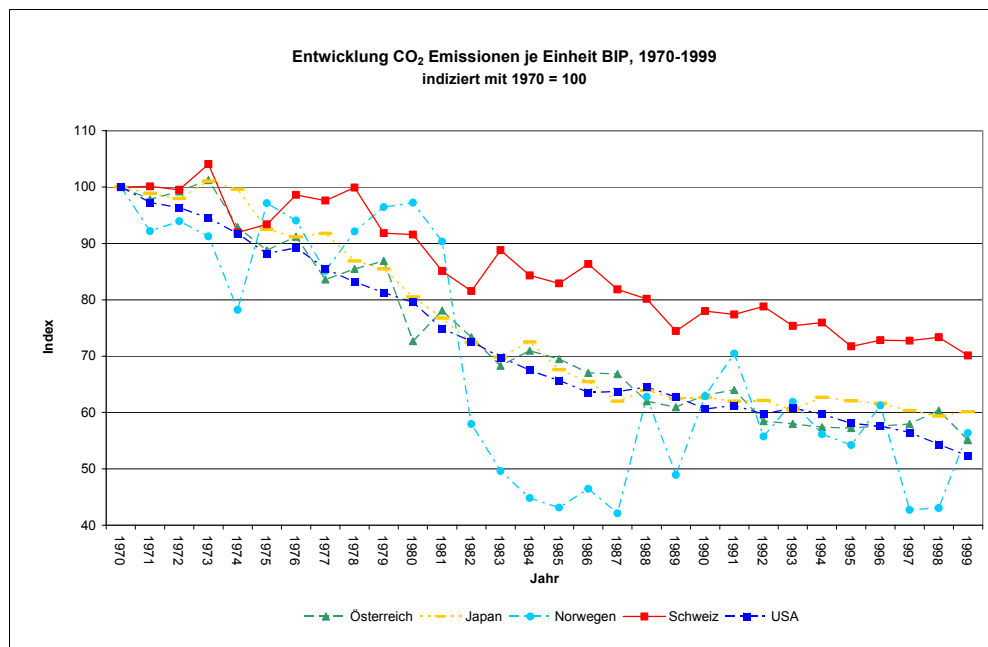
Abb. 30:  
Entwicklung CO<sub>2</sub> Emissionen je Einheit BIP, 1970–1999.



Datenquelle: Weltbank 2003.

<sup>23</sup> Aufgrund der deutschen Wiedervereinigung werden hier von der Weltbank hier Daten erst ab 1990 ausgewiesen.

Abb. 31:  
Entwicklung CO<sub>2</sub> Emissionen je Einheit BIP, 1970–1999, indiziert mit 1970 = 100.



Datenquelle: Weltbank 2003.

Bei der SO<sub>2</sub>-Intensität des BIP zeigt sich ein anderes Bild. Für den Zeitraum von 1980 bis 1999 weist wiederum die Schweiz (hier zusammen mit Japan) die beste Position auf und behält sie bis 1999. Für alle betrachteten Länder kann von einer Entkopplung von SO<sub>2</sub>-Emissionen und Wirtschaftswachstum gesprochen werden. Die grössten Emissionsreduktionen im Verhältnis zum BIP werden von der Schweiz, Norwegen, Österreich und Deutschland erzielt. Dies dürfte zum einen auf die Verschärfung der Umweltpolitik in diesen Ländern im betrachteten Zeitraum, zum anderen aber auch auf den sektoriellen Wirtschaftswandel zurückzuführen sein. Die USA sind jeweils das Land mit der höchsten SO<sub>2</sub>-Intensität des BIP sowie den geringsten Verbesserungen im betrachteten Zeitraum.

Abb. 32:  
Entwicklung SO<sub>2</sub> Emissionen je Einheit BIP, 1970–1999.

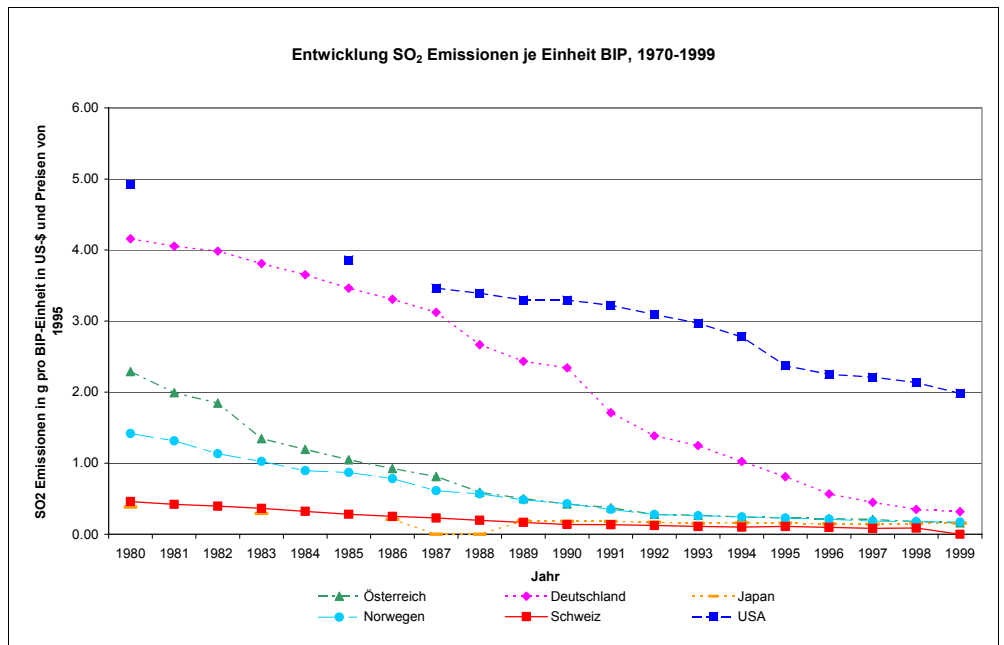
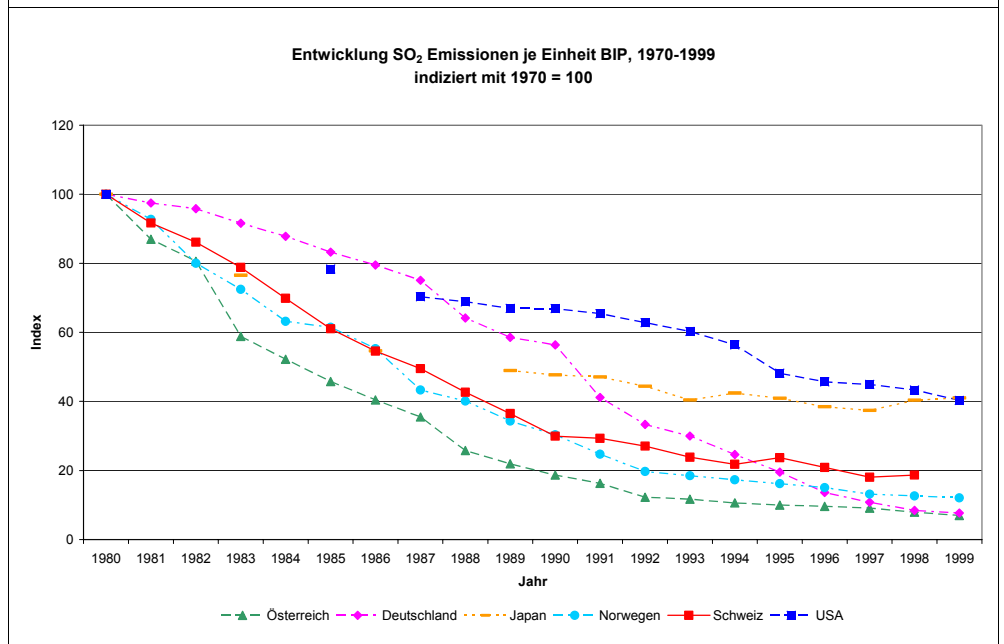


Abb. 33:  
Entwicklung SO<sub>2</sub> Emissionen je Einheit BIP, 1970–1999, indiziert mit 1970 = 100.



Datenquelle: Weltbank 2003

Bei den NO<sub>x</sub>-Emissionen sind die Verbesserungen nicht so ausgeprägt wie bei den SO<sub>2</sub>-Emissionen. Japan ist über den gesamten betrachteten Zeitraum hinweg das Land mit der geringsten NO<sub>x</sub>-Intensität des BIP, dicht gefolgt von der Schweiz. Für alle betrachteten Länder kann von einer Entkopplung von NO<sub>x</sub>-Emissionen und Wirtschaftswachstum gesprochen werden. Die grössten Fortschritte bei der Verminderung der NO<sub>x</sub>-Intensität des BIP werden von Deutschland gemacht. Festzuhalten ist, dass die USA auch hier das Land mit der höchsten NO<sub>x</sub>-Intensität des

BIP sind. Norwegen weist im betrachteten Zeitraum die geringsten Verbesserungen auf.

Abb. 34:  
Entwicklung NO<sub>x</sub> Emissionen je Einheit BIP,  
1970–1999.

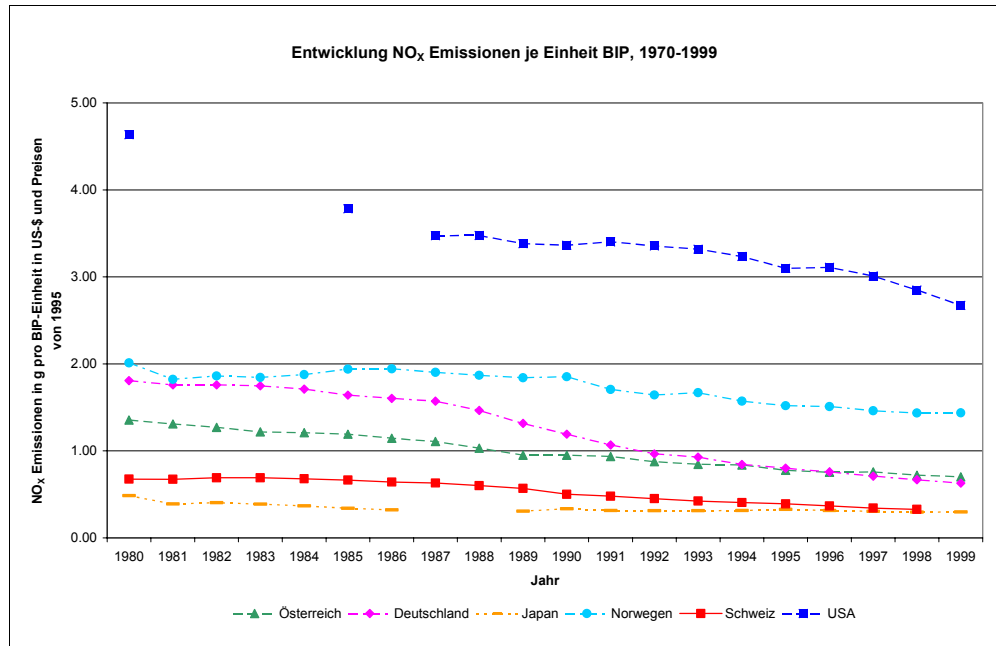
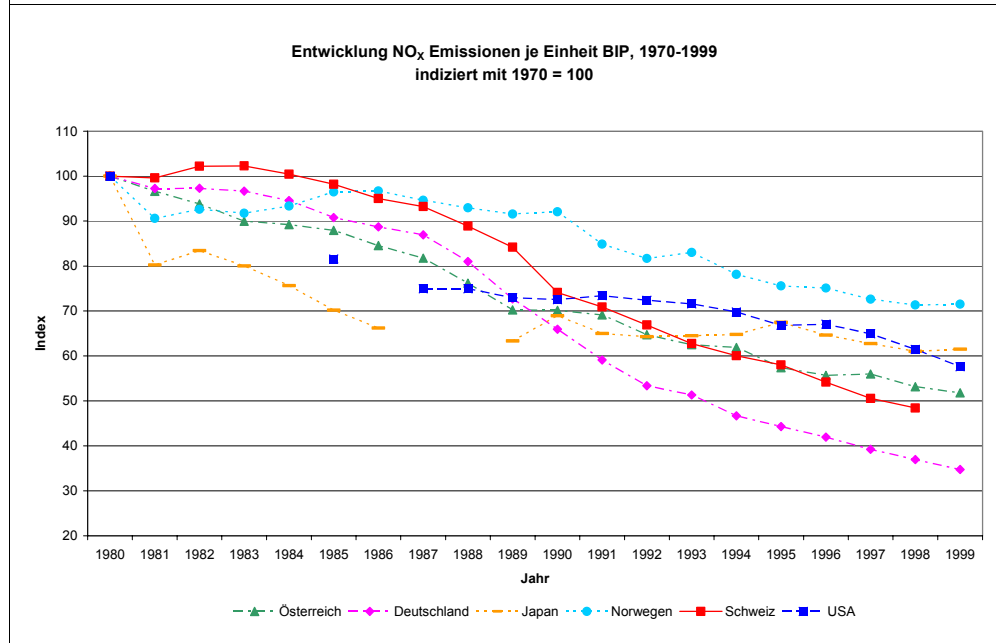


Abb. 35:  
Entwicklung NO<sub>x</sub> Emissionen je Einheit BIP,  
1970–1999,  
indiziert mit 1970 = 100.



Datenquelle: Weltbank 2003.

### 2.2.3 Wasser

Im Umweltbereich Wasser werden die Indikatoren Frischwasserverbrauch<sup>24</sup>, Anschlussgrad der Bevölkerung an öffentliche Abwasserreinigungsanlagen und organische Schadstoffe im Wasser (BOD-Emissionen)<sup>25</sup> betrachtet.

Für alle ausgewählten Länder hat im jeweiligen betrachteten Zeitraum eine Entkopplung zwischen den Indikatoren Frischwasserverbrauch bzw. BOD-Emissionen und dem Wirtschaftswachstum stattgefunden. Wie schon bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen ist allerdings darauf hinzuweisen, dass dies nicht gleichbedeutend mit einer Verminderung der Umweltbelastung ist. Vielmehr ist in den meisten Fällen das BIP schneller gewachsen, als im gleichen Zeitraum der Verbrauch z.B. an Frischwasser zugenommen hat. Beim Anschlussgrad der Bevölkerung an öffentliche Abwasserreinigungsanlagen gilt die Aussage bezüglich der Entkopplung für alle Länder, ausser für Deutschland und die USA. Hier hat möglicherweise eine Dezentralisierung der Abwasserreinigung stattgefunden, so dass nicht mehr alle Haushalte erfasst sind.

Die Einzelbetrachtung der Entwicklung des Frischwasserverbrauchs in Relation zur Entwicklung des BIP zeigt, dass

- wiederum die USA das Land mit der höchsten «Frischwasser-Intensität des BIP» sind, die Schweiz hingegen das Land mit der geringsten «Frischwasser-Intensität des BIP» für die gesamte betrachtete Periode ist,
- von diesem hohen Niveau kommend verzeichnen die USA zwischen 1980 und 1999 die grössten Fortschritte,
- die Fortschritte in der Schweiz sind relativ ähnlich wie die von Österreich und Norwegen.

---

<sup>24</sup> Der Frischwasserverbrauch wird wie folgt definiert: «Annual freshwater withdrawals refer to total water withdrawals, not counting evaporation losses from storage basins. Withdrawals also include water from desalination plants in countries where they are a significant source. Data on total withdrawals are for single years between 1980 and 2000 unless otherwise indicated. Withdrawals can exceed 100 percent of total renewable resources where extraction from nonrenewable aquifers or desalination plants is considerable or where there is significant water reuse. Withdrawals for agriculture and industry are total withdrawals for irrigation and livestock production and for direct industrial use (including withdrawals for cooling thermoelectric plants). Withdrawals for domestic uses include drinking water, municipal use or supply, and use for public services, commercial establishments, and homes.»

<sup>25</sup> Organische Schadstoffe im Wasser (BOD-Emissionen) werden wie folgt definiert: «Emissions of organic water pollutants are measured in terms of biochemical oxygen demand, which refers to the amount of oxygen that bacteria in water will consume in breaking down waste. This is a standard water treatment test for the presence of organic pollutants.»

Abb. 36:  
Entwicklung Frischwasser-  
serverbrauch je Einheit  
BIP, 1970–1999.

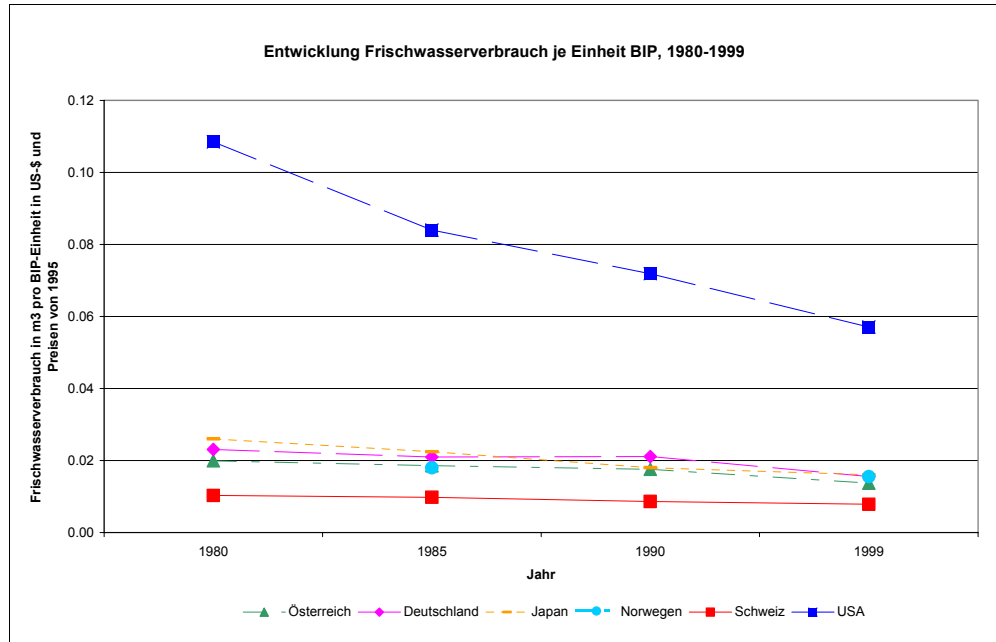
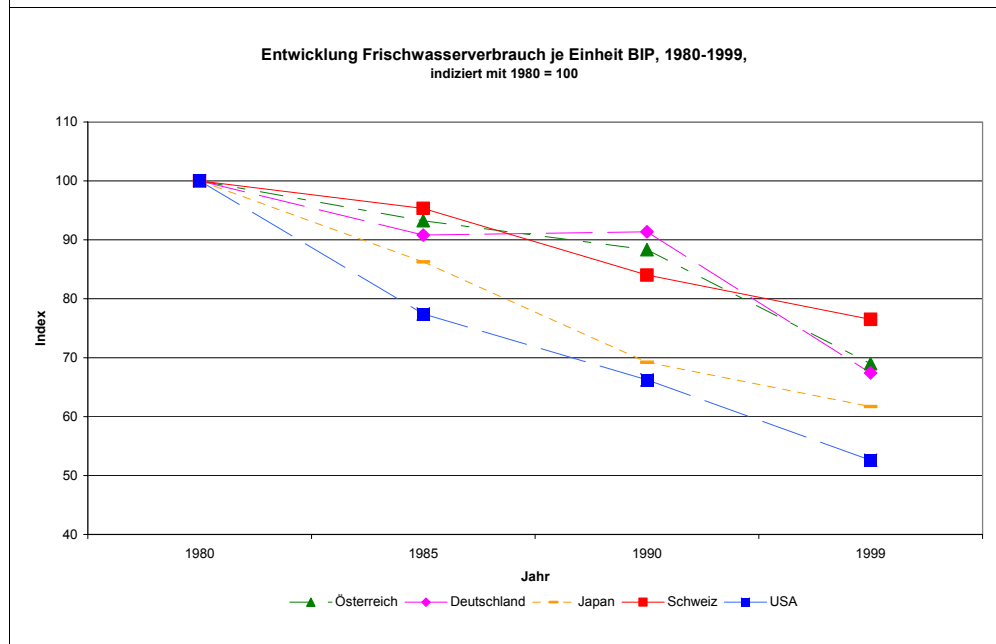


Abb. 37:  
Entwicklung Frischwas-  
serverbrauch je Einheit  
BIP, 1970–1999,  
indiziert mit 1980 = 100.



Datenquelle: Weltbank 2003, OECD 2002

Die Einzelbetrachtung des Anschlussgrades der Bevölkerung an Abwasserreini-  
gungsanlagen in Relation zur Entwicklung des BIP zeigt, dass:

- Deutschland 1980 das Land mit dem höchsten Anschlussgrad im Verhältnis zum BIP war, die Werte ab 1990 sind allerdings schlechter, vermutlich in Folge der deutschen Wiedervereinigung,
- die Schweiz von allen betrachteten Ländern den höchsten Anschlussgrad aufweist, deshalb vermag sie diesen Anteil, auch in Relation zum BIP, weniger



schnell zu steigern als beispielsweise Österreich, Norwegen oder Japan. Japan ist das Land mit der geringsten «Anschlussgrad-Intensität» des BIP.

- Auffällig ist die Situation in den USA. Das Wirtschaftswachstum ist wesentlich stärker, als der Anschlussgrad der Bevölkerung an Abwasserreinigungsanlagen zunimmt. Im Vergleich mit den anderen Ländern verbessern die USA diesen Umweltqualitätsindikator deshalb sehr langsam.

Abb. 38:  
Entwicklung Anschluss an Abwasserreinigungsanlagen je Einheit BIP/Kopf, 1970–1999.

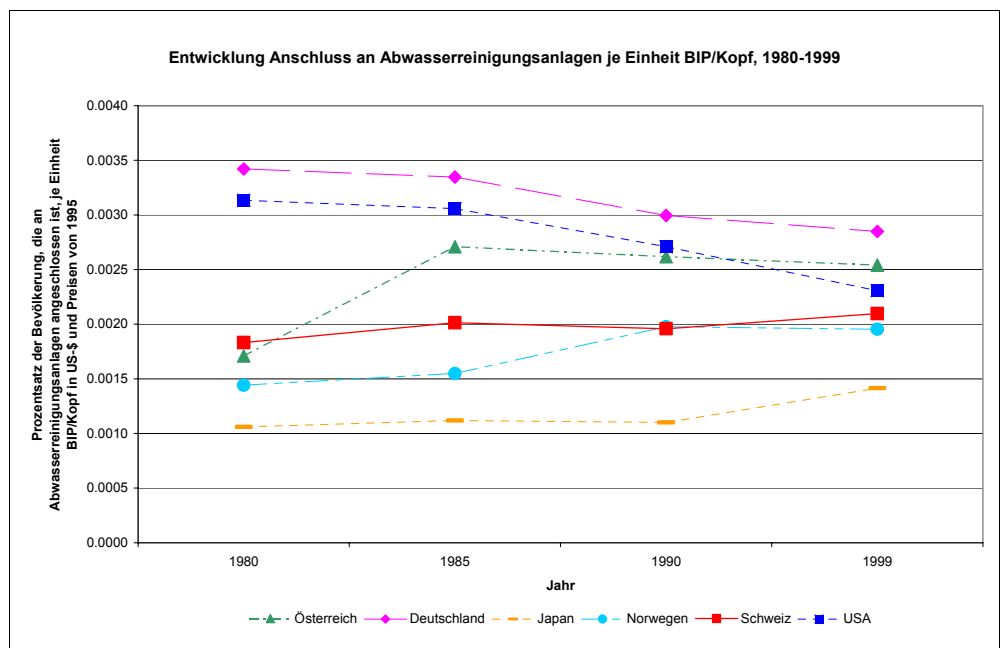
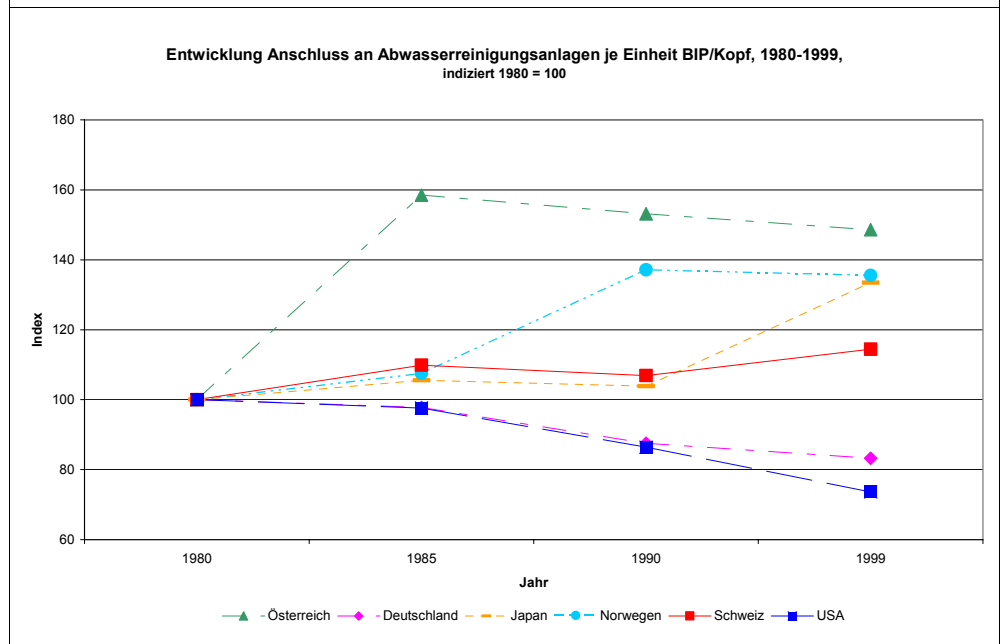


Abb. 39:  
Entwicklung Anschluss an Abwasserreinigungsanlagen je Einheit BIP/Kopf, 1970–1999, indiziert mit 1980 = 100.



Datenquelle: Weltbank 2003, OECD 2002.

Hinsichtlich der BOD-Emissionen liegt bei allen betrachteten Ländern eine Entkopplung zwischen den Emissionen und dem Wirtschaftswachstum vor.

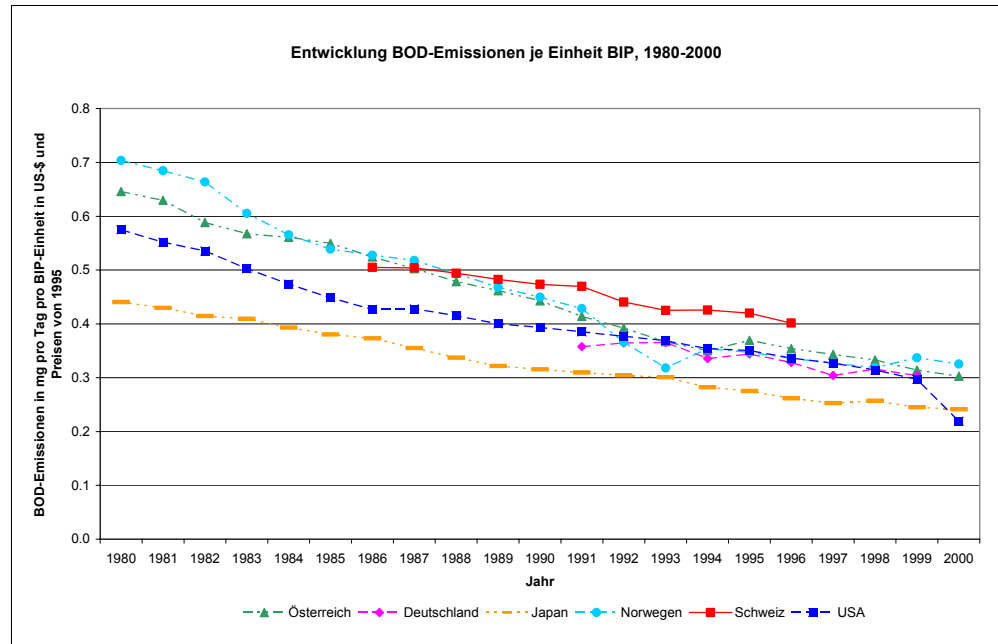


Abb. 40:  
Entwicklung BOD-  
Emissionen je Einheit BIP,  
1980–2000.

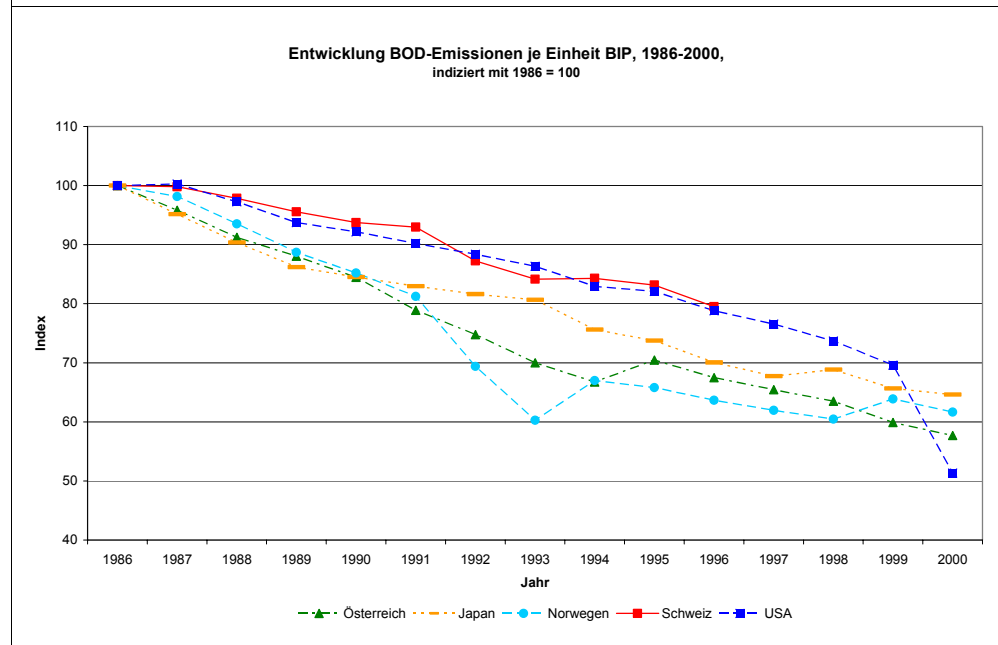


Abb. 41:  
Entwicklung BOD-  
Emissionen je Einheit BIP,  
1980–2000,  
indiziert mit 1986 = 100.

Datenquelle: Weltbank 2003<sup>26</sup>.

<sup>26</sup> Für Deutschland liegen der Weltbank keine Zahlen vor 1991 vor.

#### 2.2.4 Materialverbrauch, Stoffe und Abfälle

Für den Umweltbereich Materialverbrauch, Stoffe und Abfälle wurde die Menge des Siedlungsabfalls betrachtet.<sup>27</sup> Festzuhalten ist:

- Japan weist die geringste, die USA hingegen die höchste «Abfallintensität des BIP» auf,
- Japan weist im Jahr 2000 gegenüber 1980 auch die grössten Verbesserungen der «Abfallintensität des BIP» auf,
- für Norwegen kann aufgrund der vorliegenden Daten erst ab 1995 von einer Entkopplung zwischen Abfallmenge und Wirtschaftswachstum gesprochen werden. In der Schweiz findet keine Entkopplung statt.

---

<sup>27</sup> Der Siedlungsabfall wird hier wie folgt definiert: «In general, municipal waste is waste collected and treated by or for municipalities. It covers waste from households, including bulky waste, similar waste from commerce and trade, office buildings, institutions and small businesses, yard and garden waste, street sweepings, the contents of litter containers and market cleansing waste. The definition excludes waste from municipal sewage networks and treatment, as well as municipal construction and demolition waste» (OECD 2002). Diese Grösse entspricht im Wesentlichen dem Indikator «Siedlungsabfälle verbrannt, deponiert, plus gesammelte Altstoffe», der im Kapitel 2.1 (als Materialverbrauchsindikator) verwendet wurde.

Abb. 42:  
Entwicklung des Siedlungsabfalls je Einheit BIP, 1980–2000.

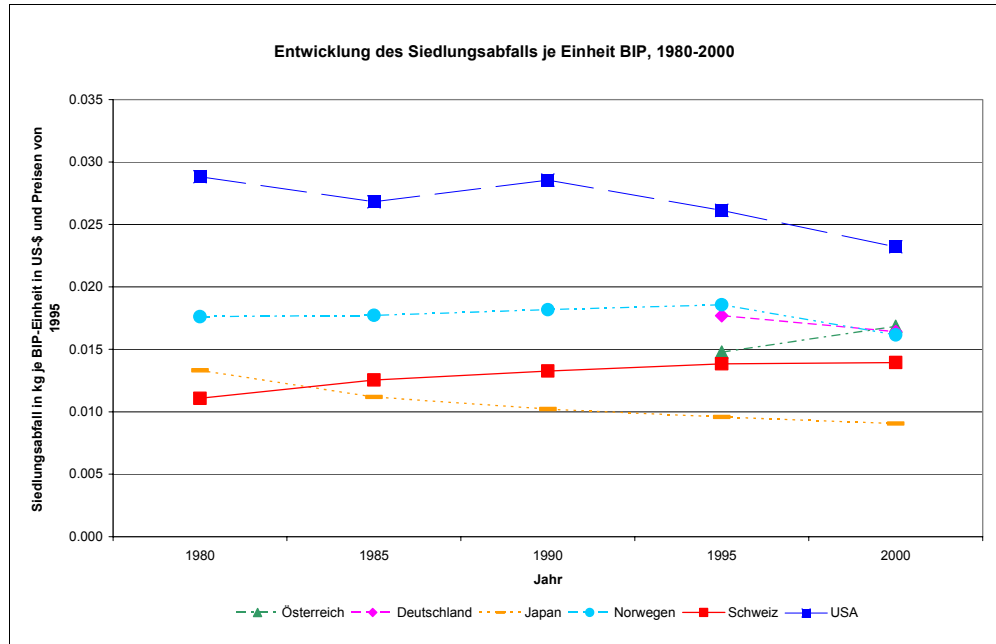
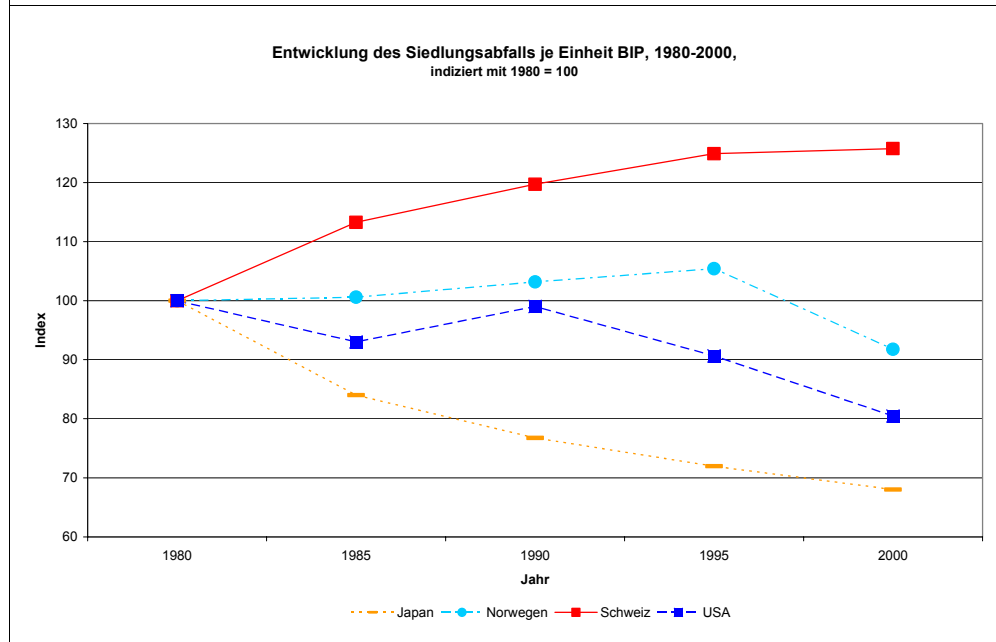


Abb. 43:  
Entwicklung des Siedlungsabfalls je Einheit BIP, 1980–2000, indiziert mit 1980 = 100.



Datenquelle: Weltbank 2003, OECD 2002.

### 2.2.5 Energie

Im Umweltbereich Energie wird die Energieintensität hinsichtlich des totalen Primärenergieeinsatzes (TPES) und hinsichtlich des Elektrizitätsverbrauchs betrachtet. Die Definition des TPES und des Elektrizitätsverbrauchs wurde ebenso wie die Daten von der International Energy Agency (IEA) übernommen.<sup>28</sup>

Es zeigt sich, dass die USA die energieintensivste Wirtschaft haben, die Schweiz hingegen die am wenigsten energieintensive. Beim Elektrizitätsverbrauch hingegen weist Norwegen die höchsten Werte in Relation zum BIP auf, gefolgt von den USA. Die Werte von Norwegen lassen sich vermutlich klimatisch bedingt erklären (lange, dunkle Winter). Die Werte der USA dürften auf den spezifischen, kaum Elektrizität sparenden Lebensstil der meisten Amerikaner zurückzuführen sein. Die Schweiz ist auch beim Elektrizitätsverbrauch wiederum das Land mit der geringsten Intensität.

Vergleichen wir wiederum die Fortschritte miteinander, die von den einzelnen Ländern seit 1970 gemacht wurden, indem die Werte für 1970 mit 100 indiziert werden, zeigt sich ein anderes Bild. Im Bereich der Energieproduktion konnten alle Länder bis auf die Schweiz ihre Energieintensität vermindern (gemessen an der Entwicklung des TPES in Relation zur Entwicklung des BIP). Beim Elektrizitätsverbrauch in Relation zum BIP konnte nur Norwegen eine Verbesserung gegenüber 1970 erreichen. Norwegen hat jedoch die grösste Intensität und deswegen auch das grösste Reduktionspotenzial. Für alle anderen Länder kann nicht von einer Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Elektrizitätsverbrauch gesprochen werden.

---

<sup>28</sup> TPES steht für Total Primary Energy Supply. TPES ist die Summe der inländischen Energieproduktion plus Importen und minus Exporten, minus internationalen Seebunkern, plus bzw. minus Änderungen in der Lagerhaltung. TPES entspricht dem Bruttoenergieverbrauch.

Abb. 44:  
Entwicklung TPES  
je Einheit BIP,  
1970–2000.

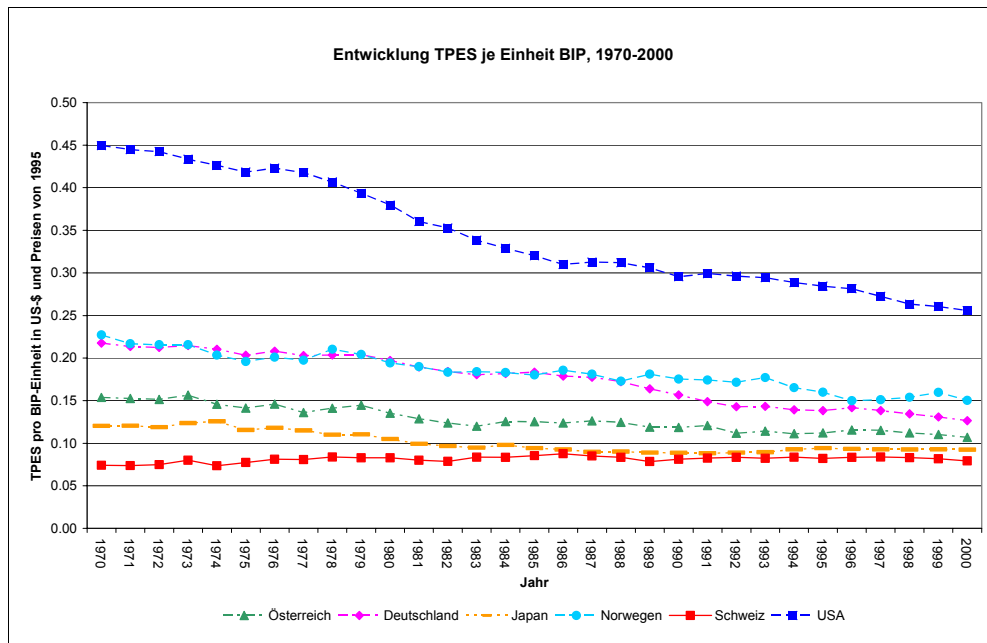
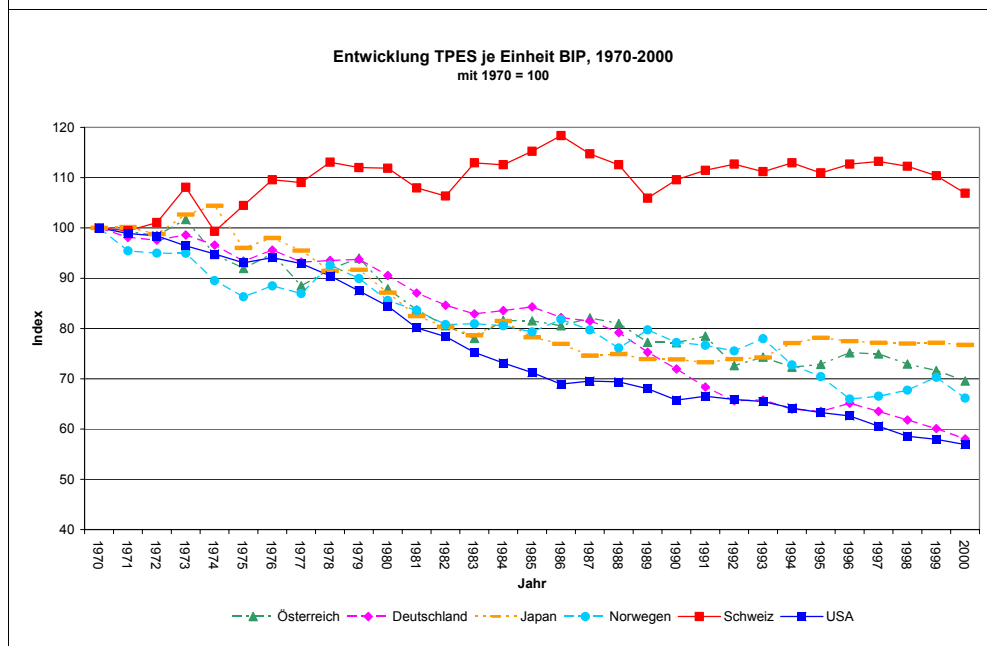


Abb. 45:  
Entwicklung TPES  
je Einheit BIP,  
1970–2000,  
indiziert mit 1970 = 100.



Datenquelle: IEA, Weltbank 2003.

Abb. 46:  
Entwicklung Elektrizitäts-  
verbrauch je Einheit BIP,  
1970–2000.

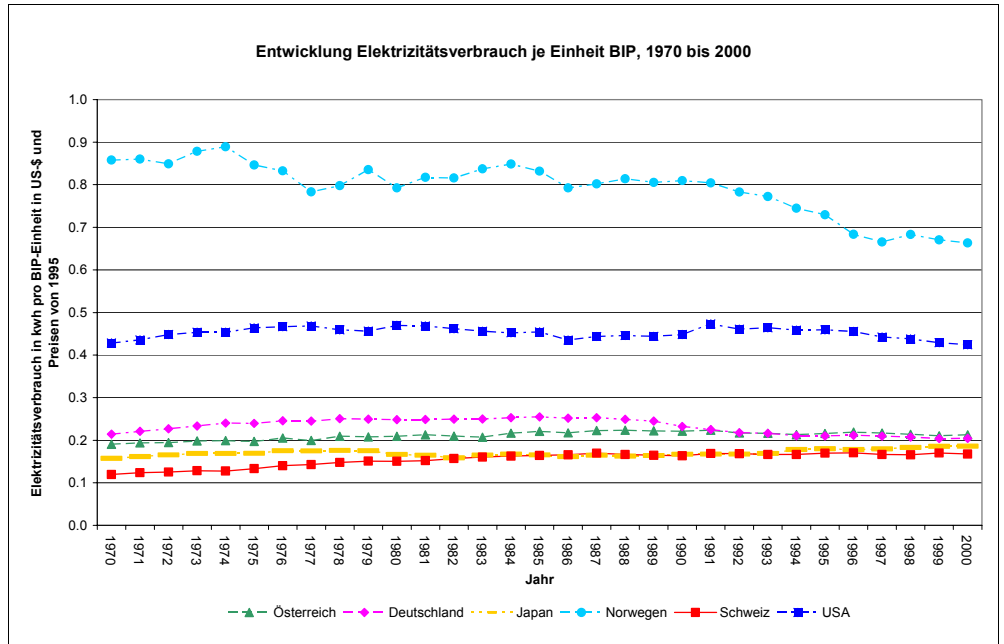
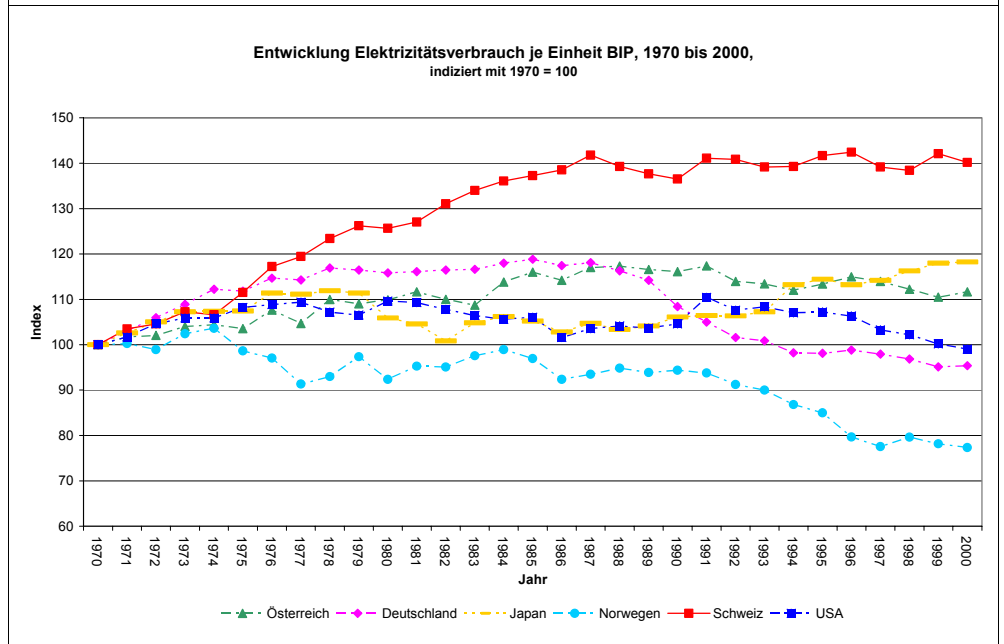


Abb. 47:  
Entwicklung Elektrizitäts-  
verbrauch je Einheit BIP,  
1970–2000,  
indiziert mit 1970 = 100.



Datenquelle: IEA, Weltbank 2003.

## 2.2.6 Verkehr

Nachfolgend werden die gefahrenen Strassenkilometer aller Fahrzeuge eines Landes (OECD 2002)<sup>29</sup> in Bezug zum BIP gesetzt. Folgende Ergebnisse sind augenscheinlich:

- In keinem der betrachteten Länder kann eine Entkopplung von gefahrenen Strassenkilometern und BIP festgestellt werden. Die USA verharren auf ihrer seit 1970 hohen Verkehrsintensität. In der Schweiz, in Japan und in Österreich hat sich die Intensität seit 1970 um rund ein Drittel zu Lasten der Umwelt verschlechtert. In der Schweiz und in Japan fand dieser Anstieg bis ca. Ende der 80er Jahre statt und verharrt seitdem auf diesem Niveau, in Österreich fand der Anstieg erst seit 1990 statt.
- In Norwegen hingegen vermindert sich der Wert der gefahrenen Strassenkilometer in Relation zum BIP seit seinem Maximum in 1989 bis 1999 auf einen ähnlichen Wert wie 1970.

---

<sup>29</sup> Die OECD (2002) verwendet dabei die folgende Definition: «Traffic volumes are expressed in billions of kilometres travelled by road vehicles. They are usually estimates: the average number of kilometres travelled each year by road vehicles is multiplied by the number of motor vehicles in use. Data refer to total kilometres travelled on all roads on national territory by national vehicles, with the exception of two- and three-wheeled vehicles, caravans and trailers.»



Abb. 48:  
Entwicklung von gefahrenen Strassenkilometern je Einheit BIP, 1970–1999.

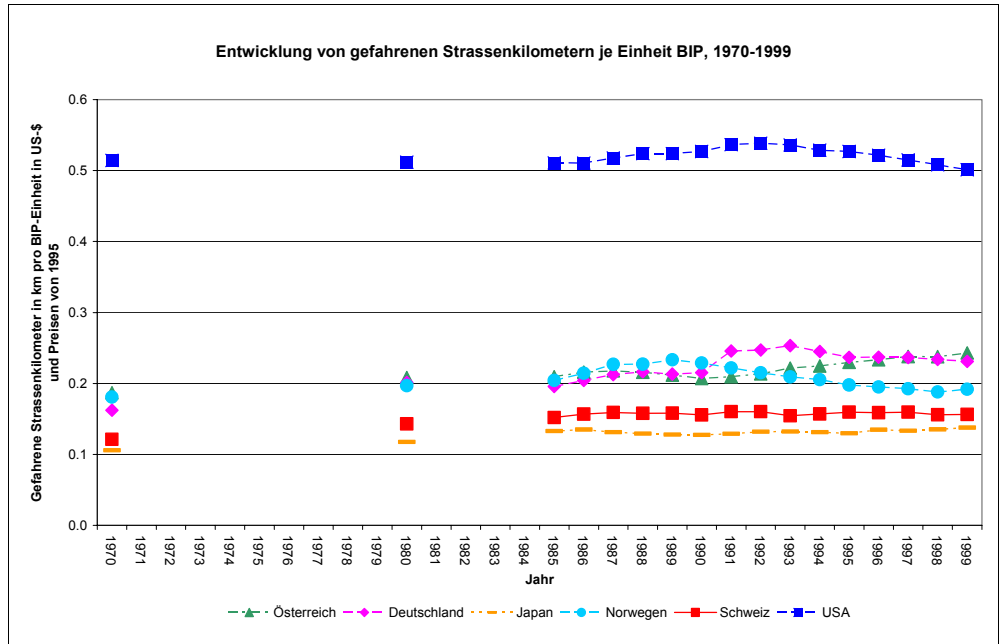
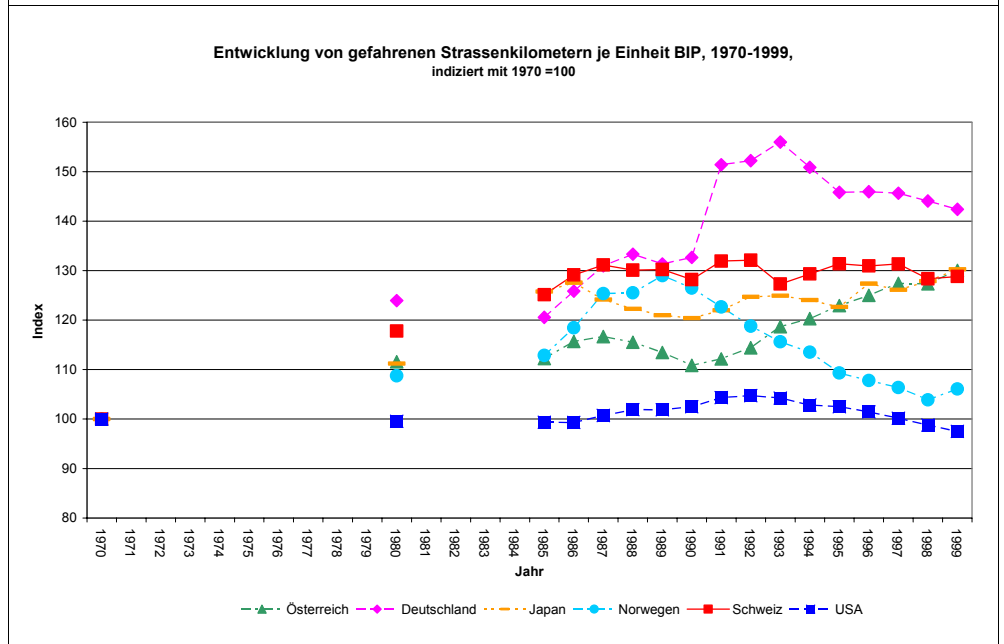


Abb. 49:  
Entwicklung von gefahrenen Strassenkilometern je Einheit BIP, 1970–1999, indiziert mit 1970 = 100.



Datenquelle: Weltbank 2003, OECD 2002<sup>30</sup>.

<sup>30</sup> Sprungstelle beim Wert für Deutschland aufgrund der deutschen Wiedervereinigung 1990.

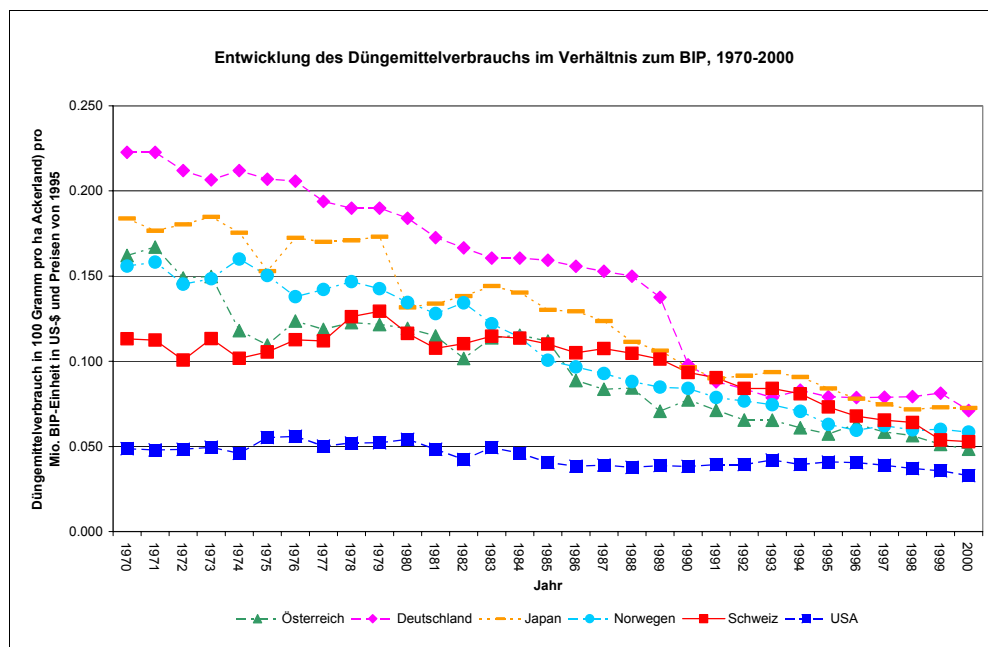
## 2.2.7 Boden, Landschaft, Biodiversität

Die internationale Datenlage bezüglich dieses Bereichs ist sehr schlecht, wenn das Ziel besteht, Vergleiche über mehrere Zeitpunkte oder gar Zeiträume hinweg durchzuführen, z.B. hinsichtlich der Bodenqualität und der Bodenbelastung, des Landschaftsverbrauchs oder der Entwicklung der Biodiversität (bzw. der Artenvielfalt als Teil der Biodiversität).

Im Folgenden betrachten wir deshalb nur zwei Indikatoren, die Entwicklung des Düngemittelverbrauchs<sup>31</sup> und die Entwicklung der geschützten Flächen. Bei den Schutzgebieten sind von der OECD (wie auch schon bei den Daten für die Schweiz) verschiedene IUCN-Kategorien zusammengefasst. Die Daten für die Schutzgebiete weisen einige Sprungstellen auf (insbesondere Norwegen), die wir nicht klären konnten.

### Verbrauch von Düngemitteln

Die USA, Deutschland, Norwegen und Österreich weisen eine hohe «Düngemittelintensität» des BIP auf. Bei Deutschland, Österreich, Norwegen und Japan fällt diese Intensität seit 1970 stark. In der Schweiz steigen die Werte (nach geringfügigen Schwankungen zu Beginn der 70er Jahre) bis Anfang der 80er Jahre an, um erst ab Mitte bis Ende der 80er Jahre deutlich zu sinken.

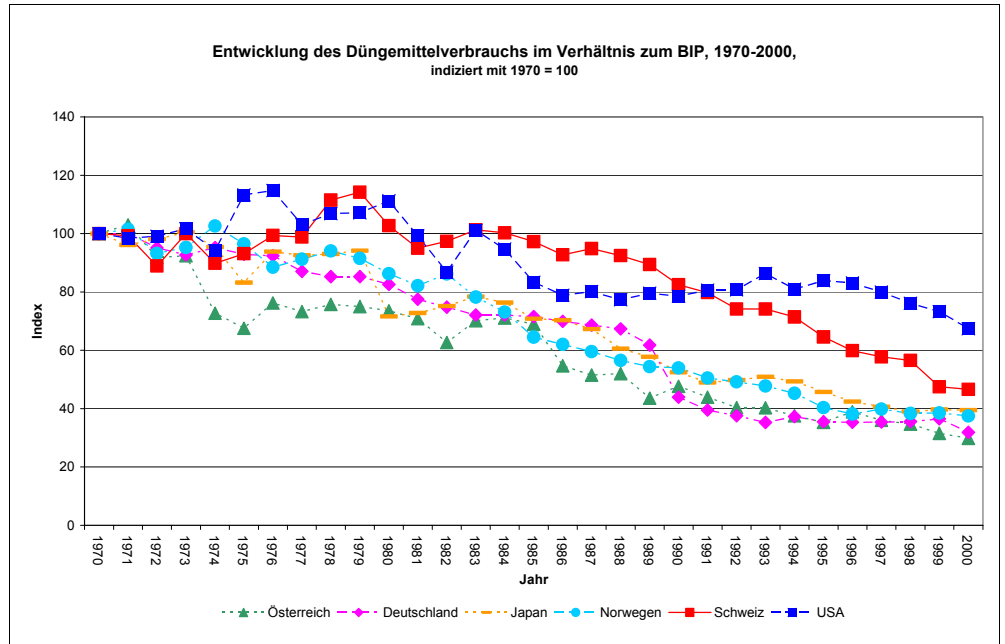


Datenquelle: Weltbank 2003.

Abb. 50:  
Entwicklung des Düngemittelverbrauchs je Mio. Einheit BIP, 1971–2000.

<sup>31</sup> Der Düngemittelverbrauch wird von der Weltbank wie folgt definiert: «Fertilizer consumption measures the quantity of plant nutrients in the form of nitrogen, potassium, and phosphorous compounds available for direct application. Consumption is calculated as production plus imports minus exports. Traditional nutrients-animal and plant manures-are not included. Because some chemical compounds used for fertilizers have other industrial applications, the consumption data may overstate the quantity available for crops.»

Abb. 51:  
Entwicklung des Düngemittelverbrauchs je Mio.  
Einheit BIP, 1971–2000,  
indiziert mit 1971 = 100.



Datenquelle: Weltbank 2003.

### Schutzgebiete

Im Jahr 2000 haben in Österreich rund 29% der Landesfläche einen Naturschutzgebietsstatus, in Deutschland 27%, in Japan 6,8%, in Norwegen 7,6%, in der Schweiz 18,4% und in den USA 21,2%.

Ein Vergleich der Länder hinsichtlich der Entwicklung der unter Schutz gestellten Gebiete ist nur sehr bedingt möglich, da von der OECD verschiedene Schutzgebietsstufen zusammengefasst werden. Wie schon in Kapitel 2.1 begründet, ist auch ein Vergleich zwischen der Entwicklung der Schutzgebiete und der Entwicklung des BIP wenig sinnvoll:

In Deutschland kamen aufgrund der Wiedervereinigung einige Naturschutzgebiete hinzu. In der Schweiz wurden zwar in den 90er Jahren neue Inventare erstellt bzw. neue Schutzgebiete ausgewiesen. Allerdings hat die OECD die Schweizer BLN-Objekte vor 1990 nicht in die Daten integriert. Vor 1990 ist mehr oder weniger nur der Nationalpark enthalten. Erst später wurden von der OECD andere Naturschutzgebiete wie die BLN-Objekte in die Daten integriert. Die BLN-Objekte waren allerdings schon vorher ausgewiesen. Ausserdem scheint von der OECD kein Abgleich mit den aktuellen Schweizer Werten vorgenommen worden zu sein (vgl. Kapitel 2.1), denn die Daten variieren.

## 2.2.8 Zusammenfassende Übersicht internationaler Vergleich

Die folgenden Tabellen

- vergleichen die Ausgangsposition der betrachteten Länder miteinander, d.h. sie geben an, welche Länder zum frühestmöglichen Zeitpunkt, für den Daten betrachtet worden sind, die geringste bis höchste Umweltbelastungsintensität des BIP aufweisen (Platz 1 heisst geringste Belastungsintensität, Platz 6 heisst höchste Intensität; Tabelle 7),
- vergleichen die Position der betrachteten Länder hinsichtlich der Umweltbelastungsintensität zum aktuellsten vorliegenden Zeitpunkt miteinander (Tabelle 7),
- geben an, ob eine Entkopplung zwischen Umweltbelastung und Wirtschaftsentwicklung stattgefunden hat (Tabelle 8),
- geben an, in welchem Land die Entkopplung am stärksten war. Vor allem letzterer Wert darf nicht unbedingt mit besonders starken Erfolgen in der Umweltpolitik gleichgesetzt werden. Er kann auch bedeuten, dass sich das BIP wesentlich stärker als die Umweltbelastung entwickelt hat (Tabelle 8),
- geben ausschliesslich für die Umweltbelastung an, ob eine Verminderung stattgefunden hat (Tabelle 8).
- Hinter der Indikatorbezeichnung ist in einer zusätzlichen Spalte festgehalten, ob es sich um einen Driving Forces (D), Pressure (P), State (S), Impact (I) oder Response (R) Indikator handelt. Bei den Response-Indikatoren bedeutet «Entkopplung: Ja», dass der Response Indikator stärker als das BIP gestiegen ist.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Schweiz bei den allermeisten der hier betrachteten Umweltintensitäten die beste bzw. zweitbeste Position aufweist. Dies gilt sowohl für das jeweils früheste Jahr, das hier betrachtet wurde, als auch für das jeweils aktuellste Jahr. Eine wirklich schlechte Position weist die Schweiz nur für die Relation ausgewiesene Schutzgebiete/BIP auf (Tabelle 7).

Im Vergleich mit den anderen Ländern verzeichnet die Schweiz jedoch die geringsten Entkopplungsfortschritte. Die ist zum einen auf ihre in vielen Bereichen bereits geringe Umweltintensität zurückzuführen, zum anderen auf das stärkere BIP-Wachstum der anderen Länder. Das Ergebnis weist jedoch auch darauf hin, dass die Umweltpolitik in der Schweiz weiterentwickelt werden sollte, wenn die international in vielen Bereichen vergleichsweise geringe Umweltintensität gehalten werden soll. In allen Ländern gibt es keine Entkopplungsfortschritte (absolut) in den Bereichen Klima (Ausnahme: Sondersituation in Deutschland), Verkehr, Energie und Siedlungsabfälle.

Tabelle 7: «Positionen» betrachteter Länder bzgl. der Umweltintensität des BIP beim Vergleich ältester Wert (i.d.R.1970) und aktuellster Wert (i.d.R. 2000).

Land; Jahr Bereich bzw. Indikator in Relation zum BIP (Umweltintensität des BIP)	Position bzgl. der Umweltintensität des BIP, ältester Wert (i.d.R.1970)						Position bzgl. der Umweltintensität des BIP, aktuellster Wert (i.d.R.2000)						
	Ö	D	J	N	CH	US	Ö	D	J	N	CH	US	Ö
<b>Bereich Klima und Luft</b>													
Emissionen von CO <sub>2</sub> /BIP	P	4	k.A	2	3	1	5	4	5	2	3	1	6
Emissionen von SO <sub>2</sub> / BIP	P	4	5	1	3	2	6	4	5	2	3	1	6
Emissionen von NO <sub>x</sub> /BIP	P	3	4	1	5	2	6	4	3	1	5	2	6
<b>Bereich Wasser</b>													
Frischwasserverbrauch/BIP	D	2	5	4	3	1	6	2	4	5	3	1	6
BOD-Emissionen/BIP	P	3	ZV	1	4	ZV	2	3	ZV	2	4	ZV	1
Anschlussgrad ARA/BIP	R	4	1	6	5	3	2	2	1	6	5	4	3
<b>Bereich Materialverbrauch, Stoffe, Abfälle</b>													
Siedlungsabfall/BIP	P	ZV	ZV	2	3	1	4	5	4	1	3	2	6
<b>Bereich Energie</b>													
Primärenergieeinsatz/BIP	P	3	4	2	5	1	6	3	4	2	5	1	6
Elektrizitätsverbrauch/BIP	D	3	4	2	6	1	5	4	3	2	6	1	5
<b>Bereich Verkehr</b>													
Gefahrene Strassenkilometer/BIP	D	5	3	1	4	2	6	5	4	1	3	2	6
<b>Bereich Boden, Landschaft, Biodiversität</b>													
Düngemittelverbrauch/BIP	P	5	4	2	3	1	6	3	4	1	5	2	6
Geschützte Flächen/BIP	R	3	4	6	1	5	2	3	4	6	2	5	1

Tabelle 8: Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung, internationaler Vergleich.

Typ Bereich bzw. Indikator in Relation zum BIP (Umweltintensität des BIP)	Rel. Entkopplung	Position bzgl. Fortschritten bei der Verminderung der Umweltintensität des BIP*						Absolute Entkopplung**						Typ Bereich bzw. Indikator in Relation zum BIP (Umweltintensität des BIP)					
		Land						Land						Land					
		Ö	D	J	N	CH	US	Ö	D	J	N	CH	US	Ö	D	J	N	CH	US
<b>Bereich Klima und Luft</b>																			
Emissionen von CO <sub>2</sub> /BIP	P	ja	ja	ja	ja	ja	ja	2	k.A	4	3	5	1	nein	ja	nein	nein	nein	nein
Emissionen von SO <sub>2</sub> / BIP	P	ja	ja	ja	ja	ja	ja	1	2	6	3	4	5	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Emissionen von NO <sub>x</sub> /BIP	P	ja	ja	ja	ja	ja	ja	3	1	5	6	2	4	ja	ja	nein	nein	ja	nein
<b>Bereich Wasser</b>																			
Frischwasserverbrauch/BIP	D	ja	ja	ja	k.A.	ja	ja	4	3	2	k.A	5	1	nein	ja	nein	nein	ja	ja
BOD-Emissionen/BIP	P	ja	ja	ja	ja	ja	ja	2	ZV	4	3	ZV	1	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Anschlussgrad ARA/BIP***	R	ja	nein	ja	ja	ja	nein	1	5	3	2	4	6	ja	nein	ja	ja	ja	nein
<b>Bereich Materialverbrauch, Stoffe, Abfälle</b>																			
Siedlungsabfall/BIP	P	ZV	ZV	ja	nein	nein	ja	ZV	ZV	1	3	4	2	nein	nein	nein	nein	nein	nein
<b>Bereich Energie</b>																			
Primärenergieeinsatz/BIP	P	ja	ja	ja	ja	nein	ja	4	2	5	3	6	1	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Elektrizitätsverbrauch/BIP	D	nein	nein	nein	ja	nein	nein	4	2	5	1	6	3	nein	nein	nein	nein	nein	nein
<b>Bereich Verkehr</b>																			
Gefahrene Strassenkm./BIP	D	nein	nein	nein	nein	nein	nein	4	6	5	2	3	1	nein	nein	nein	nein	nein	nein
<b>Bereich Boden, Landschaft, Biodiversität</b>																			
Düngemittelverbrauch/BIP	P	ja	ja	ja	ja	ja	ja	1	2	2	4	6	6	ja	ja	ja	nein	ja	nein
Geschützte Flächen/BIP***	R	ja	ja	ja	(ja)	ja	ja	3	2	5	6	1	4	ja	ja	ja	nein	ja	ja

\* Entsprechend den jeweils aktuellsten Indexwerten, tiefster = bester Wert (am meisten Fortschritte gegenüber dem ältesten Wert bedeutet Platz 1, höchster = schlechtesten Wert (am wenigsten Fortschritte gegenüber dem ältesten Wert bedeutet Platz 6).

\*\* Reduktion der absoluten Umweltbelastung (aktuellster Wert im Vergleich zum ältesten Wert).

\*\*\* Entkopplung wird bei den Response-Indikatoren sinngemäss als stärkeres Wachstum als das BIP verstanden.

k.A. Keine Angabe.

V Zeitraum nicht mit anderen vergleichbar.

# 3 Ursachenanalyse und Vertiefung für einzelne Umweltbereiche

Welche Erklärungen gibt es für die in Kapitel 2 beobachteten Zusammenhänge zwischen Wirtschaftswachstum und den verschiedenen Umweltbelastungen in der Schweiz? Hierfür werden zunächst die wesentlichen Ergebnisse bereits vorhandener internationaler Studien, die theoretische Erklärungsansätze zum Zusammenhang zwischen Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung liefern, zusammengefasst und systematisiert. Auf dieser Grundlage werden im zweiten Teil des Kapitels Ursachenanalysen für die Umweltbereiche «Klima» und «Luft» sowie «Natur und Landschaft» für die Schweiz durchgeführt. Ausserdem wird das Thema «Materialverbrauch» ausführlicher betrachtet.

## 3.1 Ursachenanalyse in der internationalen Literatur

Im Anschluss an die empirischen Befunde zur Environmental Kuznets Curve sind zahlreiche theoretische Erklärungsansätze entwickelt worden, die den Kurvenverlauf zu interpretieren versuchen. Der bei relativ niedrigem Einkommen monoton wachsende Kurvenverlauf, d. h. die Existenz des linken Teils der EKC wird damit erklärt, dass die Zunahme wirtschaftlicher Aktivitäten ceteris paribus stets mit erhöhter Umweltbelastung verbunden ist, denn nach dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik können Energie und Materie nur von einer Form in eine andere überführt, jedoch nicht zerstört werden. Am Ende des Lebenszyklus eines Produktes bleiben also zumindest noch Abfälle und Emissionen. Der vom Wachstum der Wirtschaftsaktivitäten ausgehende positive Effekt auf die Emissionsentwicklung wird auch als Skalen- oder Wachstumseffekt bezeichnet (Grossman 1995, S. 20). Mit zunehmendem Pro-Kopf-Einkommen ergeben sich jedoch weitere Effekte, die in der Lage sind, dem Wachstumseffekt entgegenzuwirken und somit möglicherweise den rechten Teil der EKC erklären können. Grossman (1995) benennt den Technikeffekt, der ceteris paribus zu einer Reduktion der Umweltbelastung führt, wenn Techniken zur Verhinderung von Emissionen entwickelt werden, und den Kompositions- oder Struktureffekt, der ceteris paribus die Umweltbelastung reduziert, wenn der Anteil der umweltverträglicheren Produktionssektoren an der Gesamtwirtschaft zunimmt.

Sowohl der Technikeffekt als auch der Struktureffekt können entweder autonom oder durch Umweltpolitik bzw. andere umweltrelevante Politikbereiche ausgelöst werden. Die Verfechter der EKC-Hypothese geben autonomen technischen Fortschritt und autonomen Strukturwandel als Erklärungen dafür an, dass Entkopplung endogen durch den Wachstumsprozess entstehen kann. Ausserdem geben sie als dritten Grund für den EKC-Verlauf an, dass mit zunehmendem Einkommen auch das Umweltbewusstsein und damit die Zahlungsbereitschaft für höhere Umweltqualität steigen. Nachfolgend soll im Einzelnen auf die drei Erklärungen eingegangen werden.

### Autonomer technischer Fortschritt

Die These, dass autonomer technischer Fortschritt zur Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung führt, muss nicht zwingend zutreffen. So existieren zahlreiche, im Zuge der wirtschaftlichen Entwicklung entstehende techni-

sche Neuerungen, die eher zu einer zusätzlichen Umweltbelastung führen, seien es Handys, Digitalkameras, Off-Road-Fahrzeuge, Flugzeuge, Pestizide oder Kernkraftwerke. Diese Beispiele zeigen auch, dass Technologien mit negativen Umweltauswirkungen nicht unbedingt die billigsten sein müssen, welche hauptsächlich in Entwicklungsländern genutzt werden. Zwar sind etwa einige Kraftwerke oder Industrieanlagen in vielen Entwicklungsländern nicht immer auf dem neuesten Stand der Technik, doch können sich die Entwicklungsländer viele Umwelt belastende Technologien auch gar nicht leisten. Deshalb ist nicht davon auszugehen, dass die Umweltbelastung in einem weniger entwickelten Land zwingend höher ist als in einem wirtschaftlich stärker entwickelten Land. Zudem finden im Rahmen des technischen Fortschritts u. a. auch zeitsparende Innovationen statt (z.B. schnellere Fahrzeugmotoren, Flugzeuge, Navigationssysteme, Telematik im Verkehrsbereich), was zu der Frage führt, wofür die eingesparte Zeit verwendet wird. Gemäss der constant-travel-time-Hypothese bleibt etwa das Zeitbudget zur Befriedigung des Mobilitätsbedürfnisses bei konstanten Fahrkosten unverändert (Binswanger 2004). Das heisst, sobald der Transport schneller wird, reagieren die Menschen hierauf mit einer Zunahme des Mobilitätsverhaltens. Sie reisen mehr und öfter, was dazu führt, dass der Verkehr ständig zunimmt. Ein Nebeneffekt dieser Zeit sparenden Innovationen ist dann eine Zunahme des Treibstoffverbrauchs und der hiermit verbundene Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

**Autonomer Strukturwandel** Die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung wird auch immer wieder mit der Wirtschaftsstadientheorie erklärt. Diese geht davon aus, dass Ökonomien verschiedene Wachstumsstadien durchlaufen, in denen sie sich von einem landwirtschaftlichen zu einem industriellen und postindustriellen System wandeln, und die Entstehung des EKC-Verlaufs quasi «automatisch» mit diesen Entwicklungsphasen einhergeht, da die Emissionsintensität im mittleren Stadium der Industrialisierung grösser ist als in den beiden anderen Stadien (Baldwin 1995). In hoch entwickelten Industrieländern mit einem steigenden Anteil des Dienstleistungssektors würde demnach die Umweltentlastung auch ohne Umweltpolitik eintreten. Die Frage, ob Sozialprodukteinheiten, die im Dienstleistungssektor produziert werden, tatsächlich emissionsärmer sind als entsprechende Einheiten im Industriesektor, wird von Binswanger (1994) eher negativ beantwortet. Er begründet dies u. a. damit, dass Dienstleistungen nicht unabhängig von den wirtschaftlichen Aktivitäten des Industriesektors angeboten werden können (und umgekehrt). So beziehen Dienstleistungen eine Vielzahl von Produkten des Industriesektors als Vorleistungen (z.B. Computer, Fahrzeuge, Heizsysteme, Papier usw.) und sind selbst oftmals wiederum Vorleistung für die industrielle Produktion. Die Abgrenzung zwischen Industrie- und Dienstleistungssektor ist somit nicht eindeutig. Dies liegt auch daran, dass in letzter Zeit vermehrt Tätigkeiten, die bisher Teil der Geschäftstätigkeit von Unternehmen im Industriesektor waren, ausgelagert werden (Outsourcing) und jetzt neu zum Dienstleistungssektor gezählt werden. Beispielsweise kann ein Industriebetrieb seine Finanzabteilung abbauen und stattdessen die Dienste einer Anlageberatung in Anspruch nehmen. In diesem Fall findet eine Reklassifizierung der Tätigkeit statt (Dienstleistung anstelle von Industrie), obwohl sich an der Tätigkeit selbst kaum etwas ändert.

**Umweltbewusstsein und  
wachsende  
Zahlungsbereitschaft**

In den Industrieländern kann seit Ende der sechziger Jahre eine Präferenz- bzw. Nachfrageverschiebung der Bevölkerung beobachtet werden. Mit dem wirtschaftlichen Wachstum steigt auch das Umweltbewusstsein, und mit der zunehmenden Befriedigung materieller Bedürfnisse wächst die Nachfrage nach immateriellen Gütern wie Umweltqualität (Vogel 1999, S. 32). Kritiker merken hierzu an, dass die Nachfrage nach Umweltqualität nicht für jedes Umweltgut zunimmt. Eine besondere Sensibilität wird in erster Linie für die gesundheitlichen Effekte der Umweltverschmutzung entwickelt, während zeitlich oder räumlich versetzte Umweltauswirkungen sehr viel weniger Wertschätzung erhalten (Perrings 2000). Hiermit lässt sich möglicherweise erklären, dass für die Luftschadstoffe SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO und Rauch, deren gesundheitliche Risiken wie Atemwegserkrankungen der Bevölkerung mit zunehmendem Bildungsniveau in der Regel bekannt sind, der EKC-Verlauf empirisch grösstenteils bestätigt werden kann. Hingegen kann für den global wirkenden Schadstoff CO<sub>2</sub> kein solcher Verlauf nachgewiesen werden (Roca et al. 2001, S. 6). Es ist jedoch im Lichte der Ergebnisse der statistischen Zeitreihenanalysen für SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> (s. Abschnitt 1.2) fraglich, ob das mit steigendem Einkommen zunehmende Umwelt- bzw. Gesundheitsbewusstsein tatsächlich der Grund für die beobachtete Entkopplung sein kann. So dürfte es zumindest nicht der einzige Grund der Entkopplung sein.

Zusammenfassend zu den drei Erklärungsansätzen für die EKC-Hypothese bleibt festzuhalten, dass der autonome technische Fortschritt, der autonome Strukturwandel und die autonome Änderung der Lebensstile nicht notwendigerweise in der Lage sind, den Wachstumseffekt zu kompensieren. Sie können ihn im Gegenteil auch verstärken, wenn die entsprechenden politischen Rahmenbedingungen fehlen. Hingegen tragen der durch Umweltpolitik induzierte technische Fortschritt, der induzierte Strukturwandel und die induzierte Änderung der Lebensstile in jedem Fall zur Kompensation des Wachstumseffekts bei und leiten damit die angestrebte Entkopplung ein.

Steht also Umweltpolitik am Beginn der Ursachenkette (vgl. nachfolgend Abb. 52), so führt sie zur Entkopplung. Im Zusammenhang mit der Diskussion der EKC-Literatur wurde bereits angedeutet, dass in einer grossen Zahl empirischer Analysen auf Umweltpolitik als entscheidenden Faktor für das Entstehen eines EKC-Verlaufs hingewiesen wird (s. Ende von Abschnitt 1.1.1). Tatsächlich gab es bereits in der Vergangenheit erfolgreiche Umweltpolitik, die den im Hinblick auf eine Entkopplung nötigen technischen Fortschritt bzw. Strukturwandel ausgelöst hat. Was den *induzierten technischen Fortschritt* anbetrifft, wird im Fall einiger Luftschadstoffe (insb. SO<sub>2</sub>) die Umweltpolitik als ausschlaggebender Faktor für die verstärkte Nutzung von End-of-Pipe-Technologien zur Zurückhaltung von Emissionen ausgemacht (de Bruyn 2000, S. 191, Stern/Common 2001, S. 175). Eine ausführliche Analyse der Ursachenkette für den Bereich Luft wird Bestandteil von Abschnitt 3.2 sein. Generell gilt: Ist die Umweltpolitik nicht nur kurzfristig angelegt, sondern über alle Phasen der technischen Neuerung hinweg wirksam, so kann sie im erheblichen Umfang zur Entkopplung beitragen. Viele Innovationen wie z.B. neue Kraftfahrzeuge, erneuerbare Energiesysteme oder Gebäudetechnologien benötigen meist jeweils ein Jahrzehnt oder mehr für ihre Invention, Markteinführung und Diffusion



(vgl. Rennings 1999, S. 17). Insbesondere die letzte Phase der Diffusion, in der Skaleneffekte und damit einhergehende Preissenkungen stattfinden, trägt zur raschen Verbreitung der Vermeidungstechnologien und damit zur Entkopplung bei. Setzt die Umweltpolitik zu Beginn des Innovationsprozesses z.B. preisliche Anreize, so ist sie vor allem dann erfolgreich, wenn sich das Preisgefüge zwischen alternativen Produkten oder Prozessen bis zur Diffusionsphase zugunsten der Umweltinnovation entwickelt. Die Umweltpolitik sollte deshalb eine schrittweise und kontinuierliche Anhebung der Preise umweltbelastender Aktivitäten herbeibringen (vgl. Rennings 1999, S. 32).

Der Begriff des technischen Fortschritts ist etwas enger gefasst als der Innovationsbegriff. Innovationen beinhalten nicht nur technische Innovationen – unterteilbar in Prozess- und Produktinnovationen –, sondern auch organisatorische Innovationen, die durchaus von Umweltrelevanz sein und von der Umweltpolitik gefördert werden können (wie z.B. verbesserte Logistikkonzepte; vgl. Hemmelskamp 1999, S. 16ff.). Den Grossteil der Innovationen bilden jedoch technische Innovationen. Bestandteil des technischen Fortschritts ist u. a. auch die Substitution eines Schadstoffs durch einen anderen. Hier ist die (Umwelt-)Politik besonders gefordert. Führt etwa eine verstärkte CO<sub>2</sub>-Politik zum Bau von neuen Kernkraftwerken, so hat dies Auswirkungen in anderen Umweltbereichen. Entsprechend muss die Umweltpolitik auch in den anderen Bereichen den schädlichen Umweltauswirkungen gegensteuern.

Die Umweltpolitik kann neben dem technischen Fortschritt auch auf den *Strukturwandel* Einfluss ausüben. Der induzierte Strukturwandel wiederum kann die Entkopplung begünstigen. Eine Reihe von empirischen Arbeiten, in denen die Wirkung sowohl des Technik- als auch des Struktureffekts auf verschiedene Emissionen und Umweltbelastungen (SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, VOC, Staub, Schwermetalle, Energie-, Benzinverbrauch) untersucht wird (vgl. Howarth et al. 1991, de Bruyn 1997, Sun 1998, Selden et al. 1999, Stern 1999, de Bruyn 2000), kommen zu dem Ergebnis, dass die Wirkung des Struktureffekts schwächer ist als diejenige des Technikereffekts. Ein Grund hierfür könnte sein, dass von politischer Seite Strukturwandel aufgrund der Arbeitsplatzverluste erfahrungsgemäss eher gebremst als beschleunigt wird. So zieht etwa de Bruyn in einer Analyse der Entwicklung der Schwermetallbelastungen im deutschen Ruhrgebiet das Fazit, dass die umweltpolitischen Verordnungen zur Luftreinhaltung für die Schwerindustrie durch gleichzeitig erfolgte öffentliche Subventionen keine Wirkung auf den Strukturwandel, sondern in erster Linie auf den technischen Fortschritt hatten (de Bruyn 2000, S. 216f.). Jänicke et al., die eine empirische Analyse des Strukturwandels in den 70er und 80er Jahren für Deutschland, Schweden, Portugal und Japan durchgeführt haben, resümieren, dass einzig in Japan ein durch bewusste Umweltpolitik gesteuerter Strukturwandel stattgefunden hat, der zwar nicht immer den absoluten Umweltverbrauch, aber zumindest die Umweltintensität reduzierte und damit die Umweltbelastung vom Wirtschaftswachstum entkoppelte (Jänicke et al. 1992, S. 150f.). Jedoch hat

auch in Japan insgesamt der Technikeffekt einen grösseren Einfluss auf die Entkopplung gehabt als der Struktureffekt (Jänicke et al. 1992, S. 111)<sup>32</sup>.

Es ist darauf hinzuweisen, dass sich der Begriff des Struktureffekts in den zitierten Untersuchungen nur auf die produzierende Wirtschaft bezieht. Neben der produzierenden Wirtschaft kann z.B. auch im Verkehr ein Struktureffekt stattfinden, in dem Sinne, dass der Modal Split (Aufteilung der Fahrleistungen zwischen den Verkehrsträgern) sich verändert. Der Struktureffekt im Verkehr hat einen erheblichen Einfluss auf die Entkopplung der verkehrsbedingten Umweltbelastungen vom Wirtschaftswachstum (vgl. hierzu die Ursachenanalysen der Bereiche Klima sowie Natur und Landschaft, Kap. 3.2 und 3.4).

Es bleibt noch die Frage zu klären, wie sich der Strukturwandel in der produzierenden Wirtschaft konkret vollzieht: Werden Branchen, in denen umweltintensive Produkte hergestellt werden, ganz vom Markt verschwinden oder ins Ausland abwandern? Tatsächlich kann eine Verlagerung der Produktion in ärmere Länder stattfinden, in denen in der Regel auch weniger strenge Umweltauflagen gelten. So wurde beispielsweise im Zuge des Umwelt entlastenden Strukturwandels in Japan die Hüttenaluminiumproduktion in andere Länder verlagert (Jänicke et al. 1992, S. 110). Die Abwanderung umweltintensiver Industrien kann also mit einer Erklärung für einen EKC-Verlauf sein, der auf der Basis einer Länderquerschnittanalyse nachgewiesen wird (vgl. hierzu Kap. 1). Heisst dies nun, dass eine Entkopplung im Inland durch die Verlagerung der Umweltprobleme ins Ausland stattfindet? Je nach Ausgangsbelastungen, Bevölkerungsdichte, Assimilationspotenzialen der natürlichen Umwelt, topographischen, geologischen, hydrologischen und anderen Faktoren muss die Produktion am neuen Standort nicht zwingend mit den gleichen Umweltproblemen verbunden sein wie am alten Standort. Die Berücksichtigung regionaler Besonderheiten bei der Umweltnutzung trägt zu einer effizienten Allokation der Umweltgüter bei (Karl 1998, S. 383). Dies gilt allerdings nur, solange es sich nicht um Emissionen grenzüberschreitender und global wirkender Schadstoffe handelt. So ist etwa die Verlagerung energieintensiver Produktion zweifelsfrei mit einer unveränderten Emission global wirkender Schadstoffe (CO<sub>2</sub>) verbunden. Auf diese Problematik soll ausführlicher in Abschnitt 3.2 (Bereich Klima) eingegangen werden.

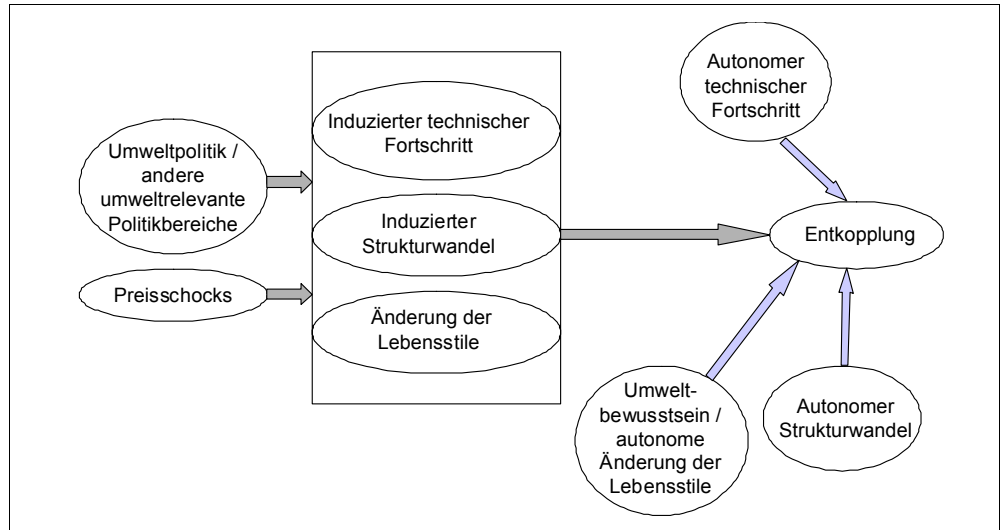
Neben dem Technik- und dem Struktureffekt kann Umweltpolitik auch eine *Änderung der Lebensstile* auslösen. Diese wiederum begünstigt eine Entkopplung, sofern die neuen Konsummuster (z.B. vermehrter Kauf von regionalen Produkten oder Produkten mit Umweltlabels) nicht parallel im gleichen Ausmass das Wirtschaftswachstum beeinträchtigen. Dieser Aspekt wird ebenfalls eingehender im Rahmen des Vertiefungsschwerpunkts Klima behandelt (vgl. Abschnitt 3.2).

Alle autonomen und durch Umweltpolitik induzierten Ursachen werden in Abbildung 52 zusammenfassend dargestellt:

---

<sup>32</sup> Jänicke et al. (1992) treffen anstelle von Technik- und Kompositionseffekt die Unterscheidung zwischen intra- und interindustriellem Strukturwandel. Sinngemäss ist mit intraindustriellem Strukturwandel der gleiche Sachverhalt gemeint wie mit dem Technikeffekt.

Abb. 52:  
Mögliche Ursachen für die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung.



Neben der Umweltpolitik können Struktur- oder Technischeffekte, die eine Entkopplung begünstigen, auch durch *Preisschocks* hervorgerufen werden. So liess sich etwa für den Erdölverbrauch aufgrund der Preisschocks der 70er Jahre ein EKC-Verlauf feststellen, der vor allem auf den Technischeffekt zurückzuführen war. In den beiden Erdölkrisen stieg der Preis für Erdöl um das Vier- bzw. fast Zehnfache des bisherigen Niveaus, was dazu führte, dass der Erdölverbrauch und somit auch der Ausstoss von CO<sub>2</sub> weltweit um zehn Prozent zurückgingen (Vogel 1999, S. 27ff.). Da externe Preisschocks jedoch kaum beeinflussbar sind, sollen sie hier nicht weiter betrachtet werden.

Einfluss ausgeübt werden kann somit realistischerweise nur auf die Umweltpolitik als unmittelbare Ursache für den Technik- und den Struktureffekt sowie – allerdings bisher im kleineren Ausmass – für eine Änderung der Lebensstile.

Übrige Ursachen für Entkopplung können, wie oben ausgeführt, unter diesen drei Hauptursachen subsummiert werden. Die in Abbildung 52 identifizierten Ursachen für Entkopplung werden für die Analyse der Vertiefungsbereiche als theoretisches Grundgerüst verwendet. Auf den Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der Literaturanalyse und der Methodik für die Untersuchungen in den Vertiefungsbereichen wird im Kap. 3.6 näher eingegangen.

Die Frage, warum Umweltpolitik für den Bereich Luft im Hinblick auf eine Entkopplung erfolgreicher war als andere Umweltbereiche wie z.B. Klima, ist bisher in der Literatur noch nicht eingehender diskutiert worden. Eine Antwort hierauf soll am Ende der nachfolgenden vertiefenden Analysen für die Bereiche Luft, Klima, Natur/Landschaft und Materialverbrauch gefunden werden.

Eine zusammenfassende Beurteilung der Literatur zu theoretischen Erklärungsansätzen, die eine Entkopplung begünstigen, lässt den Schluss zu, dass Umweltpolitik eine notwendige Bedingung für die Entkopplung ist. Die Gültigkeit dieser These wird von der überwiegenden Zahl der Autoren und Autorinnen, die sich mit den Ursachen für die Environmental Kuznets Curve auseinandersetzen, bestätigt (vgl.

zusammenfassend Lieb 2002, S. 44 ff.). Auch die internationale Umweltpolitik hat wesentlichen Einfluss auf eine erfolgreiche Entkopplung. So ziehen Cole et al. (1997) am Beispiel des Montreal-Protokolls das Resümee, dass im Fall global wirkender Schadstoffe ohne multilaterale Umweltpolitik die Emissionen parallel zum Einkommen weiter ansteigen dürften.

Im Folgenden werden die konkreten Ursachen einer Entkopplung bzw. Nicht-Entkopplung für die Bereiche Klima, Luft, Flächenverbrauch und Biodiversität sowie Materialverbrauch im Detail analysiert.

## **3.2 Vertiefungsbereich Klima**

Die Ursachenanalyse im Klimabereich beschreibt in ihrem ersten Teil die Emissionsentwicklungen in den einzelnen Verursachergruppen. Im zweiten Teil werden in allgemeiner Form die möglichen Auslöser der Emissionsveränderungen dargestellt, während im dritten Teil konkret für jede Verursachergruppe die zentralen Einflussgrößen – Aktivitätsniveau, Strukturveränderungen, technische Einflüsse – analytisch getrennt werden, um den jeweiligen Einfluss («Effekt») auf die Emissionsentwicklung zu quantifizieren (Dekompositionsanalyse) und die hieraus ableitbaren Ursachen (Preisänderungen, Politikmassnahmen usw.) zu verifizieren.

### **3.2.1 Entwicklung klimarelevanter Emissionen nach Verursachergruppen**

Nachfolgend werden CO<sub>2</sub>-, CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen nach Verursachergruppen differenziert betrachtet. Ausserdem wird der Energieverbrauch nach verschiedenen Verursachergruppen und nach Energieträgern differenziert betrachtet.

Die Summe der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist von rund 40,3 Mio. t 1970 auf 43,8 Mio. t im Jahr 2000 leicht gewachsen. Geringfügige Verminderungen lassen sich für die Sektoren Haushalte sowie Industrie und Gewerbe feststellen. Während man in diesen Sektoren von einer zumindest relativen Entkopplung sprechen kann, stellt der Verkehr den Sektor mit klar steigenden Emissionen dar. So haben sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs zwischen 1970 und 2000 von 9,7 Mio. t auf 15,7 Mio. t (um gut 70%) erhöht, während das BIP real nur um ca. 50% zunahm.

Ein ähnliches Bild zeigt sich für N<sub>2</sub>O. Zwar stiegen hier die Emissionen des Hauptemittenten Land- und Forstwirtschaft von 8430 t 1970 auf 9320 t 1980, konnten aber bis 2000 wieder auf 8482 t gesenkt werden; ihr Anteil an allen N<sub>2</sub>O-Emissionen beträgt im Jahr 2000 noch 73%. Deutlich angewachsen sind die N<sub>2</sub>O-Emissionen des Verkehrs, von 330 t (1970) auf 1813 t (2000). Bei den N<sub>2</sub>O-Emissionen kann für die anderen betrachteten Verursachergruppen vorsichtig von einer relativen Entkopplung gesprochen werden: Die Emissionen sind in 2000 zwar über dem Niveau von 1970, allerdings hat sich das BIP dynamischer entwickelt. Eine deutliche Abkopplung fand bei den N<sub>2</sub>O-Emissionen von Industrie und Gewerbe während der 80er Jahre statt; seit Beginn der 90er Jahre sind diese Emissionen jedoch wieder nahezu auf den Wert von 1970 angestiegen.

Sowohl bei den CO<sub>2</sub>- als auch bei den N<sub>2</sub>O-Emissionen ist besonderes Augenmerk auf den Verkehr zu richten, da hier weder eine absolute noch eine relative Entkoppelung der genannten Emissionen vom Wirtschaftswachstum konstatiert werden kann. Im betrachteten Zeitraum sind diese Verkehrsemissionen wesentlich stärker gewachsen als das BIP.

Bei den CH<sub>4</sub>-Emissionen konnten bei allen betrachteten Verursachergruppen zum Teil markante Emissionsreduktionen und damit eine absolute Entkoppelung zur Entwicklung des BIP erreicht werden.

Abb. 53:  
Vergleich Entwicklung BIP und CO<sub>2</sub> Emissionen nach verschiedenen Verursachern, 1970–2000, indiziert mit 1970 = 100.

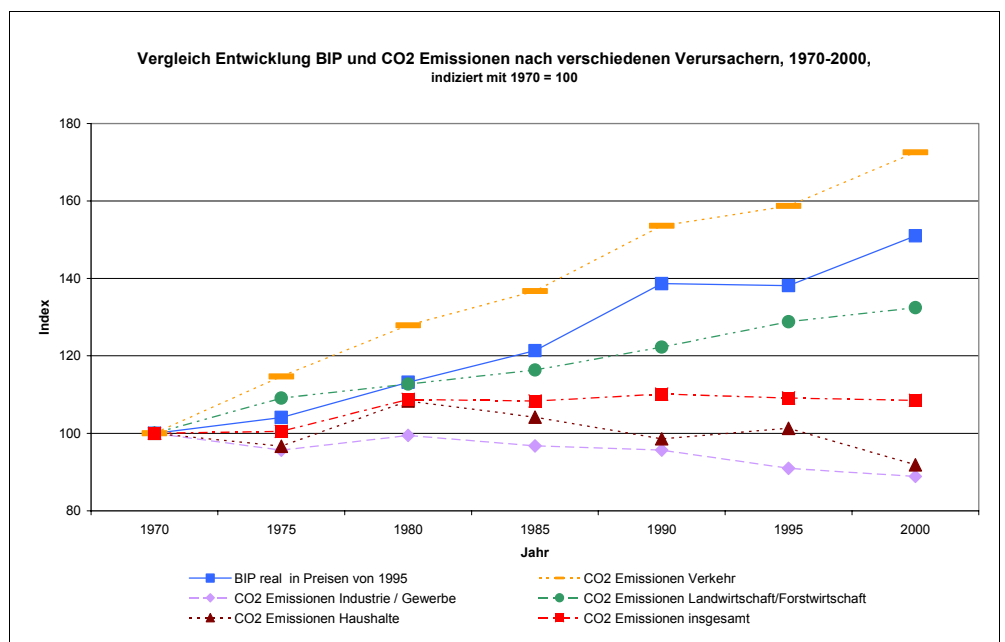
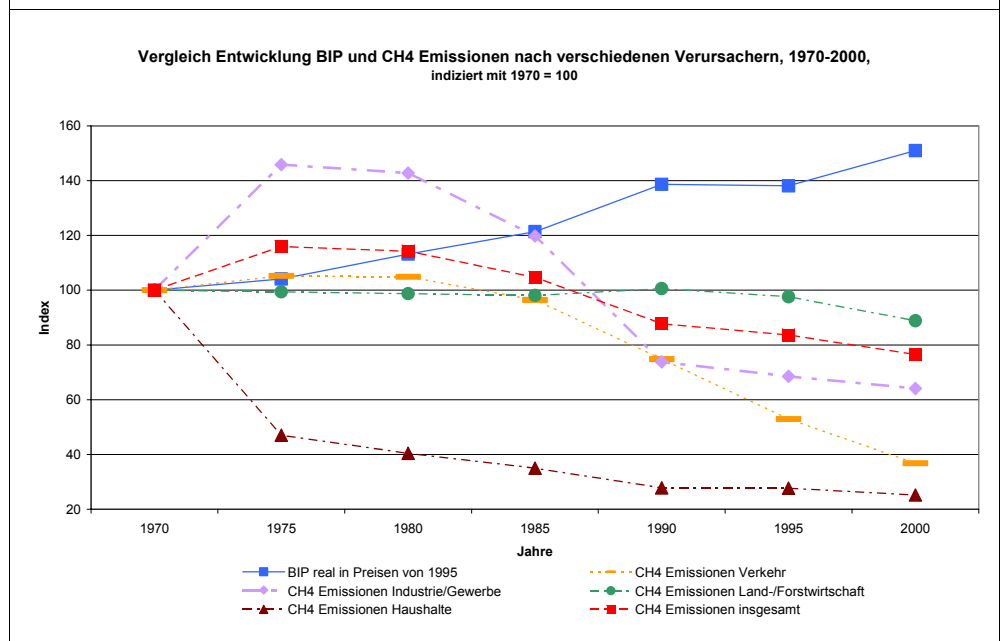
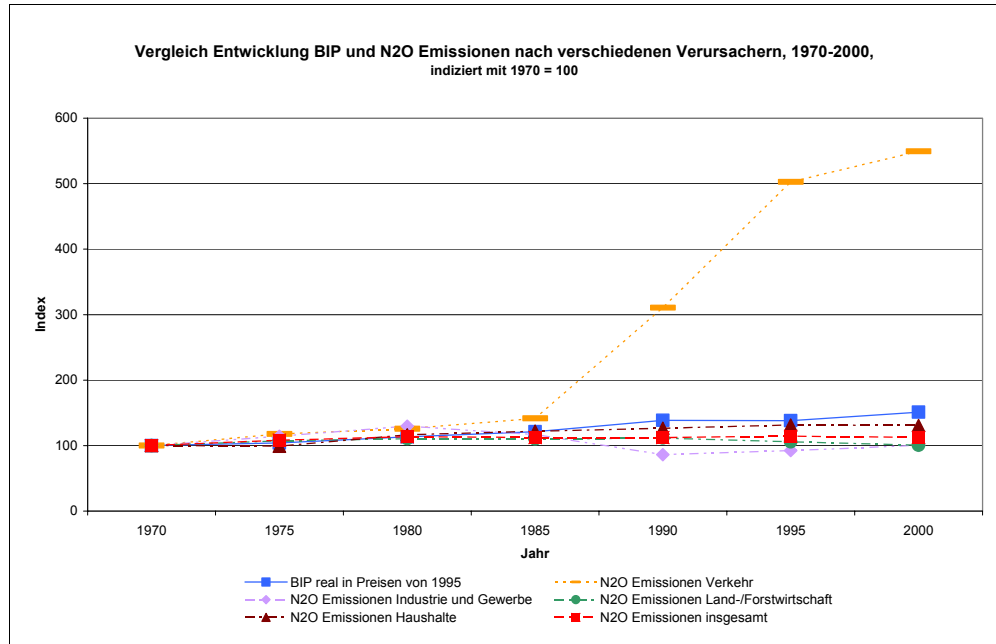


Abb. 54:  
Vergleich Entwicklung BIP und CH<sub>4</sub> Emissionen nach verschiedenen Verursachern, 1970–2000, indiziert mit 1970 = 100.



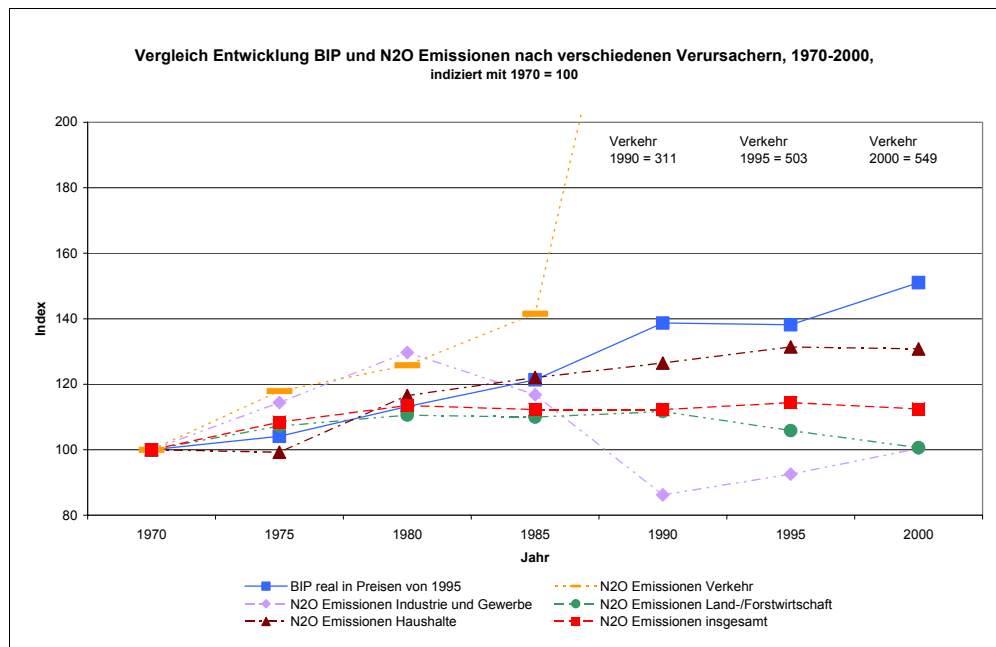
Datenquelle: Aufdatierung des BUWAL-Umweltberichts Nr. 256, Datenlieferung des BUWAL vom 07.11.2003.

Abb. 55:  
 Vergleich Entwicklung BIP  
 und N2O Emissionen  
 nach verschiedenen  
 Verursachern,  
 1970–2000,  
 indiziert mit 1970 = 100.



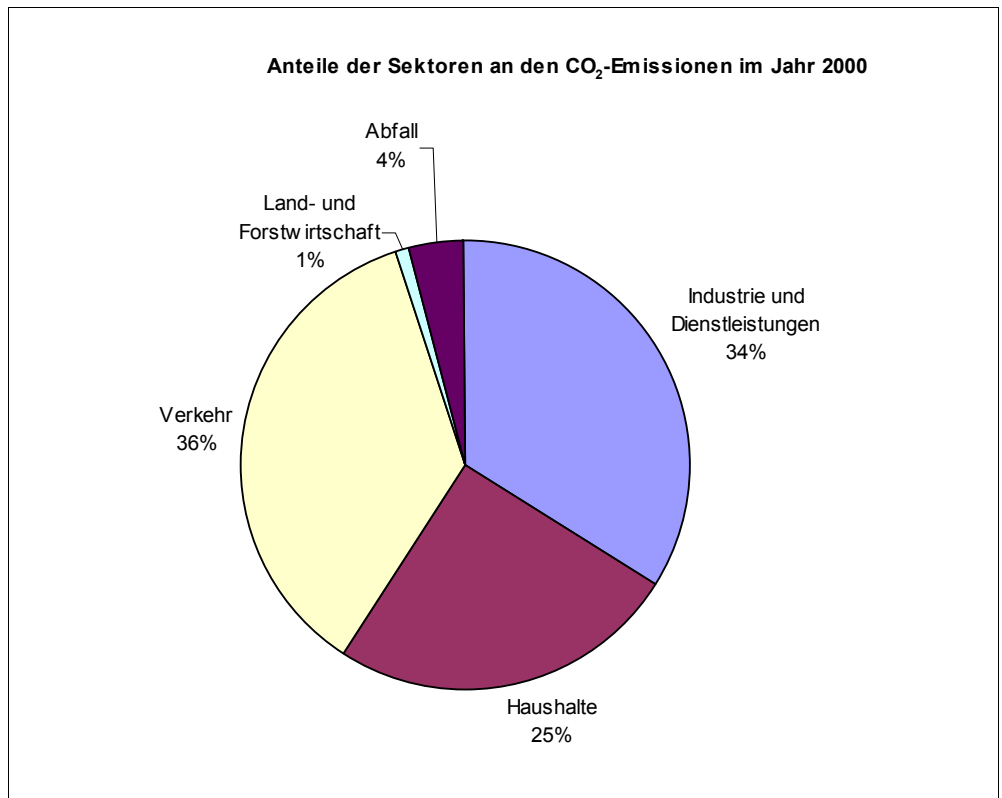
Datenquelle: Aufdatierung des BUWAL-Umweltberichts Nr. 256, Datenlieferung des BUWAL vom 07.11.2003.

Abb. 56:  
 Vergleich Entwicklung BIP  
 und N2O Emissionen  
 nach verschiedenen  
 Verursachern,  
 1970–2000,  
 indiziert mit 1970 = 100.



Datenquelle: Aufdatierung des BUWAL-Umweltberichts Nr. 256, Datenlieferung des BUWAL vom 07.11.2003.

Abb. 57:  
Anteile der Sektoren an  
den CO<sub>2</sub>-Emissionen im  
Jahr 2000.



Datenquelle: Aufdatierung des BUWAL-Umweltberichts Nr. 256, Datenlieferung des BUWAL vom 07.11.2003.

Für die im nächsten Abschnitt folgende Ursachenanalyse von Relevanz sind auch die Anteile der einzelnen Verursachergruppen an den gesamten Emissionen (vgl. für CO<sub>2</sub> Abb. 59). Danach nimmt der Verkehrssektor im Jahr 2000 mittlerweile den grössten Posten mit rund 36% Anteil an den schweizerischen CO<sub>2</sub>-Emissionen ein. Es folgen die Sektoren Industrie und Dienstleistungen (34%) sowie private Haushalte (25%). Damit zeigt sich, dass eine Entkopplung der CO<sub>2</sub>-Emissionen vom Wirtschaftswachstum vor allem über Massnahmen im Verkehrsbereich eingeleitet werden kann.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Fortschritte im Hinblick auf eine absolute Entkopplung vor allem für die CH<sub>4</sub>-Emissionen erreicht werden konnten. Die CO<sub>2</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen hingegen sind seit 1980 kaum gesunken. Insbesondere ist dies auf das starke Verkehrsmengenwachstum zurückzuführen.

Ohne die Aktivitäten zur Verminderung des Ausstosses von Treibstoffgasen, die z.B. durch die Programme Energie2000 oder EnergieSchweiz initiiert wurden, wäre die Belastung durch die Treibstoffgase noch weiter angestiegen (u.a. EBP/Polis 2003, Infrac 2002). Die gleiche Aussage gilt für den Energieverbrauch. Seine Entwicklung nach Verursachergruppen wird in Anhang A1 dargestellt.

### 3.2.2 Mögliche Auslöser für Veränderungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen

In der nachfolgenden Tabelle werden in allgemeiner Form die wichtigsten möglichen Auslöser für die Veränderungen bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen im Untersuchungszeitraum zwischen 1990 und 2000 dargestellt. Die Wahl des Untersuchungszeitraums ab 1990 ist dadurch entstanden, dass die Klimapolitik als eine mögliche Auslöserin für Veränderungen erst nach dem Jahr 1990 entwickelt wurde.

Ausserdem wird in Abbildung 58 die Entwicklung der Energiepreise in der Schweiz (für Produktion und Import) ab 1970 dargestellt (die Entwicklung der Energiepreise für Konsumenten verläuft sehr ähnlich; vgl. BfE 2003a). Beide Übersichten dienen der Vorbereitung auf die anschliessende detaillierte Analyse der Ursachen der Entkopplung bzw. Nicht-Entkopplung der CO<sub>2</sub>-Emissionen vom Wirtschaftswachstum.

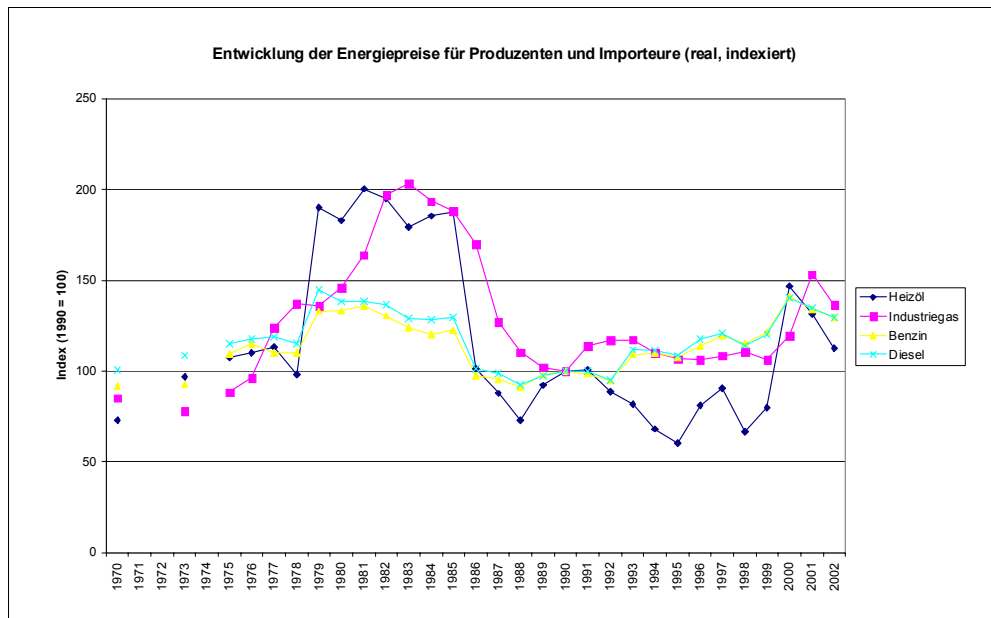
Tabelle 9: Zusammenfassende Darstellung möglicher wichtiger Auslöser für die Begrenzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Untersuchungszeitraum zwischen 1990 und 2000.

Mögliche Auslöser für die Begrenzung der CO <sub>2</sub> -Emissionen	Zeitpunkt(e) des Wirksamwerdens
Programm «Energie 2000»	1990
Mineralölsteuererhöhung für Benzin und Diesel	1993
Verteuerung der Autobahnvignette	1995
Tarifierhöhung pauschale Schwerverkehrsabgabe	1995
CO <sub>2</sub> -Gesetz	1999
Energiegesetz	1999
Freiwillige Zielvereinbarungen einzelner Branchen und Unternehmen	2000
Programm «Energie Schweiz»	2000
Markanter Anstieg der Preise für Benzin, Diesel und Heizöl	2000

Die Darstellung der realen Preise für Heizöl, Benzin, Diesel und Industriegas (Abb. 58) zeigt, dass nach der Hochpreisphase am Ende der 70er Jahre und zu Beginn der 80er Jahre anschliessend die Preise wieder auf das Niveau von 1970 gesunken sind. Es bestanden also nur über einen gewissen Zeitraum Anreize zum Energiesparen. Der jüngste in der Grafik dargestellte marktbedingte Anstieg der Energiepreise im Jahr 2000 hielt nur sehr kurz an, so dass hier die Anreize zum Energiesparen noch geringer waren. Für das dauerhafte Schaffen von Anreizen bedarf es einer gestaffelten Erhöhung der Energiepreise.



Abb. 58:  
Entwicklung der Energiepreise für Produzenten und Importeure (real, indexiert).



### 3.2.3 Dekompositionsanalyse

Der Einfluss der wirtschaftlichen Entwicklung auf klimarelevante Emissionen lässt sich genauer analysieren, wenn man die wichtigsten Verursachergruppen (Industrie, Dienstleistungen und Landwirtschaft, Haushalte, Verkehr) im Einzelnen betrachtet. Im Rahmen dieser Arbeit kann nur auf CO<sub>2</sub> ausführlich eingegangen werden. CO<sub>2</sub> wurde gewählt, weil es das wichtigste Treibhausgas darstellt<sup>33</sup> und weil man hier über die detailliertesten Emissionsdaten verfügt. Nachfolgend werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen für jede Verursachergruppe in einzelne Komponenten unterteilt (in Anlehnung an Binswanger 1994; Schipper et al. 2000). Eine Analyse der einzelnen Komponenten wiederum kann Aufschluss über mögliche Ursachen einer Entkopplung bzw. Nicht-Entkopplung in der jeweiligen Verursachergruppe geben.

Für eine Dekompositionsanalyse in der Verursachergruppe *Industrie, Dienstleistungen und Landwirtschaft* lässt sich die Entwicklung der stationären CO<sub>2</sub>-Emissionen auf folgende Komponenten der wirtschaftlichen Entwicklung zurückführen:

- Änderungen der CO<sub>2</sub>-Intensität (durch die Substitution von Brennstoffen),
- Änderungen der Energieintensität in den einzelnen Branchen (durch den Einsatz von energieeffizienten Technologien),
- intersektoraler Strukturwandel (Änderungen der Wirtschaftsstruktur durch eine relative Zu- oder Abnahme einzelner Branchen),
- Wachstum der Aktivität (Bruttowertschöpfung).

In den *privaten Haushalten* entstehen direkte CO<sub>2</sub>-Emissionen hauptsächlich bei der Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser. Für die Entwicklung der statio-

<sup>33</sup> Die CO<sub>2</sub>-Emissionen machen in der Schweiz knapp 80% der im Kyoto-Protokoll definierten Treibhausgase aus.

nären CO<sub>2</sub>-Emissionen der privaten Haushalte sind folgende Komponenten relevant:

- Änderungen der CO<sub>2</sub>-Intensität des Energieverbrauchs (durch Substitution von Brennstoffen),
- Änderungen der Energieintensität (Energieverbrauch im Verhältnis zum Wohnungsbestand),
- Wachstum der Aktivität des Sektors (Zunahme des Wohnungsbestands).

Im *Verkehrssektor* werden folgende Komponenten im Einzelnen untersucht:

- Änderungen der CO<sub>2</sub>-Intensität der Verkehrsleistungen im Personen- und im Güterverkehr,
- Veränderungen des Modal-Splits (insb. Strasse, Schiene),
- Wachstum der Aktivität des Sektors (Verkehrsleistungen im Personen- und im Güterverkehr).

Wie in der zusammenfassenden Darstellung im Kapitel 3.6 gezeigt wird, lassen sich alle einzelnen Komponenten der Dekompositionsanalyse in das in Abbildung 52 beschriebene analytische Raster einordnen.

Die Aktivität ist je nach Sektor unterschiedlich definiert (Wirtschaftssektor: Bruttowertschöpfung; Haushalte: Gesamtwohnungsbestand; Verkehr: Verkehrsleistungen). Es wird davon ausgegangen, dass auch die Zunahme des Gesamtwohnungsbestandes und der Verkehrsleistungen einen positiven Beitrag zum Wirtschaftswachstum leistet. Diese Annahme ist für die Entwicklung einer erfolgreichen Entkopplungsstrategie von Bedeutung (s. Kap. 4).

Das Bevölkerungswachstum beeinflusst indirekt insbesondere die Aktivitäten der privaten Haushalte und des Verkehrs. Es ist implizit in den Faktoren «Zunahme des Wohnungsbestandes» und «Wachstum der Verkehrsleistungen» enthalten.

Nachfolgend werden Dekompositionsanalysen für jede der drei Verursachergruppen durchgeführt. Grundlegende Datenquellen für die Veränderungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Energieverbrauchs sind das Treibhausgasinventar der Schweiz, erhoben vom BUWAL, und die schweizerische Gesamtenergiestatistik des Bundesamtes für Energie. Dabei wird der Untersuchungszeitraum von 1990 bis 2000 (bzw. 2001, soweit verfügbar) betrachtet. Die Wahl des Zehn-Jahres-Zeitraums ermöglicht die Analyse relativ langfristiger Veränderungen. Eine Berechnung der Veränderungen zwischen den einzelnen Jahren wird im Einzelfall gemacht, soweit dies für die Ursachenanalyse notwendig erscheint. In jedem Fall werden die Veränderungen im Fünf-Jahresabstand untersucht.

#### **Industrie, Dienstleistungen und Landwirtschaft**

Eine getrennte Analyse der Veränderungen der stationären CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Sektoren Industrie, Dienstleistungen und Landwirtschaft sowie in den einzelnen Industriebranchen ist für den Zeitraum von 1990 bis 2000 (bzw. 2001) nicht möglich, da bis 1998 in der Energiestatistik eine andere Wirtschaftsklassifizierung verwendet worden ist (Einführung der NOGA-Systematik für den Energieverbrauch im Jahr 1999). Ein Vergleich der sektoralen Wirtschaftsdaten der jüngeren mit den

älteren Jahren ist im Hinblick auf den Energieverbrauch und somit auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen problematisch.<sup>34</sup> Es wird deshalb zunächst eine gemeinsame Analyse der drei Wirtschaftssektoren vorgenommen. Auf eine Betrachtung des intersektoralen Strukturwandels muss hierbei vorläufig verzichtet werden. Falls sich bei der synthetisierten Analyse zusätzlicher Auswertungsbedarf in den einzelnen Sektoren oder Industriebranchen zeigt, besteht die Möglichkeit, für den früheren Zeitraum von 1990 bis 1998 (vor Einführung der NOGA-Systematik) eine gezielte Detailanalyse durchzuführen.

Um den Einfluss der oben genannten Komponenten getrennt analysieren zu können, sollen die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Wirtschaftssektoren Industrie, Dienstleistungen und Landwirtschaft folgendermassen unterteilt werden:

$$CO_{2,w} = \frac{CO_{2,w}}{E_w} * \frac{E_w}{A_w} * A_w$$

- CO<sub>2,w</sub>: CO<sub>2</sub>-Emissionen des Wirtschaftssektors  
(Industrie, Dienstleistungen und Landwirtschaft)
- E<sub>w</sub>: Energieverbrauch des Wirtschaftssektors  
(Industrie, Dienstleistungen und Landwirtschaft)
- A<sub>w</sub>: Aktivität (Bruttowertschöpfung) des Wirtschaftssektors

Der erste Term CO<sub>2,w</sub>/E<sub>w</sub> bestimmt die CO<sub>2</sub>-Intensität des sektoralen Energieverbrauchs. Eine Veränderung dieses Terms wird insbesondere durch eine Änderung im Energieträgermix ausgelöst (Emissionsspareffekt). Der zweite Term E<sub>w</sub>/A<sub>w</sub> gibt Auskunft über die Energieintensität des Sektors w. Eine Veränderung dieses Terms wird durch den Einsatz von energieeffizienten Technologien verursacht (Energiespareffekt). Eine Zunahme des dritten Terms A<sub>w</sub> bedeutet wirtschaftliches Wachstum im Sektor w (Wachstumseffekt). Da der Sektor w alle drei Wirtschaftssektoren umfasst, deutet der Wachstumseffekt auf ein Wachstum der gesamtwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung hin (letztere entspricht im Wesentlichen dem Bruttoinlandprodukt).

### Generelles methodisches Vorgehen bei der Dekompositionsanalyse

Am Beispiel der oben dargestellten Formel für die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Wirtschaftssektors beschreiben wir an dieser Stelle allgemein, wie wir die einzelnen Effekte berechnen: Ausgehend von der obigen Formel kann man partialanalytisch<sup>35</sup> den Ein-

<sup>34</sup> Eine gemeinsame Studie des CEPE (Center for Energy Policy and Economics) und Basics, die auf die Vergleichbarkeit der Energieverbrauchsdaten der Industrie- und Dienstleistungsbranchen von 1990 bis 2001 abzielt, wird nach Auskunft des CEPE nicht vor Mai/Juni 2004 zu Ergebnissen kommen.

<sup>35</sup> Nach der statistischen Methodenlehre gibt es mehrere Möglichkeiten, die Entwicklung eines Aggregates – hier der CO<sub>2</sub>-Emissionen – in seine Komponenten zu zerlegen. Obwohl diese unterschiedlichen Verfahren nach den Kriterien der statistischen Methodenlehre widerspruchsfrei und gleichwertig sind, können sie unterschiedliche Ergebnisse haben und führen somit nicht zu einer mathematisch eindeutigen Lösung (vgl. Diekmann et al. 1999). So unterscheiden sich die derzeit verwendeten Ansätze methodisch u. a. im Hinblick auf die Behandlung des auftretenden Restgliedes. Dieses wird bei einer

fluss der drei Terme auf die CO<sub>2</sub>-Emissionsentwicklung im Wirtschaftssektor getrennt untersuchen. Da die Formel analog auch auf die anderen relevanten Sektoren (private Haushalte, Verkehr) angewendet werden kann, bezeichnen wir den Sektor allgemein mit dem Index «i». Um den Einfluss des ersten Terms (CO<sub>2i</sub>/E<sub>i</sub>), mit dem man den Emissionsspareffekt berechnet, zu ermitteln, vergleichen wir die CO<sub>2</sub>-Emissionen von 2000 mit den «hypothetischen» CO<sub>2</sub>-Emissionen, die sich ergeben hätten, wenn die anderen beiden Terme, die Energieintensität (E<sub>i</sub>/A<sub>i</sub>) und die wirtschaftliche Aktivität (A<sub>i</sub>), konstant geblieben wären, d.h. sich seit 1990 nicht verändert hätten. Analog lassen sich auch der Energiespareffekt und der Wachstumseffekt berechnen. Um den Energiespareffekt isolieren zu können, vergleichen wir die CO<sub>2</sub>-Emissionen von 2000 mit den «hypothetischen» CO<sub>2</sub>-Emissionen, die sich ergeben hätten, wenn die CO<sub>2</sub>-Intensität und die wirtschaftliche Aktivität seit 1990 konstant geblieben wären. Der Einfluss der wirtschaftlichen Aktivität des Sektors wird schliesslich ermittelt, indem die CO<sub>2</sub>-Emissionen von 2000 mit den «hypothetischen» CO<sub>2</sub>-Emissionen verglichen werden, die sich ergeben hätten, wenn sich seit 1990 die Energieintensität und die CO<sub>2</sub>-Intensität nicht verändert hätten. Im Einzelnen ergeben sich folgende Formeln:

a) Emissionsspareffekt:

Wir vergleichen CO<sub>2,i,2000</sub> mit den «hypothetischen» CO<sub>2</sub>-Emissionen <CO<sub>2a,i,2000</sub>>, wobei gilt:

$$\langle CO_{2a,i,2000} \rangle = \frac{CO_{2,i,2000}}{E_{i,2000}} * \frac{E_{i,1990}}{A_{i,1990}} * A_{i,1990}$$

b) Energiespareffekt:

Wir vergleichen die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Sektors i aus dem Jahr 2000 (CO<sub>2,i,2000</sub>) mit den «hypothetischen» CO<sub>2</sub>-Emissionen <CO<sub>2b,i,2000</sub>>, wobei gilt:

$$\langle CO_{2b,i,2000} \rangle = \frac{CO_{2,i,1990}}{E_{i,1990}} * \frac{E_{i,2000}}{A_{i,2000}} * A_{i,1990}$$

c) Wachstumseffekt:

Wir vergleichen CO<sub>2,i,2000</sub> mit den «hypothetischen» CO<sub>2</sub>-Emissionen <CO<sub>2c,i,2000</sub>>, wobei gilt:

$$\langle CO_{2c,i,2000} \rangle = \frac{CO_{2,i,1990}}{E_{i,1990}} * \frac{E_{i,1990}}{A_{i,1990}} * A_{i,2000}$$

Die einzelnen Effekte werden als Index angegeben. Am Beispiel des Emissionsspareffekts wird nachfolgend die Indexberechnung dargestellt:

$$Index_{Emissionsspareffekt} (in\%) = \frac{\frac{CO_{2,i,2000}}{E_{i,2000}} * \frac{E_{i,1990}}{A_{i,1990}} * A_{i,1990}}{CO_{2,i,1990}} * 100$$

Differentialrechnung separat ausgewiesen. Bei der hier gewählten partialanalytischen Methode wird auf die separate Ausweisung des Restglieds verzichtet, da es sich stets in einer relativ kleinen Größenordnung bewegt (<0.5 Prozentpunkte).

Der Index misst die Wirkung des jeweiligen Effekts auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die jeweiligen Ergebnisse können so interpretiert werden: «Wie hätten sich die Emissionen des Sektors i entwickelt, wenn sich nur ein Term verändert hätte und alle anderen Terme konstant geblieben wären?».

Analog lassen sich die Indizes für die anderen Effekte berechnen.

Geht man davon aus, dass das Wachstum der wirtschaftlichen Aktivitäten der einzelnen Sektoren (Industrie/Dienstleistungen/Landwirtschaft: Wertschöpfung; Haushalte: Wohnungsbestand; Verkehr: Verkehrsleistungen) das Wirtschaftswachstum fördert, so müssten die anderen Effekte den Wachstumseffekt überkompensieren, damit die Emissionen zurückgehen und eine Entkopplung erzielt werden kann. Diese Interpretation der gegenseitigen Kompensation der Effekte ist dann möglich, wenn in einer Formel das Produkt aller Effekte der Veränderung der tatsächlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen entspricht. Der Nachweis hierfür wird im Folgenden erbracht:

$$\frac{CO_{2,i,2000}}{CO_{2,i,1990}} = \frac{\frac{CO_{2,i,2000}}{E_{i,2000}} * \frac{E_{i,1990}}{A_{i,1990}} * A_{i,1990}}{\frac{CO_{2,i,1990}}{E_{i,1990}} * \frac{E_{i,2000}}{A_{i,2000}} * A_{i,1990}} * \frac{CO_{2,i,1990}}{E_{i,1990}} * \frac{E_{i,1990}}{A_{i,1990}} * A_{i,2000}}{\frac{CO_{2,i,1990}}{E_{i,1990}} * \frac{E_{i,1990}}{A_{i,1990}} * A_{i,1990}} * \frac{CO_{2,i,1990}}{E_{i,1990}} * \frac{E_{i,1990}}{A_{i,1990}} * A_{i,1990}}$$

Zusätzlich zu den Indizes im Zehn-Jahres-Zeitraum werden auch noch Indizes über Fünf-Jahres-Zeiträume gebildet. Im Vertiefungsbereich Klima ist dies aufgrund der guten Datenlage in den 90er Jahren möglich. Die Analyse der Fünf-Jahres-Zeiträume ist insofern interessant, als zu Beginn der 90er Jahre die Schweiz sich konjunkturell eher in einer Rezessionsphase befand und das Bruttoinlandprodukt relativ konstant geblieben ist, während am Ende der 90er Jahre ein Aufschwung stattgefunden hat. Es werden Indizes für zwei gleichlange Zeiträume gebildet, die sich über die Jahre 1990 bis 1995 und 1995 bis 2000 (bzw. 1996 bis 2001, wenn Daten vorhanden) erstrecken.

Im Einzelnen ergeben sich für die drei gemeinsam analysierten Wirtschaftssektoren Industrie, Dienstleistungen und Landwirtschaft die in Tabelle 10 aufgeführten Ergebnisse:

Tabelle 10: Ergebnisse der CO<sub>2</sub>-Dekompositionsanalyse für den Wirtschaftssektor (Industrie, Dienstleistungen und Landwirtschaft).

Effekt	Index (1990 bzw. 1996 = 100)		
	1990–1995	1996–2001	1990–2001
Emissionsspareffekt	93%	94%	<b>87%</b>
Energiespareffekt	103%	98%	<b>103%</b>
Wachstumseffekt	100%	110%	<b>110%</b>
Tatsächliche Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen der Wirtschaftssektoren	95%	102%	<b>98%</b>

In den drei Wirtschaftssektoren wurde in der zweiten Hälfte der 90er Jahre ein geringfügiger Energiespareffekt (-2%) und ein etwas deutlicherer Emissionsspareffekt (-6%) erzielt. Der positive Emissionsspareffekt, d. h. die geringere CO<sub>2</sub>-Intensität des Energieverbrauchs, kann mit einer vermehrten Substitution des Energieträgers Öl durch Gas in der Industrie erklärt werden (vgl. BfE 2003a). Der Energiespareffekt hat sich zu Beginn der 90er Jahre leicht verschlechtert, während er sich gegen Ende der 90er Jahre geringfügig verbessert hat. Eine Verbindung mit dem Programm Energie 2000 ist aufgrund der uneinheitlichen Entwicklung kaum herzustellen. Insgesamt gehen die CO<sub>2</sub>-Emissionen der drei Wirtschaftssektoren mit der Entwicklung der Bruttowertschöpfung einher (leichter Rückgang zu Beginn der 90er Jahre, Anstieg insbesondere in der Hochkonjunkturphase der Jahre 2000 und 2001). Auf politischer Ebene wurde im Jahr 1999 das CO<sub>2</sub>-Gesetz verabschiedet, das bisher noch zu keinen zwingenden Massnahmen in den Wirtschaftssektoren geführt hat. Weiterhin ist das BfE mit der Zahl der freiwilligen Zielvereinbarungen, die im Rahmen des Programms Energie 2000 zwischen Unternehmensgruppen oder einzelnen Branchen und dem Bund abgeschlossen worden sind (vgl. EnAW 2004), nicht zufrieden (vgl. BfE 2000). Die Tatsache, dass im gesamten Zeitraum von 1990 bis 2001 der Emissionsspareffekt (-13%) den Wachstumseffekt (+10%) immerhin kompensiert hat, lässt den Schluss zu, dass die «Business as usual»-Aktivitäten und der fortlaufende technische Fortschritt zumindest zu einer relativen Entkopplung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von der Bruttowertschöpfung in den Wirtschaftssektoren beitragen.

Kann die relative Entkopplung in den drei Wirtschaftssektoren möglicherweise auch durch die Verlagerung energieintensiver Industrieunternehmen oder Branchen ins Ausland erreicht worden sein, wo die CO<sub>2</sub>-Emissionen weiterhin auf den Treibhauseffekt wirken? Dagegen spricht, dass die Schwerindustrie in der Schweiz bereits in den 80er Jahren an Bedeutung verloren hat, so dass von ihr in den 90er Jahren kein nennenswerter Einfluss auf den Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen mehr ausgeht (vgl. Binswanger 1994, S. 47). Jedoch ist im kleineren Umfang ein Einfluss abwandernder Industrieunternehmen nicht auszuschliessen.

Zu ergänzen ist, dass in den drei Wirtschaftssektoren auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Bereichs Abfall enthalten sind. Diese steigen im Gegensatz zu den Emissionen der Industrie und der Dienstleistungen seit 1990 langsam, aber kontinuierlich an. Ansatzpunkte zur Verminderung dieser Emissionen bilden die Handlungsempfehlungen im Rahmen des Vertiefungsbereichs Materialverbrauch, die letztlich eine Reduktion des Abfallaufkommens zum Ziel haben (s. Abschnitte 3.5 und 4.4).

Trotz der relativen Entkopplung in allen drei Wirtschaftssektoren besteht z.B. im Industriesektor noch weiteres Energie- und Emissionseinsparpotenzial (vgl. ausführlich Jochem et al. 2002, S. 22ff.), das den bisher wenig wirkungsvollen Energiespareffekt verbessern und die aus Umweltsicht erstrebenswerte absolute Entkopplung einleiten könnte. Im Dienstleistungssektor betrifft das Einsparpotenzial in erster Linie die Gebäudehülle, Bedachung und Heiztechnik. Es gelten deshalb weitgehend die gleichen Rahmenbedingungen und Empfehlungen wie für die privaten Haushalte.

## Private Haushalte

Direkte CO<sub>2</sub>-Emissionen der privaten Haushalte entstehen hauptsächlich bei der Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser<sup>36</sup> (die verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der privaten Haushalte werden im Abschnitt Verkehr (3.2.3.3) untersucht). Die kurzfristige Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der privaten Haushalte ist geprägt durch Witterungseinflüsse – kalte Winter führen zu mehr Emissionen. Bei der Berechnung der einzelnen Effekte wird deshalb jeweils der temperaturbereinigte Wert der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Energieverbrauchs als Grundlage für die Berechnungen genommen.<sup>37</sup> Aufgrund von mangelnder Datenverfügbarkeit können die bei der Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht getrennt untersucht werden. Die direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen der privaten Haushalte werden im Weiteren als Produkt aus folgenden Komponenten aufgefasst:

$$CO_{2,h} = \frac{CO_{2,h}}{E_h} * \frac{E_h}{A_h} * A_h$$

CO<sub>2,h</sub>: direkte CO<sub>2</sub>-Emissionen des Sektors h (private Haushalte)

E<sub>h</sub>: Endenergieverbrauch des Sektors h (ohne Elektrizität)

A<sub>h</sub>: Aktivität (Gesamtwohnungsbestand) des Sektors h

Der erste Term CO<sub>2,h</sub>/E<sub>h</sub> gibt Auskunft über die CO<sub>2</sub>-Intensität des sektoralen Energieverbrauchs. Eine Veränderung dieses Terms wird durch eine Substitution der Brennstoffe ausgelöst (Emissionsspareffekt). Der zweite Term E<sub>h</sub>/A<sub>h</sub> bestimmt den Energieverbrauch pro Wohnung. Eine Veränderung dieses Terms wird durch Energieeffizienzmassnahmen bei der Heiz- und/oder Gebäudetechnik verursacht (Energiespareffekt). Eine Zunahme des dritten Terms A<sub>h</sub> bedeutet ein Wachstum im Gesamtwohnungsbestand (Wachstumseffekt). Für die einzelnen Effekte ergeben sich die in Tabelle 11 aufgeführten Ergebnisse.

Tabelle 11: Ergebnisse der CO<sub>2</sub>-Dekompositionsanalyse für den Sektor private Haushalte.

Effekt	Index (1990 bzw. 1995 = 100)		
	1990–1995	1995–2000	1990–2000
Emissionsspareffekt	98%	98%	<b>96%</b>
Energiespareffekt	92%	96%	<b>88%</b>
Wachstumseffekt	108%	106%	<b>114%</b>
Tatsächliche Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen der Haushalte (temperaturbereinigt)	98%	99%	<b>97%</b>

<sup>36</sup> Ebenfalls in den direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Haushalte enthalten ist der Gasverbrauch für Kochzwecke. Dieser nimmt jedoch laut Schätzungen (vgl. Jochem et al. 1990) nur einen sehr geringen Anteil an den gesamten direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Haushalte ein. In den Emissions- und Energieverbrauchsdaten der Haushalte nicht enthalten ist der Verbrauch der Nachtspeicheröfen und elektrisch betriebenen Wärmepumpen, der dem Elektrizitätsverbrauch zugerechnet wird. Da die Zahl der Nachtspeicheröfen tendenziell abnimmt, die Zahl der Wärmepumpen dagegen zunimmt, hat eine Nichtberücksichtigung dieser beiden Heizgeräte keinen wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung des Energieverbrauchs.

<sup>37</sup> Für die Temperaturbereinigung wurde der Indikator «Heizgradtage» verwendet.

Der Sektor private Haushalte hat zwischen 1990 und 2000 einen relativ hohen Energiespareffekt (-12%), aber einen relativ kleinen Emissionsspareffekt (-4%) erzielt. Daraus lässt sich möglicherweise folgern, dass in den Haushalten vor allem Massnahmen zur Wärmedämmung (moderne Fenster, Dachisolation usw.) und zur Verbesserung der Regeltechnik der Heizungsanlagen (Thermostat, aussentemperaturgeführte Regelung, Nachtabsenkung) durchgeführt wurden bzw. der höhere Wärmeschutzstandard von Neubauten sich auf den Energieverbrauch auswirkt. Dagegen hat die Substitution ölgefeuerter Heizungen durch emissionsärmere Gasheizungen oder der Einsatz erneuerbarer Energien erst im kleineren Umfang stattgefunden. Zwar ist der Anteil von Öl am Endenergieverbrauch der Haushalte rückläufig, jedoch ist der Ölverbrauch immer noch mehr als dreimal so hoch wie der Gasverbrauch. Die marktbedingten Veränderungen des Heizölpreises in den 90er Jahren bewegten sich in einem relativ kleinen Rahmen, so dass sie kaum einen Einfluss auf Veränderungen des Energieverbrauchs der Haushalte ausgeübt haben dürften. Erst im Jahr 2000 ist der Preis für Heizöl markant (um durchschnittlich über 60% gegenüber 1999) angestiegen. Im selben Jahr ist auch die Nachfrage nach Heizöl zurückgegangen, stieg jedoch im darauf folgenden Jahr nach einer leichten preislichen Erholung wieder an. Auch hier bedürfte es ähnlich wie im Verkehrsbe- reich einer gestaffelten Erhöhung der Preise für CO<sub>2</sub>-haltige Brennstoffe, um einen dauerhaften Lenkungseffekt zu erzielen (vgl. Abschnitt 4.1).

Im Jahr 1998 wurde das Energiegesetz verabschiedet, jedoch können die Auswirkungen anhand dieser Daten noch nicht beurteilt werden. Zudem wird das Gesetz von Kanton zu Kanton unterschiedlich umgesetzt, und die Umsetzung ist zum Teil noch nicht abgeschlossen. Auch das MINERGIE-Label, das im Jahr 1998 eingeführt wurde, dürfte im Untersuchungszeitraum bis 2000 noch nicht seine ganze Wirkung entfaltet haben.

Der geringere Energiespareffekt gegen Ende der 90er Jahre lässt die Frage aufkommen, ob das Energiesparpotenzial der Haushalte zum grossen Teil bereits ausgeschöpft ist. Verschiedene Studien (vgl. BfE 2003b, S. 26ff; Jakob/Jochem 2003; Jochem et al. 2002) beantworten diese Frage klar mit «nein» und zeigen eine Reihe von Energiesparpotenzialen auf, die vom gesamten Wohnungsbestand in der Schweiz bei weitem noch nicht ausgeschöpft werden.

Um das Ziel der Entkopplung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von der wirtschaftlichen Aktivität im Haushaltssektor zu erreichen, müssten der Energiespar- und der Emissionsspareffekt gemeinsam den Wachstumseffekt überkompensieren. Letzterer beträgt zwischen 1990 und 2000 14% und ist damit niedriger als die beiden anderen Effekte (gemeinsam -16%). Diese Entwicklung deutet auf den ersten Blick eine Entkopplung an, allerdings wird der Wachstumseffekt an der Veränderung des Gesamtwohnungsbestandes gemessen. Dieser berücksichtigt noch nicht die Wohnfläche, die im gleichen Zeitraum stärker zugenommen hat als der Wohnungsbestand. Die Wohnfläche ist massgebend für den Bedarf an Raumwärme und damit den Heizenergieverbrauch (da sie jedoch für den Warmwasserverbrauch weniger eine Rolle spielt, wurde als Mass für das Wachstum der Wohnungsbestand gewählt). Es ist also



davon auszugehen, dass unter Berücksichtigung der überproportionalen Zunahme der Wohnfläche der Wachstumseffekt noch nicht überkompensiert wird. Zudem werden für die Zukunft (bis zum Jahr 2020) ein weiterer Anstieg des Wohnungsbestandes sowie eine weiterhin überproportionale Zunahme der Wohnfläche prognostiziert (vgl. Prognos 2002, S. 9). Für eine erfolgreiche Entkopplung bedarf es also weiterer Anstrengungen zur Reduktion der Energieintensität im Gebäudebereich und zur Substitution von Öl als bisherigem Hauptenergielieferant der privaten Haushalte. Politische Anreize können diese Entwicklung fördern (vgl. hierzu Abschnitt 4.1).

Zu bedenken bleibt, dass bei einer alleinigen Verfolgung des Ziels der Entkopplung der CO<sub>2</sub>-Emissionen vom Gesamtwohnungsbestand als wirtschaftlicher Aktivität der privaten Haushalte ein Konflikt mit dem Umweltziel der Reduktion des Flächenverbrauchs entstehen kann (vgl. hierzu auch Abschnitt 3.4). Eine weitere Zunahme des Gesamtwohnungsbestandes fördert zwar das wirtschaftliche Wachstum, lässt aber die Siedlungsfläche weiter ansteigen. Allerdings dürfte ein funktionierender Bodenmarkt zu einer entsprechenden Erhöhung der Bodenpreise führen. Deshalb ist die Politik gut beraten, nach Möglichkeit nicht mit Subventionen, die einen Anstieg des Flächenverbrauchs bewirken, in den Bodenmarkt zu intervenieren (z.B. durch Förderung des Wohnungsbaus). Ferner wird das wirtschaftliche Wachstum im Haushaltssektor nicht nur durch eine Zunahme des Wohnungsbestands gefördert, sondern etwa auch durch die energetische Sanierung der bestehenden Gebäude.

Neben den direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen der privaten Haushalte für Raumwärme und Warmwasser entstehen auch indirekte CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Stromverbrauch. Zwar ist die Stromproduktion in der Schweiz zum überwiegenden Teil CO<sub>2</sub>-frei, jedoch gehen andere Umweltbelastungen von ihr aus, wie z.B. der Anfall radioaktiver Abfälle in Kernkraftwerken. Dies ist jedoch nicht Thema dieses Vertiefungsbereichs, weshalb hierauf nicht näher eingegangen wird (gleiches gilt für den Stromverbrauch der anderen Verursachergruppen). Nichtsdestotrotz entstehen durch Stromimporte in die Schweiz ca. 6 Mio. t CO<sub>2</sub>-Emissionen, die aus Klimasicht Anlass zur Erhöhung der Stromeffizienz sein können.

## **Verkehr**

Der Verkehrssektor stellt generell innerhalb einer Volkswirtschaft einen der materiellen Produktion vor- als auch nachgelagerten Dienstleistungssektor dar und erfüllt gleichzeitig Dienstleistungsfunktionen der privaten Haushalte. Von daher sind Veränderungen des Verkehrsgeschehens in erster Linie durch das Verkehrsverhalten der privaten Haushalte und in den Wirtschaftssektoren bestimmt. Der Verkehr wird dennoch in Anlehnung an die Unterteilung im Treibhausgasinventar und angesichts seiner hohen umweltpolitischen Bedeutung separat untersucht.

Der Sektor Verkehr umfasst den gesamten privaten und öffentlichen Verkehr auf Strasse, Schiene und Wasser sowie in der Luft. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrssektors werden nachfolgend getrennt nach Personen- und Güterverkehr analysiert. Da für die Verkehrsträger Wasser und Luft eine Abgrenzung von Personen- und

Güterverkehr sehr schwierig ist, werden sie in diese Untersuchung nicht eingeschlossen. Es werden also nur die «Subsektoren» Strasse und Schiene betrachtet. Zudem sind diese beiden Verkehrsträger am ehesten gegeneinander substituierbar, so dass eine Veränderung des Modal-Splits mit Hilfe des Struktureffekts abbildbar ist. Die jeweiligen CO<sub>2</sub>-Emissionen werden in folgende Komponenten zerlegt:

$$CO_{2,v} = \frac{CO_{2,v}}{A_v} * \frac{A_v}{A} * A \text{ (jeweils getrennt nach Personen- und Güterverkehr)}$$

- CO<sub>2,v</sub>: CO<sub>2</sub>-Emissionen des Subsektors v (Strassen- bzw. Schienenverkehr)  
 A<sub>v</sub>: Verkehrsleistungen des Subsektors v (Strassen- bzw. Schienenverkehr)  
 A: Verkehrsleistungen des gesamten Personen- bzw. Güterverkehrs  
 (gemessen in Personen- bzw. Tonnenkilometern)

Der erste Term CO<sub>2,v</sub>/A<sub>v</sub> bestimmt die CO<sub>2</sub>-Intensität der Verkehrsleistungen der Subsektoren Strasse bzw. Schiene. Eine Veränderung dieses Terms wird durch eine energieeffizientere Motorentechnik oder durch eine höhere Auslastung bewirkt (Emissionsspareffekt).<sup>38</sup> Der zweite Term gibt Auskunft über den Anteil der Subsektoren Strasse bzw. Schiene am gesamten Personen- bzw. Güterverkehr. Eine Veränderung dieses Terms wird durch das Modal-Split-Verhältnis bestimmt. Der dritte Term A definiert das Wachstum der gesamten Personen- bzw. Güterverkehrsleistungen. Eine Veränderung dieses Terms bewirkt Verkehrswachstum. Eine Berechnung der einzelnen Effekte für den Personen- bzw. Güterverkehr führt zu den in den Tabellen 12 und 13 aufgeführten Ergebnissen.

## Personenverkehr

Tabelle 12: Ergebnisse der CO<sub>2</sub>-Dekompositionsanalyse für den Personenverkehr auf Schiene und Strasse

Personenverkehr	Effekt	Index (1990 bzw. 1995 = 100)		
		1990–1995	1995–2000	1990–2000
Strasse:	Emissionsspareffekt	102%	95%	<b>96%</b>
	Modal-Split-Effekt	100%	100%	<b>100%</b>
Schiene:	Emissionsspareffekt	95%	91%	<b>87%</b>
	Modal-Split-Effekt	103%	100%	<b>103%</b>
Strasse und Schiene:	Wachstumseffekt	103%	109%	<b>112%</b>
Tatsächliche Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen des Personenverkehrs		104%	103%	<b>108%</b>

Die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Personenverkehr wird massgeblich durch die Veränderung der Personenverkehrsleistungen beeinflusst. In der Schweiz sind die gesamten Personenverkehrsleistungen zwischen 1990 und 1995 um 3%, zwi-

<sup>38</sup> Auf eine gesonderte Analyse des Energiespareffekts wird im Verkehrssektor verzichtet, da hier im Gegensatz zu den Sektoren Industrie und Haushalte bis heute keine nennenswerten Änderungen im Energieträgermix stattfinden und deshalb die gleichen Ergebnisse wie beim Emissionsspareffekt zu erwarten sind. Das Bild könnte sich künftig verändern, wenn vermehrt andere Energieträger (z. B. Gas, Biogas) als Treibstoffe eingesetzt werden.

schen 1995 und 2000 um 9% gestiegen. Für den Zeitraum von 1990 bis 2000 ergibt sich damit ein Wachstumseffekt von 12%. Im gleichen Zeitraum resultiert ein Emissionsspareffekt auf der Strasse von 4%, d. h. die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Strassenkilometer haben um 4% abgenommen, was jedoch nicht genügt, um den Wachstumseffekt zu kompensieren. Auf der Schiene zeigt sich zwar ein wesentlich besserer Emissionsspareffekt, jedoch hat dies aufgrund des geringen Anteils der Schiene an den (gesamten) CO<sub>2</sub>-Emissionen (0.07%) kaum Auswirkungen. Offenkundig werden die Züge besser ausgelastet. Hingegen ist der Emissionsspareffekt der Strasse weniger auf eine bessere Auslastung (unverändert geringe Pkw-Auslastung; vgl. ARE/BfS 2001, S. 41) als vielmehr auf den Einsatz energieeffizienterer Pkw zurückzuführen.

Die Kompensation des Wachstumseffekts könnte auch durch eine Veränderung des Modal-Splits gelingen. Es zeigt sich jedoch nur ein sehr geringfügiger Modal-Split-Effekt zu Gunsten der Schiene von 3%. Trotz dieses Modal-Split-Effekts bei der Schiene ist der Anteil des Strassenverkehrs am gesamten Verkehr aufgrund seiner hohen Bedeutung unverändert geblieben (Modal-Split-Effekt Strasse: 100%). Hieran hat auch die Verteuerung der Autobahnvignette im Jahr 1995 (von 10 auf 40 Fr.) nichts geändert. Spezielle energiepolitische Massnahmen im Rahmen von Energie 2000, die auf den Verkehr gerichtet waren (insb. Eco-Drive, Car Sharing), genügten ebenfalls nicht, um das starke Mengenwachstum zu kompensieren und eine Emissionsminderung im Strassenverkehr zu erreichen.

Markante Benzinpreiserhöhungen gab es in den Jahren 1993 (Mineralölsteuererhöhung um 20 Rp./l) und 2000 (marktbedingte Preissteigerung). Während die Strassenverkehrsleistungen im Jahr 1993 tatsächlich kurzfristig zurückgingen, haben sie im Jahr 2000 deutlicher als im Vorjahr zugenommen. Damit dürfte die gute Wirtschaftskonjunktur im Jahr 2000 einen stärkeren Einfluss auf die Verkehrsleistungen gehabt haben als die Preiserhöhung. Im Schienenverkehr gab es vor allem in den Jahren 1993 und 1994 Wachstumssteigerungen, nachdem noch im Jahr 1992 ein Rückgang der Schienenverkehrsleistungen zu verzeichnen war (vgl. BfS 2004). Damit dürfte die deutliche Mineralölsteuererhöhung im Jahr 1993 gewisse Verlagerungseffekte ausgelöst haben. Für eine nachhaltige Verlagerung des Strassenverkehrs auf die Schiene, die zu einer dauerhaften Entkopplung der verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen vom Wirtschaftswachstum führen könnte, bedarf es jedoch offensichtlich noch deutlicherer Signale (z.B. Ankündigung regelmässiger Steuererhöhungen; vgl. Abschnitt 4.1).

Für die Zukunft prognostiziert eine Verkehrs-Studie des BUWAL zum «Klimarapport» (vgl. Infras 2003, Annex 1) einen geringfügigen, jedoch kontinuierlichen Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Individualverkehrs bis zum Jahr 2020. Zugleich geht das ARE von einer weiteren Zunahme des Freizeitverkehrs und damit einem weiteren Anstieg der Personenverkehrsleistungen aus (vgl. ARE 2003c, S. 1). Trifft man die Annahme, dass der Modal-Split unverändert bleibt, ist weder eine absolute noch eine relative Entkopplung der CO<sub>2</sub>-Emissionen vom Personenverkehrswachs-

tum absehbar. Deshalb besteht ohne Zweifel politischer Handlungsbedarf (vgl. auch Abschnitt 3.2.4).

Eine Entkopplung der Personenverkehrsleistungen von den CO<sub>2</sub>-Emissionen lässt sich insbesondere dann erreichen, wenn der Emissionsspar- und der Modal-Split-Effekt gemeinsam den Wachstumseffekt überkompensieren könnten. Der Emissionsspareffekt ist im geringen Ausmass im Zeitraum 1995 bis 2000 erkennbar (-5%). Er könnte sich nach Abschluss der Zielvereinbarung Auto-Schweiz im Jahr 2002 (Verpflichtung zur Senkung des durchschnittlichen Treibstoffverbrauchs der Neuwagenflotte) noch einmal verbessern, sofern auch eine genügende Nachfrage nach energieeffizienteren Motorentchnologien besteht. Ein weitaus höheres Entkopplungspotenzial besitzt jedoch die stärkere Verlagerung des Personenverkehrs von der Strasse auf die Schiene, da hierdurch die Pkw-Emissionen des verlagerten Verkehrs vollständig vermieden werden könnten. Eine Veränderung des Modal-Splits steht zudem im Einklang mit weiteren Umweltzielen (Reduktion von Luftverschmutzung und Flächenverbrauch; vgl. Abschnitte 3.3 und 3.4). Gezielte Massnahmen zur Förderung des öffentlichen Verkehrs (insb. Massnahmen im Rahmen von Energie-Schweiz wie z.B. «Railway») sind noch zu zaghaft, als dass sich ihre Wirkung ausreichend im Modal-Split-Effekt zu Gunsten der Schiene niederschlagen würde. Politische Handlungsempfehlungen hinsichtlich einer verstärkten Verlagerung des Verkehrs werden in Abschnitt 4.1 diskutiert.

## Güterverkehr

Tabelle 13: Ergebnisse der CO<sub>2</sub>-Dekompositionsanalyse für den Güterverkehr.

Güterverkehr	Effekt	Index (1990 bzw. 1995 = 100)		
		1990–1995	1995–2000	1990–2000
Strasse:	Emissionsspareffekt	77%	80%	<b>62%</b>
	Modal-Split-Effekt	112%	106%	<b>118%</b>
Schiene:	Emissionsspareffekt	102%	80%	<b>82%</b>
	Modal-Split-Effekt	85%	90%	<b>76%</b>
Strasse und Schiene:	Wachstumseffekt	116%	139%	<b>161%</b>
Tatsächliche Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen des Güterverkehrs		100%	118%	<b>118%</b>

Noch stärker als im Personenverkehr wird im Güterverkehr die Veränderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Wachstumseffekt, d. h. das Wachstum der Güterverkehrsleistungen, beeinflusst. Von 1990 bis 2000 sind die Güterverkehrsleistungen um 61% gestiegen. Am Modal-Split-Effekt erkennt man, dass dieses Wachstum vor allem auf der Strasse stattgefunden hat. So hat der Anteil der auf der Strasse zurückgelegten Tonnenkilometer an den gesamten Güterverkehrsleistungen um 18% zugenommen, während der Anteil der Schiene um 24% zurückgegangen ist. Positiv zu beurteilen ist die Tatsache, dass im gleichen Zeitraum die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Strassen-Tonnenkilometer um 38% reduziert werden konnten (Emissionsspareffekt auf der Strasse). Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf der Schiene haben ebenfalls um 24% abgenommen. Der Emissionsspareffekt dürfte zum einen auf energieeffizientere Motorentchnologien, zum anderen auf eine bessere Auslastung der Lkw und Züge zurückzuführen sein.

Markante Dieselpreiserhöhungen gab es in den Jahren 1993 (Mineralölsteuererhöhung) und 2000 (marktbedingte Preissteigerung). Während das Ereignis von 2000 wegen der noch ausstehenden Daten noch nicht beurteilt werden kann, ist der höhere Dieselpreis 1993 ohne erkennbare Auswirkungen auf die Verkehrsleistungen geblieben. Die Güterverkehrsleistungen der Strasse haben sich ohne Abstriche weiter nach oben entwickelt, während auf der Schiene im Jahr 1993 sogar ein leichter Rückgang zu verzeichnen ist (vgl. BfS 2004). Möglicherweise kann die Dieselpreiserhöhung jedoch den Emissionsspareffekt der Strasse positiv beeinflusst und zum vermehrten Einsatz energieeffizienterer Motorentechnologien geführt haben.

Ähnlich wie im Personenverkehr geht auch im Güterverkehr das grösste Entkoppungspotenzial vom Modal-Split-Effekt aus, d. h. einer Verlagerung von der Strasse auf die Schiene. Das schweizerische Verlagerungsgesetz beinhaltet in erster Linie das Ziel der Stabilisierung des alpenquerenden Strassengüterverkehrs. Der alpenquerende Güterverkehr betrifft ein Drittel des gesamten Güterverkehrs. Eine auf den gesamten Strassengüterverkehr gerichtete politische Massnahme ist die Einführung der pauschalen Schwerverkehrsabgabe im Jahr 1985 und ihre Umwandlung zu einer leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe im Jahr 2001. Die pauschale Schwerverkehrsabgabe dürfte insbesondere nach der Tarifierhöhung im Jahr 1995 eine geringfügige Wirkung gehabt haben, da der Modal-Split-Effekt zu Gunsten der Strasse abgebremst wurde. Dennoch hat der Strassengüterverkehr weiter zugenommen.

Eine durchschlagendere Wirkung wird von der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA) erwartet. Seit ihrer Einführung im Jahr 2001 können bereits positive Wirkungen auf die Flottenzusammensetzung und auf die Strassenverkehrsleistungen ausgemacht werden. So stieg z.B. im Jahr vor der Einführung der LSVA der Umsatz neuer Lkw um 45% (ARE 2003b, S. 13). Damit dürfte ein deutlicher Emissionsspareffekt im Strassengüterverkehr erreicht werden (hierzu liegen noch keine Daten nach 2001 vor). Zudem sanken im Jahr 2001 die Fahrleistungen des Strassengüterverkehrs erstmals um 4%. Dieser Rückgang ist zum Teil auch auf die im zweiten Halbjahr 2001 begonnene wirtschaftliche Rezession zurückzuführen, jedoch konnte bereits im ersten Halbjahr 2001 ein Rückgang der Strassengüterverkehrsleistungen festgestellt werden (ARE 2003, S. 14). Im gleichen Zeitraum gab es im Schienenverkehr keine nennenswerten Änderungen der Fahrleistungen. Die mit der Einführung der LSVA gestiegene Wettbewerbsfähigkeit der Schiene musste aufgrund der gleichzeitig angehobenen Gewichtslimite für Lkw-Transporte wieder Einbussen hinnehmen (ARE 2003, S. 15). Im Hinblick auf die geplanten Erhöhungen der LSVA in den Jahren 2005 und 2007 sowie auf den geplanten Ausbau der Bahninfrastruktur (Neat) könnte jedoch in Zukunft ein im Vergleich zu bisher durchgreifender Verlagerungseffekt erreicht werden.

### 3.2.4 Trends im Hinblick auf die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

In der folgenden Tabelle werden die Aktivitäten mit einem potenziellen Einfluss im Hinblick auf die erwartete zukünftige Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen zusammenfassend dargestellt.

Tabelle14: Erwartete Trends bedeutender Aktivitäten mit Einfluss auf die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen (Quellen: eigene Einschätzungen, Infrac 2003, BUWAL 2003).

Aktivität/Indikator	Trend bis 2020 (gegenüber 2000)
Treibstoffverbrauch Pkw und Off Road-Fahrzeuge	Leichte Zunahme
Treibstoffverbrauch Lkw	Starke Zunahme
Kerosinverbrauch (Inland)	Stagnation
Beheizte Wohnfläche pro Einwohner/in	Zunahme
Brennstoffverbrauch der Industrie	Stagnation
Verbrauch energieintensiver Materialien	Zunahme
Kehrichtverbrennung	Stagnation

An der erwarteten weiteren Zunahme der meisten relevanten wirtschaftlichen Aktivitäten erkennt man, dass der Wachstumseffekt die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Zukunft weiterhin belasten wird. Umso stärker müssen die Energiespar-, Emissionsspar- und Modal-Split-Effekte sein, um den Wachstumseffekt im Hinblick auf eine Entkopplung überkompensieren zu können. Bei einer weiteren Zunahme der Aktivitäten wird die gewünschte Entkopplung aufgrund des grossen Einflusses des Wachstumseffekts im Klimabereich nur dann erreichbar sein, wenn entsprechende politische Massnahmen wirksame Anreize zur Erhöhung der Energiespar-, Emissionsspar- und Modal-Split-Effekte geben (vgl. Abschnitt 4.1).

### 3.3 Vertiefungsbereich Luft

Analog zum Bereich Klima wird zunächst die Entwicklung der Luftschadstoffemissionen nach Verursachergruppen dargestellt, bevor im zweiten Abschnitt eine vertiefende Ursachenanalyse durchgeführt wird.

#### 3.3.1 Entwicklung der Luftschadstoffe nach Verursachergruppen

Für den Bereich Luft werden NO<sub>x</sub>-, CO-, NMVOC- und SO<sub>2</sub>-Emissionen nach Verursachergruppen differenziert betrachtet. Hervorzuheben ist Folgendes:

- Für NO<sub>x</sub> sind die Emissionen für die einzelnen Verursachergruppen seit Mitte bis Ende der 80er Jahre stark gefallen, eine absolute Entkopplung zur Entwicklung des BIP liegt vor. Die hier festgestellte starke prozentuale Steigerung der landwirtschaftlichen NO<sub>x</sub>-Emissionen muss angesichts des geringen Ausgangsniveaus von 1970 relativiert werden (4% bzw. 5500 t von rund 134'000 t Ge-

samtemissionen). 2000 betrug dieser Wert rund 10% (10'700 t von 103'000 t Gesamtemissionen).

- Bei den CO-Emissionen sind für alle Verbrauchergruppen seit Mitte der 70er Jahre beträchtliche Reduktionsfortschritte erzielt worden. Es lässt sich für alle Gruppen eine absolute Entkopplung vom Wirtschaftswachstum konstatieren. Den grössten Anteil hieran haben die starken Emissionsreduktionen im Verkehr. In absoluten Zahlen gemessen, betrug die CO-Emissionen des Verkehrs 1980 mit 1 Mio. t mehr als das Zehnfache der CO-Emissionen der Haushalte (88'300 t) oder von Industrie/Gewerbe (92'000 t). Das stärkere Reduktionspotenzial des Verkehrs konnte bis 2000 auf 237'705 t CO-Emissionen ausgeschöpft werden (minus 76% gegenüber 1980). Zum Vergleich: Industrie und Gewerbe emittierten 2000 51'454 t CO (minus 44% gegenüber 1980), Haushalte 66'288 t CO (minus 25% gegenüber 1980).
- Auch bei den NMVOC-Emissionen liegen starke Verminderungen und eine absolute Entkopplung zum BIP vor. Dies ist insbesondere auf die starken Fortschritte bei der Reduktion der NMVOC-Emissionen durch den Verkehr zurückzuführen. Die Emissionen von Haushalten und Land- und Forstwirtschaft wurden kaum reduziert, sind allerdings auf einem relativ tiefen Ausgangsniveau im Vergleich zu den anderen Verursachergruppen gestartet.
- Bei den SO<sub>2</sub>-Emissionen weisen die betrachteten Verbrauchergruppen seit 1980 ebenfalls starke Emissionsreduktionen und eine absolute Entkopplung von der Entwicklung des BIP auf.

Abb. 59:  
Vergleich Entwicklung BIP und NO<sub>x</sub> Emissionen nach verschiedenen Verursachern, 1970–2000, indiziert mit 1970 = 100.

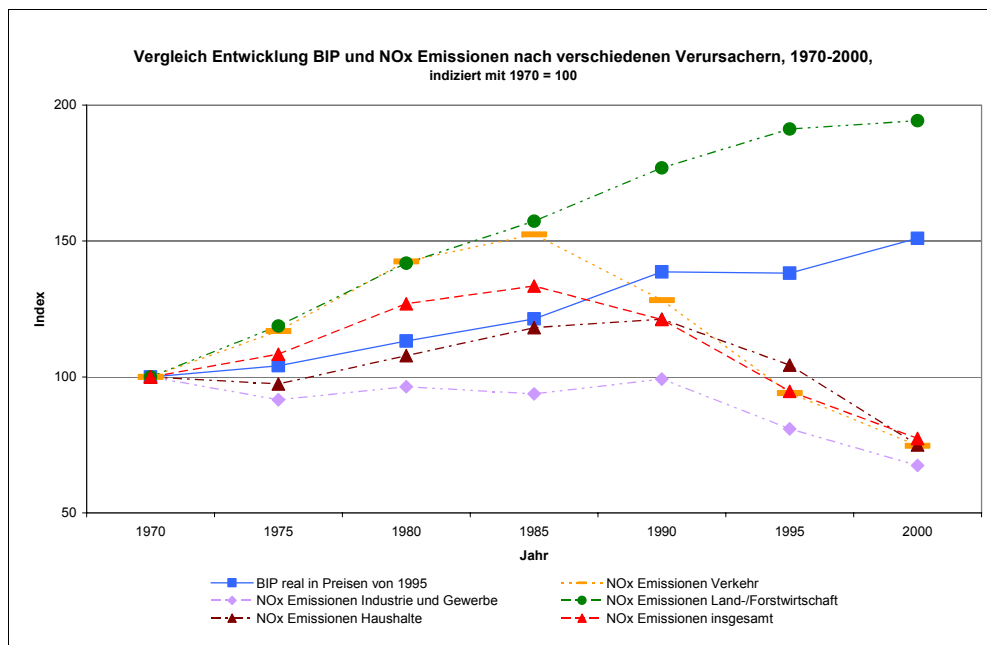
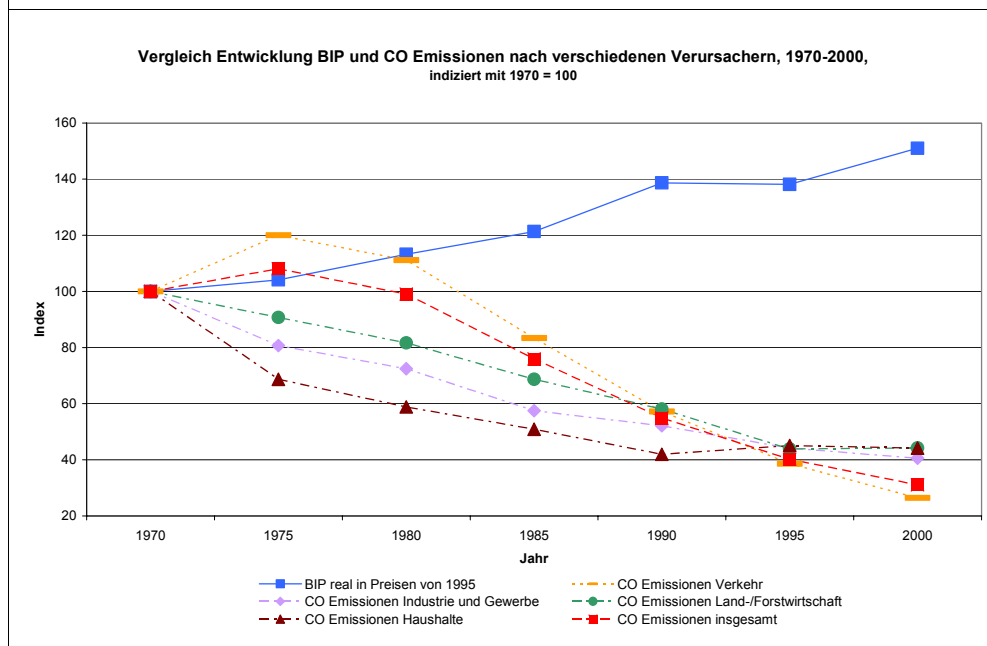


Abb. 60:  
Vergleich Entwicklung BIP und CO Emissionen nach verschiedenen Verursachern, 1970–2000, indiziert mit 1970 = 100.



Datenquelle: Aufdatierung des BUWAL-Umweltberichts Nr. 256, Datenlieferung des BUWAL vom 07.11.2003.



Abb. 61:  
Vergleich Entwicklung BIP und NM VOC Emissionen nach verschiedenen Verursachern, 1970–2000, indiziert mit 1970 = 100.

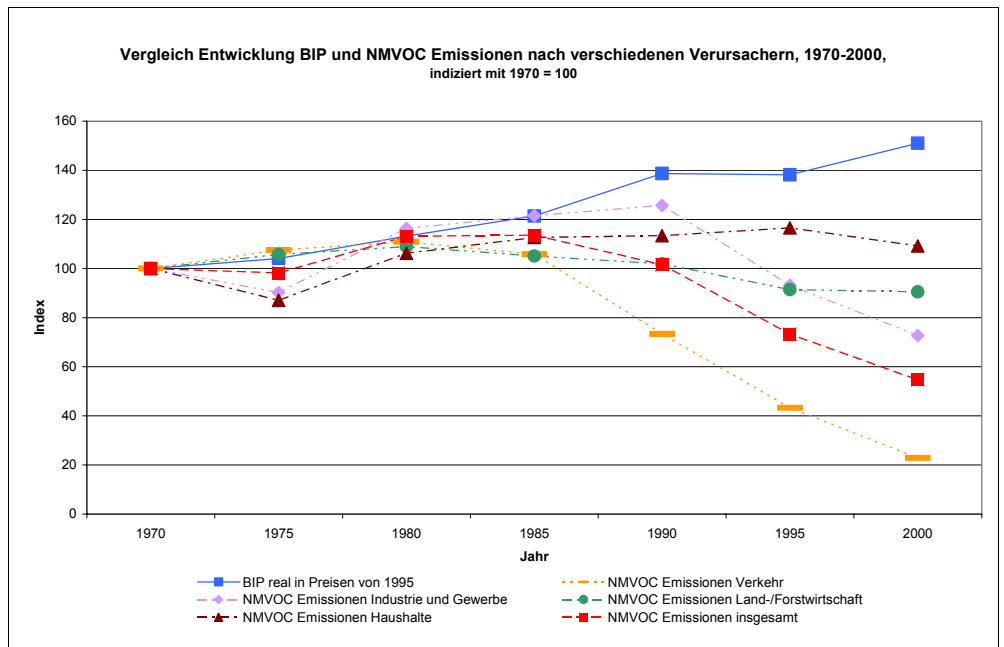
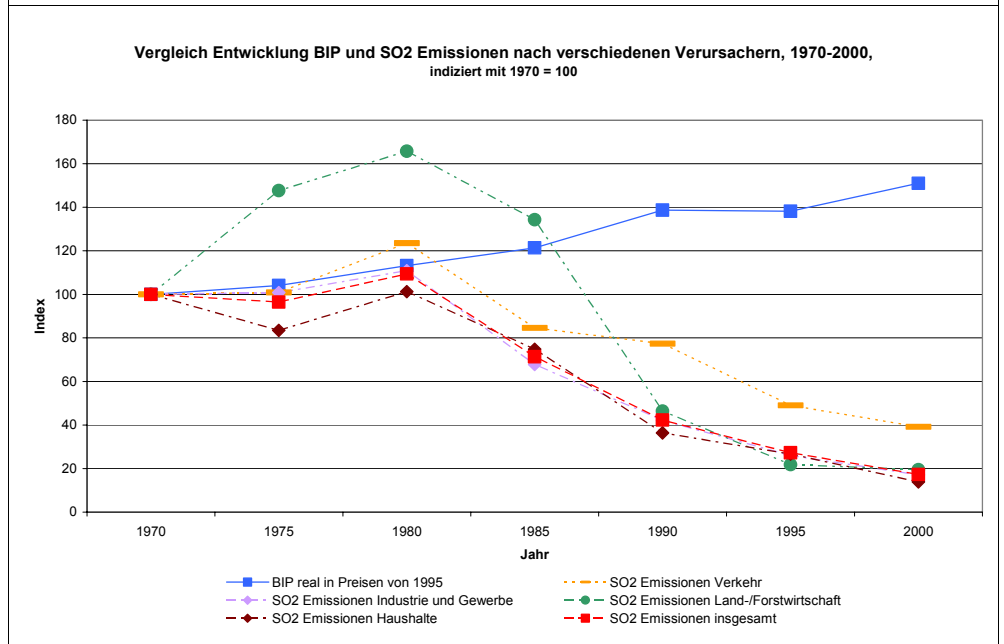


Abb. 62:  
Vergleich Entwicklung BIP und SO<sub>2</sub> Emissionen nach verschiedenen Verursachern, 1970–2000, indiziert mit 1970 = 100.



Datenquelle: Aufdatierung des BUWAL-Umweltberichts Nr. 256, Datenlieferung des BUWAL vom 07.11.2003.

Für die Luftschadstoffe PM<sub>10</sub> und Ozon liegen (noch) keine verursacherbezogenen Daten vor. Dennoch werden sie in den nachfolgenden Abschnitten ausführlich behandelt.

### 3.3.2 Ursachenanalyse im Bereich Luft

Der vorige Abschnitt hat gezeigt, dass für die Luftschadstoffe NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC und SO<sub>2</sub> im Gegensatz zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen für die meisten Verursacherguppen

eine absolute Entkopplung der Emissionsentwicklung vom Wirtschaftswachstum stattgefunden hat. Welche Erklärungen gibt es für diese unterschiedlichen Entwicklungen in den beiden Umweltbereichen?

Bei den betrachteten Luftschadstoffen spielt zunächst der Wachstumseffekt eine viel geringere Rolle als beim CO<sub>2</sub>, da die Emissionen der Luftschadstoffe unabhängig vom Wachstum der wirtschaftlichen Aktivität mit vergleichsweise einfachen technischen Massnahmen («End-of-Pipe-Technologien») reduziert werden können. Dagegen bedarf es zur Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen relativ aufwändigerer Techniken, die in die Produktion integriert sind («vorsorgender Umweltschutz»)<sup>39</sup>. Auch der Struktureffekt hat keinen nennenswerten Einfluss auf die Entwicklung der betrachteten Luftschadstoffe, da die fundamental unterschiedlichen technologischen Voraussetzungen (End-of-Pipe versus integrierte Produktion) für alle Industriebranchen und Subsektoren gelten. Weiterhin spielt auch der Energiespareffekt keine grosse Rolle, da die Emissionen ohne eine Reduzierung des Energieverbrauchs in der Regel durch Filter-, Substitutions- oder Umwandlungstechniken gesenkt werden können. Es würde also der Einfluss des Emissionsspareffekts eine Dekompositionsanalyse derart dominieren, dass sie im Bereich der Luftschadstoffe nicht hilfreich ist. Stattdessen wird im nachfolgenden Abschnitt eine qualitative Analyse der Entkopplungsursachen hinsichtlich der vier Luftschadstoffe SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> und NMVOC vorgenommen.

Gelten die oben erläuterten Unterschiede auch für die Schadstoffe PM<sub>10</sub> und Ozon? Diese beiden Luftschadstoffe werden ebenfalls einer qualitativen Analyse unterzogen, die im Gegensatz zu den anderen vier Schadstoffen vor allem die Ursachen der *nicht* stattfindenden Entkopplung (Ozon) bzw. wieder steigenden Belastung (PM<sub>10</sub>) thematisiert.

#### Schwefeldioxid

Die absolute Entkopplung der SO<sub>2</sub>-Emissionen von der Entwicklung des BIP hat in allen Verursachergruppen zwischen 1980 und 1985 eingesetzt. Der Rückgang der SO<sub>2</sub>-Emissionen seit 1980 ist vor allem auf die mehrmalige Reduktion des Schwefelgehalts in verschiedenen Heizölen sowie auf den Ersatz der stark schwefelhaltigen Brennstoffe Kohle und Heizöl Schwer und Mittel durch die schwefelarmen Brennstoffe Heizöl Extraleicht und Gas zurückzuführen. Bei letzterer Umstellung unterstützend wirkte die im Jahr 1998 eingeführte Abgabe auf schwefelhaltigem Heizöl Extraleicht. In der Industrie leisteten grosse Emittenten (Zellstoffproduktion und Raffinerien) durch Entschwefelungstechnologien ihren Beitrag zur SO<sub>2</sub>-Reduktion. Die rückläufige Entwicklung der SO<sub>2</sub>-Emissionen dürfte auch in naher Zukunft noch anhalten. Ab dem Jahr 2004 werden in der Schweiz flächendeckend schwefelfreie Treibstoffe auf dem Markt angeboten. Zusätzlich wird zeitgleich eine Lenkungsabgabe von 3 Rp./Liter auf schwefelhaltige Treibstoffe eingeführt.

Im Fall von SO<sub>2</sub> spielt also zum einen induzierter technischer Fortschritt eine zentrale Rolle, um eine absolute Entkopplung der SO<sub>2</sub>-Emissionen vom Wirtschafts-

---

<sup>39</sup> Für CO<sub>2</sub> werden zwar auch zum Teil End-of-Pipe-Technologien entwickelt (CO<sub>2</sub>-Abscheidung und – Deponierung in Aquiferen), jedoch sind diese vor allem bei der Öl- und Gasförderung sowie bei Kohlekraftwerken wirtschaftlich. Für die Schweiz sind diese Techniken deshalb wenig interessant.

wachstum zu erzielen. Zum anderen ist bei der Substitution der Brennstoffe die Preisentwicklung für Erdgas, Heizöl und Kohle zu betrachten. Insbesondere der Preis für Heizöl ist im Zuge der beiden Ölpreiskrisen am Anfang und Ende der 70er Jahre markant (um jeweils knapp 100%) angestiegen (vgl. Abb. 65; BfE 1999, S. 44). Andere Faktoren spielen hier eine eher untergeordnete Rolle. Die Verabschiedung der Luftreinhalteverordnung im Jahr 1985 wirkte lediglich unterstützend, da die Massnahmen zur Schwefelreduzierung bereits eingesetzt hatten. Ein Auslöser für die Technologieentwicklung und -diffusion war sicher auch der öffentliche Druck, entstanden durch die Diskussion um das Waldsterben.

#### **Kohlenmonoxid**

Die CO-Emissionen konnten bereits im Zeitraum zwischen 1975 und 1980 (und noch stärker nach 1980) in allen Verursachergruppen vom Wachstum des BIP entkoppelt werden und sind seitdem kontinuierlich rückläufig. Im Bereich Verkehr hat hierzu die Einführung der Katalysator Technik beigetragen, in den Haushalten und in der Industrie die vermehrte Nutzung von Erdgas und Heizöl anstelle von Kohle (vgl. BfE 1998, S. 23).

Demnach waren die Auslöser für die Entkopplung bei den CO-Emissionen ähnlich wie bei den SO<sub>2</sub>-Emissionen vor allem der technische Fortschritt und die deutlichen Preisveränderungen in den 1970er und 1980er Jahren.

#### **Stickoxide**

Die Entkopplung der NO<sub>x</sub>-Emissionen vom Wirtschaftswachstum hat in allen Verursachergruppen (mit Ausnahme der Land- und Forstwirtschaft) im Zeitraum zwischen 1985 und 1990 begonnen. Dazu beigetragen hat im Verkehr wiederum die Katalysator Technik, in der Industrie und den Haushalten die Umstellung von Kohle und Heizöl auf Erdgas sowie die Einführung der Low-NO<sub>x</sub>-Technologie bei Heizungen.

Betrachtet man die Entwicklung der Immissionen (s. Abschnitt 2.1.3), sieht man, dass die NO<sub>2</sub>-Immissionen sich seit 1995 nicht weiter entkoppelt haben, sondern praktisch stagnieren. Der Grund hierfür dürfte darin liegen, dass der Dieseltreibstoff besonders stickoxidhaltig ist und die Katalysator Technik im stark zunehmenden Lkw-Verkehr noch nicht verbreitet ist. Abbildung 59 zeigt zwar einen Abwärtstrend bei den NO<sub>x</sub>-Emissionen des Verkehrs seit 1985, allerdings liegen die NO<sub>x</sub>-Emissionen des Güterverkehrs im Jahr 2000 immer noch etwas höher als 1970. Der Dieselsatz ist insbesondere gegen Ende der 90er Jahre stärker gestiegen, und für die Zukunft wird dies weiterhin prognostiziert (vgl. Infrac 2003, S. 61). Für eine Entkopplung der NO<sub>2</sub>-Immissionen vom Wirtschaftswachstum dürfte daher die Aus- und Nachrüstung von Nutzfahrzeugen mit der Katalysator Technik unumgänglich sein.

Damit würde der Weg zur Entkopplung bei den Stickoxiden ähnlich wie bei den anderen Luftschadstoffen über den technischen Fortschritt bereitet. Jedoch dürfte die zügige Diffusion der Technik, insbesondere bezüglich der Nachrüstung des Fahrzeugbestandes, nur mit Unterstützung der Umweltpolitik gelingen.

Nachfolgend wird auf gezielten Wunsch des Auftraggebers eine Dekompositionsanalyse für die Stickoxid-Emissionen im Güterverkehr durchgeführt. Da für die

Stickoxid-Emissionen insbesondere die Diesel betriebenen Fahrzeuge des Strassenverkehrs relevant sind, richtet sich das Augenmerk der Analyse auf den Strassengüterverkehr.

Die NO<sub>x</sub>-Emissionen des Strassengüterverkehrs werden in folgende Komponenten zerlegt:

$$NO_{x,gv, str} = \frac{NO_{x,gv, str}}{A_{gv, str}} * \frac{A_{gv, str}}{A} * A$$

- NO<sub>x,gv, str</sub>: NO<sub>x</sub>-Emissionen des Subsektors Güterverkehr Strasse  
A<sub>gv, str</sub>: Verkehrsleistungen des Subsektors Güterverkehr Strasse  
A: Verkehrsleistungen des gesamten Güterverkehrs (gemessen in Tonnenkilometern)

Der erste Term NO<sub>x,gv, str</sub>/A<sub>gv, str</sub> bestimmt die NO<sub>x</sub>-Intensität der Strassengüterverkehrsleistungen. Eine Veränderung dieses Terms wird durch eine emissionsärmere Motorentchnik bewirkt (Emissionsspareffekt). Der zweite Term gibt Auskunft über den Anteil des Subsektors Strasse am gesamten Güterverkehr. Eine Veränderung dieses Terms wird durch das Modal-Split-Verhältnis bestimmt. Der dritte Term definiert das Wachstum der gesamten Güterverkehrsleistungen. Eine Veränderung dieses Terms bewirkt Verkehrswachstum. Eine Berechnung der einzelnen Effekte führt zu den in Tabelle 14a aufgeführten Ergebnissen.

Tabelle 14a: Ergebnisse der NO<sub>x</sub>-Dekompositionsanalyse für den Strassengüterverkehr.

Effekt	Index:			
	1970–1980	1980–1990	1990–2000	1970–2000
Emissionsspareffekt	87%	71%	43%	<b>27%</b>
Modal-Split-Effekt	118%	117%	118%	<b>163%</b>
Wachstumseffekt	128%	135%	161%	<b>277%</b>
Tatsächliche Entwicklung der NO <sub>x</sub> -Emissionen des Strassengüterverkehrs	131%	112%	83%	<b>121%</b>

Die Tabelle zeigt, dass der Emissionsspareffekt vor allem in den 90er Jahren durch technische Verbesserungen die NO<sub>x</sub>-Intensität der Strassengüterverkehrsleistungen so stark senken konnte, dass die NO<sub>x</sub>-Emissionen des Strassengüterverkehrs seit den 90er Jahren rückläufig sind. Diese Entwicklung konnte auch der in den 90er Jahren zunehmende Wachstumseffekt des Strassengüterverkehrs nicht verhindern. Trotz der positiven Entwicklung liegen die NO<sub>x</sub>-Emissionen des Strassengüterverkehrs im Jahr 2000 immer noch über den Werten von 1970.

#### Flüchtige organische Verbindungen

Die allmähliche Entkopplung der NMVOC-Emissionen (flüchtige organische Verbindungen ohne Methan) vom Wirtschaftswachstum hat in allen Verursachergruppen (mit Ausnahme der Haushalte) im Zeitraum zwischen 1985 und 1990 eingesetzt. Ursächlich für die rückläufige Entwicklung in der Industrie – der Hauptverursacherin dieser Emissionen – ist die verringerte Anwendung von Lösungs-

mitteln in Farben, Lacken und Reinigungsmitteln. An ihrer Stelle werden alternative Stoffe mit identischer Funktion eingesetzt. Eine Lenkungsabgabe auf Lösungsmitteln unterstützt seit dem Jahr 2000 diesen Substitutionsprozess.

Bei den flüchtigen organischen Verbindungen sind also ähnlich wie bei den anderen Luftschadstoffen technischer Fortschritt und die Unterstützung der Diffusion durch die Umweltpolitik die Ausschlag gebenden Faktoren für die Entkopplung vom Wirtschaftswachstum.

#### Ozon

Die Entwicklung der Immissionen bodennahen Ozons zeigt keine deutlichen Trends, da die Ozonbildung u. a. stark von der Sonneneinstrahlung und der Lufttemperatur abhängig ist. In der Tendenz kann man jedoch keine Entkopplung vom Wirtschaftswachstum feststellen (s. Abschnitt 2.1.3). Zwar sind die für die Ozonbildung verantwortlichen Vorläufersubstanzen ( $\text{NO}_x$  und VOC) in den letzten Jahren gesunken (s. oben), jedoch führt die Reduktion der Vorläufersubstanzen nicht zu einer gleich grossen Abnahme der Ozonbelastung. So zeigen Modellrechnungen, dass ein Rückgang der Vorläufersubstanzen um 50% einen Ozonrückgang von lediglich 10 bis 20% bewirkt (BfS 2000, S. 104). Es bedarf also noch stärkerer Anstrengungen zur Reduktion der Vorläufersubstanzen, um die Ozonentwicklung vom Wirtschaftswachstum zu entkoppeln (vgl. hierzu näher die Abschnitte zu Stickoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen).

#### PM<sub>10</sub>

Die Emissionen lungengängiger Feinstäube (PM<sub>10</sub>) verzeichnen seit 2001 wieder einen Anstieg (s. Abschnitt 2.1.3). Die tendenziell leicht rückläufige Entwicklung in den 90er Jahren dürfte auf die Brennstoffumstellung von Heizöl auf Erdgas in Industrie und Haushalten zurückzuführen sein. Einen wesentlichen Anteil an den PM<sub>10</sub>-Emissionen haben die Abgase der Dieselmotoren. Während in den 90er Jahren der Absatz von Dieselöl kaum gestiegen ist, hat er in der Hochkonjunkturphase zwischen 1999 und 2001 deutlich zugenommen (vgl. BfE 2003a, S. 28). Dies könnte der Grund für die Trendwende und den erneuten Anstieg der PM<sub>10</sub>-Immissionen sein.

Der Ausstoss von PM<sub>10</sub>-Emissionen aus Dieselmotoren kann mit Hilfe von Partikelfiltern vermieden werden, die für Pkw ab dem Jahr 2004 gemeinsam mit der Einführung schwefelfreier Treibstoffe – zumindest bei einigen Autoherstellern – serienmässig auf den Markt gelangen. Auch für leichte/schwere Nutzfahrzeuge, Baumaschinen usw. ist der Einbau von Partikelfiltern technisch möglich (vgl. BUWAL 2003a). Eine spürbare Reduktion der Feinstäube und Entkopplung vom Wirtschaftswachstum wird aber voraussichtlich nur dann erreicht werden, wenn nicht nur die Neuwagen, sondern auch der Fahrzeugbestand inklusive des Nutzfahrzeugbestandes mit Partikelfiltern ausgerüstet werden. Dieser Aspekt wird bei der Formulierung der politischen Handlungsempfehlungen (s. Abschnitt 4.2) berücksichtigt.

Damit spielt auch bei den Feinstäuben der technische Fortschritt in Kombination mit der Umweltpolitik eine zentrale Rolle im Hinblick auf die Entkopplung von Umweltbelastung und Wirtschaftswachstum.

### 3.3.3 Trends im Hinblick auf die Entwicklung der Luftschadstoffkonzentrationen

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die erwartete zukünftige Entwicklung der Konzentrationen relevanter Luftschadstoffe.

Tabelle 15: Erwartete Trends im Hinblick auf die Entwicklung der Luftschadstoffkonzentrationen.

Aktivität/Indikator	Trend bis 2020 (gegenüber 2000)
NO <sub>x</sub> -Konzentration	Abnahme
CO-Konzentration	Abnahme
NM VOC-Konzentration	Abnahme
SO <sub>2</sub> -Konzentration	Abnahme
Ozon-Konzentration	Stagnation
PM <sub>10</sub> -Konzentration	Leichte Abnahme

(Quellen: MONET).

Aufgrund der erwarteten weiteren Abnahme der Konzentrationen einer Reihe von Luftschadstoffen sind politische Massnahmen in diesem Bereich vor allem im Hinblick auf die Reduktion der Ozon- und Feinstaubbelastung prioritär.

### 3.3.4 Fazit

Die eingangs gestellte Frage, welche Erklärungen es für die unterschiedlichen Entwicklungen in den Bereichen Klima und Luft gibt, kann nun leichter beantwortet werden, wenn auch nicht alle Details der Zusammenhänge (Umweltbeeinträchtigungen mit kurz- und langfristigem Charakter; politökonomische Erklärungen usw.) aufgrund der Komplexität der Fragestellung berücksichtigt werden können. Anhand der vorliegenden Untersuchung kann das Urteil gefällt werden, dass bei den Luftschadstoffen der technische Fortschritt gemeinsam mit einer die Technologiediffusion unterstützenden Umweltpolitik ausreicht, um eine Entkopplung der Umweltbelastung vom Wirtschaftswachstum einzuleiten. Im Bereich Klima hingegen – insbesondere bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen – genügt die Verbreitung emissionsparender Technologien allein nicht, da der Emissionsspareffekt vor allem durch den Wachstumseffekt überkompensiert werden kann. Soll dennoch ohne eine Eindämmung des in der Regel wirtschaftsfördernden Wachstumseffekts eine Entkopplung im Klimabereich erzielt werden, muss der Emissionsspareffekt umso höher ausfallen. Im Verkehrsbereich kann der Emissionsspareffekt durch den Modal-Split-Effekt (Verlagerung des Verkehrs auf die Schiene) unterstützt werden, so dass beide Effekte zur Kompensation des Wachstumseffekts beitragen können. In Abschnitt 4.1 werden Ansätze zu einer Entkopplungsstrategie im Klimabereich ohne Eindämmung des Wachstumseffekts aufgezeigt.

### 3.4 Vertiefungsbereich Natur und Landschaft

Im Rahmen des Vertiefungsbereiches Natur und Landschaft konzentrieren wir uns auf die Analyse der zwei Hauptprobleme Flächenverbrauch und Biodiversität. Der Einfluss der wirtschaftlichen Entwicklung auf den Flächenverbrauch lässt sich genauer analysieren, wenn die wichtigsten Akteure, die Flächen beanspruchen (Industrie, Dienstleistungen, Landwirtschaft, Haushalte, Verkehr), im Einzelnen jeweils für sich betrachtet werden. Nachfolgend wird der Flächenverbrauch für jede Akteursgruppe in einzelne Komponenten unterteilt (in Anlehnung an Binswanger 1994 und Schipper et al. 2000). Eine Analyse der einzelnen Komponenten kann Aufschluss über mögliche Ursachen einer Entkopplung bzw. Nicht-Entkopplung je Akteursgruppe geben.

Im Industrie-, Dienstleistungs- und Landwirtschaftssektor spielen jeweils folgende Komponenten eine Rolle für die Entwicklung des Flächenverbrauchs:

- Änderungen der Flächenintensität,
- Änderungen der Wirtschaftsstruktur,
- gesamtwirtschaftliches Wachstum.

Im Verkehrssektor werden die folgenden Komponenten untersucht:

- Änderungen der Flächenintensität der Verkehrsleistungen im Personen- und im Güterverkehr,
- Strukturelle Veränderungen zwischen den Verkehrsträgern Strasse und Schiene,
- Wachstum der Verkehrsleistungen im Personen- und im Güterverkehr.

Der direkte Flächenverbrauch der privaten Haushalte entsteht durch das Wohnen in Ein- und Zweifamilienhäusern, Reihen- und Terrassenhäusern und Mehrfamilienhäusern. Für die Analyse sind folgende Komponenten relevant:

- Änderungen der Flächenintensität (beanspruchte Fläche je Einwohner/in),
- Strukturelle Veränderungen der Haushaltsgrössen (Änderungen der Anzahl Einwohner/innen je Haushalt),
- Wachstum der Anzahl Haushalte.

Nachfolgend werden Dekompositionsanalysen für jede der Verursachergruppen Industrie, Landwirtschaft, Haushalte und Verkehr durchgeführt. Grundlegende Datenquellen für die Flächenveränderungen sind beide Arealstatistiken 1979/1985 und 1992/1997 des Bundesamtes für Statistik. Es werden jeweils die Veränderungen des Jahres 1997 gegenüber dem Basisjahr 1985 betrachtet (jeweilige Beendigung der Aufnahmen für die Arealstatistik). D.h., die Werte der einzelnen Komponenten werden für das Basisjahr 1985 mit 100 indiziert, und im Anschluss die Veränderung von 1985 auf 1997 bestimmt (für die ausführliche Berechnungsmethodik vgl. den Kasten im Kapitel 3.2.3). Die Daten über die anderen Grössen entstammen verschiedenen Jahrgängen des Statistischen Jahrbuches der Schweiz. Die Wahl des Zeitraumes ermöglicht die Analyse langfristiger Veränderungen.

Im Weiteren werden die Unterschiede der Entwicklung zwischen städtischem und urbanem Raum aufgezeigt.

Da hinsichtlich des Vertiefungsbereichs Biodiversität die Datenlage wesentlich schlechter ist als für andere Umweltbereiche (vgl. Kapitel 2.1.8), wird in diesem Bereich auf eine Dekompositionsanalyse verzichtet. Eine Entkopplung zwischen Wirtschaftswachstum und Gefährdung der Biodiversität lässt sich, wie im ersten Teil dieser Arbeit gezeigt, nur bedingt darstellen. Deshalb werden die wichtigsten Ursachen für die Zunahme der Gefährdung der Biodiversität qualitativ beschrieben.

### **3.4.1 Entwicklung von Natur und Landschaft mit Bezug zu Verursachergruppen**

#### **Teilbereich Flächenverbrauch**

Gemäss einer Sonderauswertung des ARE (2003) zu den Erhebungen der Arealstatistik sind die Siedlungsflächen der Schweiz zwischen 1979 und 1997 insgesamt um 13,3% gewachsen. Nach Verursachergruppen (bzw. Nutzungsarten) unterteilt betrug dabei das Wachstum des gesamten Gebäudeareals 16,5%, das Wachstum des Industrieareals (Industriegebäude und Umschwung) 24,4%, das Wachstum der Verkehrsflächen 9,6% und das Wachstum der Erholungs- und Grünanlagen 16,7%.

Das Wachstum der Siedlungsflächen geht mehrheitlich zu Lasten der Natur bzw. des landwirtschaftlichen Kulturraumes: Die neuen Siedlungsflächen entstammen zu 71,2% aus Wies- und Ackerland, zu 10,3% aus Obst-, Rebbau- und Gartenbauflächen und zu 9,6% aus Wald- und Gehölzflächen. Schweizweit beträgt der Anteil der Siedlungsfläche an der Gesamtfläche nunmehr rund 7% (2'786 km<sup>2</sup> von 39'995 km<sup>2</sup> ohne stehende Gewässer).

Die Schweiz besteht zu rund einem Viertel aus städtischem Raum und zu rund drei Viertel aus ländlichem Raum (gemäss Arealstatistik und Agglomerationsabgrenzung 2000). Vergleicht man den städtischen und ländlichen Raum, zeigt sich die folgende Entwicklung:

- Von 1950 bis 2000 hat sich die Zahl der zum städtischen Raum gehörenden Gemeinden versechsfacht, die entsprechende Gemeindefläche mehr als vervierfacht und die in den Agglomerationsgebieten wohnende Bevölkerung mehr als verdoppelt (ARE und BFS, Eidg. Volkszählung). Daraus lässt sich folgern, dass sich die Schweiz in diesem Zeitraum mehr und mehr verstädert hat.
- Innerhalb des städtischen Raums ist die Siedlungsfläche allerdings etwas weniger stark gewachsen als im ländlichen Raum:
  - Im städtischen Raum beträgt die Siedlungsfläche gemäss der aktuellen Arealstatistik 1560 km<sup>2</sup> bzw. 17,3% der Gesamtfläche des städtischen Raumes (9'006 km<sup>2</sup>). Sie ist gegenüber 1979/1985 um 12% gewachsen (ARE 2003).
  - Im ländlichen Raum beträgt die Siedlungsfläche 1230 km<sup>2</sup> (4% der Gesamtfläche von 30'989 km<sup>2</sup>). Sie ist seit 1979/1985 um 15% gewachsen (ARE 2003).
- Im städtischen Raum werden die Siedlungsflächen intensiver genutzt als im ländlichen Raum, allerdings nimmt die Nutzungsintensität der Siedlungsfläche im städtischen Raum schneller zu als im ländlichen:
  - Auf 1560 km<sup>2</sup> Siedlungsfläche im städtischen Raum leben rund 5,2 Mio. oder 73% aller Einwohner/innen der Schweiz, auf den 1230 km<sup>2</sup> Siedlungsfläche des ländlichen Raumes hingegen rund 1,9 Mio. oder 27%. Ein Vergleich der



zeitlichen Entwicklung zeigt, dass die Siedlungsfläche pro Kopf im städtischen Raum von 289,2 m<sup>2</sup>/Einwohner (1979/1985) auf 303 m<sup>2</sup>/Einwohner/in (1992/1997) um 4,8% angestiegen ist, im ländlichen Raum von 641 m<sup>2</sup>/Einwohner/in auf 642 m<sup>2</sup>/Einwohner/in.

- Bei den Beschäftigten des 2. und 3. Sektors zeigt sich ein ähnliches Bild; im städtischen Raum arbeiten rund 2,9 Mio. oder 81% aller Beschäftigten, im ländlichen Raum demgegenüber rund 0,7 Mio. oder 19% aller Beschäftigten der Schweiz. Die Nutzungsintensität hat sowohl im städtischen als auch im ländlichen Raum abgenommen: Der Flächenverbrauch pro beschäftigter Person hat sich im städtischen Raum von 517,3 m<sup>2</sup>/Beschäftigte um 4,6% auf 541 m<sup>2</sup>/Beschäftigte erhöht, im ländlichen Raum um 2,3% von 1831 m<sup>2</sup>/Beschäftigte auf 1873 m<sup>2</sup>/Beschäftigte (ARE 2003).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sowohl im städtischen als auch im ländlichen Raum die Siedlungsfläche stärker gewachsen ist als die Zahl der Einwohner/innen und Beschäftigten. Damit hat die Nutzungsintensität des Siedlungsraumes abgenommen. Auf gleich viel Fläche finden sich weniger Einwohner/innen und Beschäftigte. Aus Sicht des Flächenverbrauchs ist diese Entwicklung negativ zu werten.

#### **Teilbereich Biodiversität**

Wie in Kapitel 2.1.8 bereits erwähnt, liegen für das Thema Biodiversität keine Daten vor, die mit derselben Methodik über einen längeren Zeitraum erhoben worden wären und mit deren Hilfe sichere Aussagen über die Entwicklung des bekannten Bestandes und eine Bedrohung der Biodiversität sowie eine etwaige Entkopplung zum Wirtschaftswachstum möglich wären. Hier wird somit keine Dekompositionsanalyse zum Thema Biodiversität durchgeführt. Deshalb greifen wir in diesem Abschnitt die Diskussion über die Ursachen für Veränderungen der Biodiversität in der internationalen Literatur auf und berücksichtigen die bisher vorliegenden Ergebnisse des Biodiversitäts-Monitoring Schweiz (BDM). Wir gehen auf Ursachen ein, die einen Zusammenhang mit der Veränderung der Biodiversität und dem Wirtschaftswachstum haben.

#### **Ursachenanalyse in der Literatur**

Die gegenwärtigen globalen Aussterberaten der Artenvielfalt sind 100 bis 1000 Mal höher als die Aussterberaten im Vergleich mit der Zeit, als noch kein menschliches Leben auf der Welt existierte (Pimm et al. 1995, vgl. auch UNEP 1995: Barbault/Sastrapradja). Die Aussterberaten werden auf den Einfluss menschlicher Aktivitäten, auf das Eindringen gebietsfremder invasiver Arten und auf den atmosphärischen und klimatischen Wandel zurückgeführt (Chapin et al. 1998).

Thompson (1994, vgl. Chapin et al. 1998) weist einen Zusammenhang zwischen der Bevölkerungsdichte und dem Stress von Pflanzen für sechs europäische Länder direkt nach.<sup>40</sup> Er vergleicht das Vorkommen von Pflanzenarten in untersuchten Flächen zwischen 1940 und 1950 mit dem Vorkommen der Pflanzen zwischen 1987 und 1990. In Ländern mit relativ geringer Bevölkerungsdichte (Irland, Schottland) gibt es keine konsistenten Unterschiede zwischen der Artenverteilung. In Ländern

---

<sup>40</sup> Stress wird hierbei definiert als jeder Faktor, der das Pflanzenwachstum reduziert, wie z.B. Trockenheit oder mangelnde Nährstoffzufuhr (Thompson 1994, zitiert nach Schelske 2000).

mit hoher Bevölkerungsdichte (England, Niederlande) nahm jedoch das Vorkommen von denjenigen Arten deutlich zu, die schnell wachsend sind und viele Nährstoffe erfordern. Bei langsam wachsenden Arten nahm das Vorkommen hingegen deutlich ab, obwohl diese früher grosse Teile dieser Länder bedeckten.

Allgemein können durch Landnutzung die Habitatqualität verschlechtert, Habitate fragmentiert oder ganz zerstört werden (vgl. Sala et al. 2000 und UNEP 1995: Barbault/Sastrapradja). Verbleibende Restflächen sind oftmals nicht gross genug, dass Lebensgemeinschaften in ihnen überleben können. Die Beeinträchtigung der Biodiversität auf kultivierbarem Land, Wald und inländischen Wassersystemen ist vorwiegend auf die (frühere) Intensivierung und Ausweitung der Land- und Forstwirtschaft und ein Wachstum der Industrie-, Verkehrs- und Siedlungsfläche zurückzuführen (vgl. UNEP 1995:McNeely et al.).<sup>41</sup>

Landwirtschaftlichen Aktivitäten im Agrarökosystem kommt eine besondere Bedeutung für die Beeinträchtigung der Biodiversität zu. Intensive landwirtschaftliche Praktiken wie z.B. eine enge Fruchtfolge, Monokulturen, ein hoher Nährstoffeintrag u.a. können Biodiversität negativ beeinflussen. Die Pflege der Kulturlandschaft hat in der Vergangenheit jedoch auch zu einer Erhöhung der Artenvielfalt in Mitteleuropa geführt (z.B. Verhinderung von Vergandung, regelmässige Mahd). Positiv auf die Artenvielfalt in der Landwirtschaft wirken auch die Anlage ökologischer Ausgleichsflächen, Fruchtfolgenwechsel oder der Anbau von Mischkulturen. Neuere Forschungsergebnisse vergleichen den Biolandbau mit der Integrierten Produktion und zeigen, dass durch ersteren eine höhere Nützlingsfauna erreicht werden kann (Jossi et al. 2004).

Urbanisierung kann zur Erhöhung der Artenvielfalt beitragen, da Städte u.U. gute Lebensräume für Arten, die sich an menschliche Aktivitäten angepasst haben, bieten können. Viele Ruderalflächen in Siedlungs- und Industriegebieten bieten gute Lebensbedingungen für Flora und Fauna. Es muss unterschieden werden, welche Ebene der Artenvielfalt für eine tiefergehende Analyse über die Ursachen ihrer Beeinträchtigung betrachtet wird. Der u.U. höheren Biodiversität durch Urbanisierung im Vergleich zur intensiven Landwirtschaft steht eine Verringerung der landschaftlichen Vielfalt entgegen (vgl. Schelske 2000).

---

<sup>41</sup> Untersuchungen des Artensterbens zeigen, dass der absolute Verlust natürlicher Habitate der Hauptgrund für das gegenwärtige Artensterben ist (vgl. Sala et al. 2000 und UNEP 1995: Barbault/Sastrapradja und die dort angegebene Literatur, zitiert nach Schelske 2000). Beeinträchtigungen der Habitatqualität beeinflussen Durchschnitt und Varianz des Populationswachstums, verkleinern die Populationsgrösse und führen zu einer Erhöhung der Aussterbewahrscheinlichkeit von Arten. Bei Habitatfragmentierung wird relativ mehr Fläche des Habitates von seinen Randzonen beeinflusst. Schädlinge, die von aussen kommen, können die Sterblichkeit von Spezialisten innerhalb des Habitates erhöhen. Arten können in ihrer Futtersuche und ihrem Brutverhalten beeinträchtigt werden, die Wachstumsrate der Population wird vermindert und folglich die Aussterbewahrscheinlichkeit erhöht (UNEP 1995: Barbault/Sastrapradja). Genetische Verarmung von Populationen und Inzucht durch genetischen Drift (Barrett/Kohn 1991) reduzieren die Fitness von Nachkommen, führen zu Inzuchtdepression und vermindern die Wachstumsrate der Population (Charlesworth/Charlesworth 1987).

### Beeinträchtigung der Biodiversität in der Schweiz

Gemäss dem nationalen Bericht der Schweiz zum Übereinkommen über die biologische Vielfalt (BUWAL 1998) setzt sich die Artenvielfalt der Schweiz aus 2696 Farnen und höheren Pflanzen, 1030 Moosarten und rund 2000 Flechtenarten zusammen. Von geschätzten 40'000 Wirbeltieren und Wirbellosen sind mehr als 20'000 beschrieben. Mit Hilfe des Biodiversitäts-Monitorings Schweiz (BDM) wird die Situation der Biodiversität in der Schweiz wissenschaftlich überwacht. Im Folgenden wird die Systematik des BDM skizziert, um im Anschluss auf diejenigen Indikatoren einzugehen, die Aussagen über die Ursachen für die Beeinträchtigung der Biodiversität machen. Das BDM ist angelehnt an das Pressure-State-Response-Modell der OECD und in drei Typen von Indikatoren untergliedert:

- «Zustandsindikatoren» messen die Veränderungen der Biodiversität.
- «Einflussindikatoren» beschreiben die verschiedenen Faktoren, die die Artenvielfalt beeinflussen (z.B. Nährstoffangebot, Lebensraumstruktur, Nutzungstechnik).
- «Massnahmenindikatoren» erfassen Trends und Entwicklungen, die zum Erhalt der Biodiversität beitragen (z.B. Gesamtfläche der Bio-Betriebe).

Insgesamt erhebt das BDM 15 Einfluss-, elf Zustands- und sieben Massnahmenindikatoren und beobachtet schwerpunktmässig häufige und weit verbreitete Arten. Da sich das BDM noch in der Aufbauphase befindet, sind bisher nur rund ein Drittel aller Indikatoren erfasst bzw. berechnet worden. Im Jahre 2006 werden alle Indikatoren quantifiziert sein. Die ersten Resultate zeigen, dass die Schweiz noch über einen grossen Artenreichtum verfügt. Dennoch sind mehr Tiere und Pflanzen gefährdet als in anderen vergleichbaren Ländern (vgl. OECD 1999). Je nach Gruppe sind 33% bis 95% der Pflanzen- und Tierarten selten oder gefährdet (BUWAL 1998). Jede zweite Säugetierart und jede dritte Blütenpflanzenart ist bedroht, am stärksten gefährdet sind Amphibien und Reptilien. Obwohl die geographischen und geomorphologischen Bedingungen zu einem variablen Klima und vielen verschiedenen Vegetationsformen und Ökosystemen führen, fehlen grundsätzlich ausreichend grosse und naturnahe Lebensräume, in denen speziell die gefährdeten Arten langfristig überleben könnten.

Aufgrund von Veränderungen in der Flächennutzung wurden viele Ökosysteme verändert, fragmentiert oder zerstört (vgl. OECD 1999). Viele Landschaftselemente, die einen wichtigen Lebensraum für bedrohte Arten darstellen, wie z.B. Auen und Fliessgewässer, Hecken und Feldgehölze oder andere bestockte Flächen und Hochstamm-Feldobstbäume, verschwanden bis Anfang der 1990er Jahre in grosser Zahl (vgl. Arealstatistik). Die Siedlungsflächen haben um rund 33'000 ha bzw. ca. 13% zugenommen. Daraus lässt sich nicht schliessen, dass die Artenvielfalt tatsächlich abgenommen hat, sondern nur, dass die Bedrohung der bisherigen Artenvielfalt zugenommen hat. In diesem Zusammenhang weist das BDM darauf hin, dass sich bei Nutzungsveränderungen einer Fläche auch die Anzahl und die Zusammensetzung der Arten an diesem Standort verändern. Die Überbauung landwirtschaftlich genutzter Flächen führt dazu, dass jene Arten, die bebaute Flächen bevorzugen, mehr Raum erhalten. Allerdings verringert sich der Lebensraum für solche Arten, die an die vorherige landwirtschaftliche Nutzung angepasst sind. Die folgende Tabelle fasst die ersten Ergebnisse des BDM zusammen. Die gemessenen Indikatoren verdeutlichen sowohl positive als auch negative Wirkungen auf die Biodiversität.

Tabelle 16: Bisher vom BDM erfasste Indikatoren und Wirkung auf Biodiversität.

Indikator	Situation	Wirkung auf Biodiversität
<b>Einflussindikator</b>		
E3: Fläche naturnaher Gebiete	Der Anteil der naturüberlassenen Waldgebiete ist seit 1983 gesamtschweizerisch kaum gestiegen. Ein sehr hoher Anteil solcher Gebiete besteht an der Alpensüdflanke.	0
E5: Kleinräumige Nutzungsvielfalt	Gesamtschweizerisch geringe Zunahme.	(+)
E7: Ertragsmenge pro Flächeneinheit	Stetige Steigerungen der Flächenerträge seit den 1970er Jahren bei den meisten Feldfrüchten bis ca. Mitte der 1990er Jahre. Hoher, aber stabiler Tierbesatz.	-
E8: Florenfremde Wildfläche	Geringer Anteil der florenfremden Baumarten, kaum Verschlechterungen gegenüber den 1980er Jahren.	+
E9: Jungwaldfläche mit künstlicher Verjüngung	Gesamtschweizerisch tendenziell abnehmend, Jungwaldfläche mit natürlicher Verjüngung hingegen zunehmend.	+
E10: Waldfläche mit speziellen Nutzungsformen	Rückgang von Wäldern mit Sondernutzungsformen, aber höherer Anteil solcher Wälder an der Alpensüdflanke; Zunahme des nicht bewirtschafteten Waldes.	-/0
<b>Zustandsindikator</b>		
Z3: Artenvielfalt (inkl. Regionen)	Kaum Veränderungen seit 1997.	0
<b>Massnahmenindikator</b>		
M4: Gesamtfläche Vertragsnaturschutz	Starke Zunahme seit der Ökologisierung der Agrarpolitik. Optimierungspotenzial besteht (Vernetzung, Neuanlage).	+
M5: Gesamtfläche Biobetriebe	Starke Zunahme seit der Ökologisierung der Agrarpolitik.	+

Legende: +: positive Wirkung auf die Biodiversität; 0: neutrale Wirkung; -: negative Wirkung.

Quelle: Ergebnisse des Biodiversitäts-Monitoring Schweiz: <http://www.biodiversitymonitoring.ch/deutsch/indikatoren>.

Diese Auflistung vermittelt auf den ersten Blick den Eindruck, dass es um die Situation der Biodiversität so schlecht nicht bestellt sein kann, da die Ergebnisse vieler Indikatoren auf eine positive oder neutrale Wirkung auf die Biodiversität schliessen lassen. Aus unserer Sicht wäre ein solcher erster Eindruck aus den folgenden Gründen ein Fehlschluss:

- Es liegen erst für einen Teil der Indikatoren Ergebnisse vor. Wenn alle Indikatoren erhoben worden sind, lässt sich ein schlüssigeres Bild über die Situation der Biodiversität in der Schweiz ableiten.
- Viele der Indikatoren bilden den gegenwärtigen Zustand ab und machen keine Aussage über Prozesse, die in der Vergangenheit abgelaufen sind und bereits zu einer Beeinträchtigung der Biodiversität geführt haben.
- Die Massnahmenindikatoren verdeutlichen die mit Blick auf die Biodiversität positiv zu würdigende Reaktion der Agrarpolitik, machen allerdings keine Aussagen darüber, wie sich die Situation der Biodiversität in den ökologischen Ausgleichsflächen verändert hat.

### 3.4.2 Mögliche Auslöser für Veränderungen im Bereich Natur und Landschaft

In der nachfolgenden Tabelle werden in allgemeiner Form die möglichen Auslöser für Veränderungen des Flächenverbrauchs und der Biodiversität dargestellt. Die Übersicht dient der Vorbereitung auf die anschliessende detaillierte Analyse der Ursachen der Entkopplung bzw. Nicht-Entkopplung von Flächenverbrauch und Wirtschaftswachstum. Im Anschluss wird ausserdem auf die Entwicklung der Baupreise und ihre Bedeutung für den Flächenverbrauch eingegangen.

Tabelle 17: Mögliche Auslöser für Veränderungen im Bereich Natur und Landschaft.

Mögliche Auslöser für Veränderungen im Bereich Natur und Landschaft	Zeitpunkt(e) des Wirksamwerdens
Raumplanungspolitik: Raumplanungsgesetz <ul style="list-style-type: none"> <li>U.a. haushälterischer Umgang mit Boden und Fläche, Ausweisung von Schutzzonen z.B. für Landschaften von besonderer Bedeutung, für Lebensräume von schutzwürdigen Tieren und Pflanzen</li> <li>Umsetzung durch Kantone und Gemeinden oftmals im Widerstreit verschiedener Interessen (angesichts knapper Finanzen aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes zu grosse Bauzonen oder Umzonungen)</li> </ul>	1979
Regionalpolitik: insbesondere Förderprogramm Regio Plus <ul style="list-style-type: none"> <li>Ländlichen Raum als Wohn- und Arbeitsort attraktiv halten</li> <li>Zusammenarbeitsprojekte organisatorischer, konzeptioneller und institutioneller Art</li> </ul>	1997
Umweltschutzpolitik: Bundesgesetz über den Umweltschutz <ul style="list-style-type: none"> <li>Schutz von Menschen, Tieren und Pflanzen sowie deren Lebensgemeinschaften</li> <li>UVP für Planung, Errichtung, Änderung von Anlagen, die Umwelt, Natur und Landschaft beeinträchtigen können</li> </ul>	1983
Bundesgesetz über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel	1986
Forstpolitik: Bundesgesetz über den Wald <ul style="list-style-type: none"> <li>Quantitative (Schutz der Waldfläche) und qualitative (Gleichgewicht zwischen Produktion, Biodiversität und allgemeinem Interesse) Zielvorgaben</li> <li>Schutz-, Wohlfahrts- und Nutzfunktionen des Waldes</li> <li>Nachhaltige Bewirtschaftung, Waldreservate</li> </ul>	1991
Bundesgesetz über die Fischerei	1991
Bundesgesetz über den Gewässerschutz, Bundesgesetz über den Wasserbau <ul style="list-style-type: none"> <li>Funktion der Fliessgewässer als natürliche Lebensräume und Landschaftselemente</li> <li>Revitalisierungen</li> </ul>	1991
Landwirtschaftspolitik (Landwirtschaftsgesetzgebung nach 1992) <ul style="list-style-type: none"> <li>Erhaltung natürlicher Lebensgrundlagen, Pflege der Landschaft</li> <li>Integrierte Produktion, biologischer Landbau, ökologische Ausgleichsflächen</li> </ul>	Nach 1992
Natur- und Heimatschutzpolitik: Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG) <ul style="list-style-type: none"> <li>Bund soll bei der Erfüllung seiner Aufgaben auf die Biodiversität Rücksicht nehmen, allgemeiner Rahmen für verschiedene Schutzmassnahmen</li> <li>Ausübungskompetenz weitgehend bei Kantonen</li> </ul>	1996, zur Zeit in Revision
Verkehrspolitik: Neubau von Strassen- oder Schienenstrecken	Kontinuierlich
Zunehmender Einkommensdruck auf die Landwirtschaft	Mindestens seit den 1980er Jahren
Aktivitäten nichtstaatlicher Organisationen im Umwelt- und Naturschutz	Seit den 1980er Jahren

#### Preisentwicklungen

Die Preise für *Eigentumswohnungen und Einfamilienhäuser* schwanken in Abhängigkeit vom Konjunkturverlauf stark (Wüest & Partner 2001a, b). Neben dem Einkommen (BIP) sind diese Preise vor allem von den Investitionskosten beeinflusst. Hierzu sind die Baukosten, die Landpreise und das Hypothekarzinsniveau zu zählen. Aufgrund dieser Einflussfaktoren ist die Preissteigerung – inflationsbereinigt und gesamtschweizerisch – zwischen 1970 und 2000 beim Wohneigentum

äusserst gering bis nicht vorhanden (Wüest & Partner 2001a). Dieses Ergebnis bleibt im Wesentlichen bestehen, wenn der Zeitpunkt der Betrachtung auf die Periode zwischen 1985 und 1997 eingeschränkt wird (Ergebnisse der Arealstatistik). Auch die inflationsbereinigten Preise für *Mietwohnungen* sind in der Vergangenheit kaum gestiegen.

Die Preise für *Büro-, Gewerbe- und Verkaufsflächen* sind konjunkturellen Schwankungen noch stärker unterworfen. Nominal sind sie in der Vergangenheit weniger stark angestiegen als die Preise für Miet- und Eigentumswohnungen und Einfamilienhäuser. Inflationsbereinigt lagen die Preise für *Büro-, Gewerbe- und Verkaufsflächen* Ende 2000 im Durchschnitt rund ein Drittel unter dem Niveau zu Beginn der 1970er Jahre. Dieses Ergebnis ist auf den wirtschaftlichen Einbruch in der Schweiz zu Beginn der 1990er Jahre, von dem sich der Markt in den folgenden Jahren nicht erholt hat, sowie das Verhalten bei der Gestaltung von Mietverträgen zurückzuführen (Anpassung der Mietzinse an die Indizierung der Preisentwicklung wird im Geschäftsflächenbereich oftmals nicht weitergegeben).<sup>42</sup> Anzumerken ist, dass die Büroflächen des Jahres 1970 (zum damaligen Zeitpunkt) eine schlechtere Qualität hatten als die Büroflächen des Jahres 2000 (zum Zeitpunkt 2000), der Index also über die Zeit zwei nicht völlig identische Güter vergleicht.

Ein anderes Bild ergibt sich, wenn die inflationsbereinigte Preisentwicklung zwischen 1970 und 2000 regional differenziert betrachtet wird:

- Bei den *Eigentumswohnungen* verzeichnen Innerschweiz und Westschweiz im Jahr 2000 höhere Preise im Umfang von plus ca. 15% gegenüber 1970, Ostschweiz plus ca. 6%. Um rund 8% bzw. 5% tiefere Preise verzeichnen hingegen die Regionen Zürich und Genfersee.
- Bei den *Einfamilienhäusern* liegen die realen Angebotspreise in der Westschweiz im Jahr 2000 um knapp 40% über dem Niveau von 1970 und in der Ostschweiz um etwas mehr als 20% über diesem Niveau. Geringfügig rückläufig ist hingegen die reale Preisentwicklung in den für die gesamtschweizerische Entwicklung bedeutsamen Regionen Zürich und Genfersee<sup>43</sup> und auch in der Südschweiz.
- Bei den *Mietwohnungen* liegt das reale Preisniveau in der Innerschweiz im Jahr 2000 um rund 25% über dem Niveau von 1970, in der West- bzw. Ostschweiz um knapp 20% bzw. um knapp 15% über dem Niveau von 1970, und in der Region Zürich noch knapp 5% über diesem Niveau. In der Südschweiz und am Genfersee hingegen liegen die realen Mietpreise um knapp 10% unter dem Niveau von 1970.

Als Fazit lässt sich festhalten, dass die realen Preissteigerungen gesamtschweizerisch betrachtet, wenn überhaupt vorhanden, zu schwach waren, um den Flächenverbrauch zu bremsen.

---

<sup>42</sup> Mündliche Mitteilungen von Herrn Hauser, Wüest & Partner AG, 17. Mai 2004.

<sup>43</sup> Sowohl bei den Eigentumswohnungen als auch bei den Einfamilienhäusern ist das Preisniveau in der Region Zürich und am Genfersee allerdings nach 2000 zum Teil markant angestiegen. Insbesondere innerhalb dieser beiden Regionen gibt es grosse Unterschiede hinsichtlich der Preisentwicklung zwischen Top-Lagen und weniger guten Lagen.

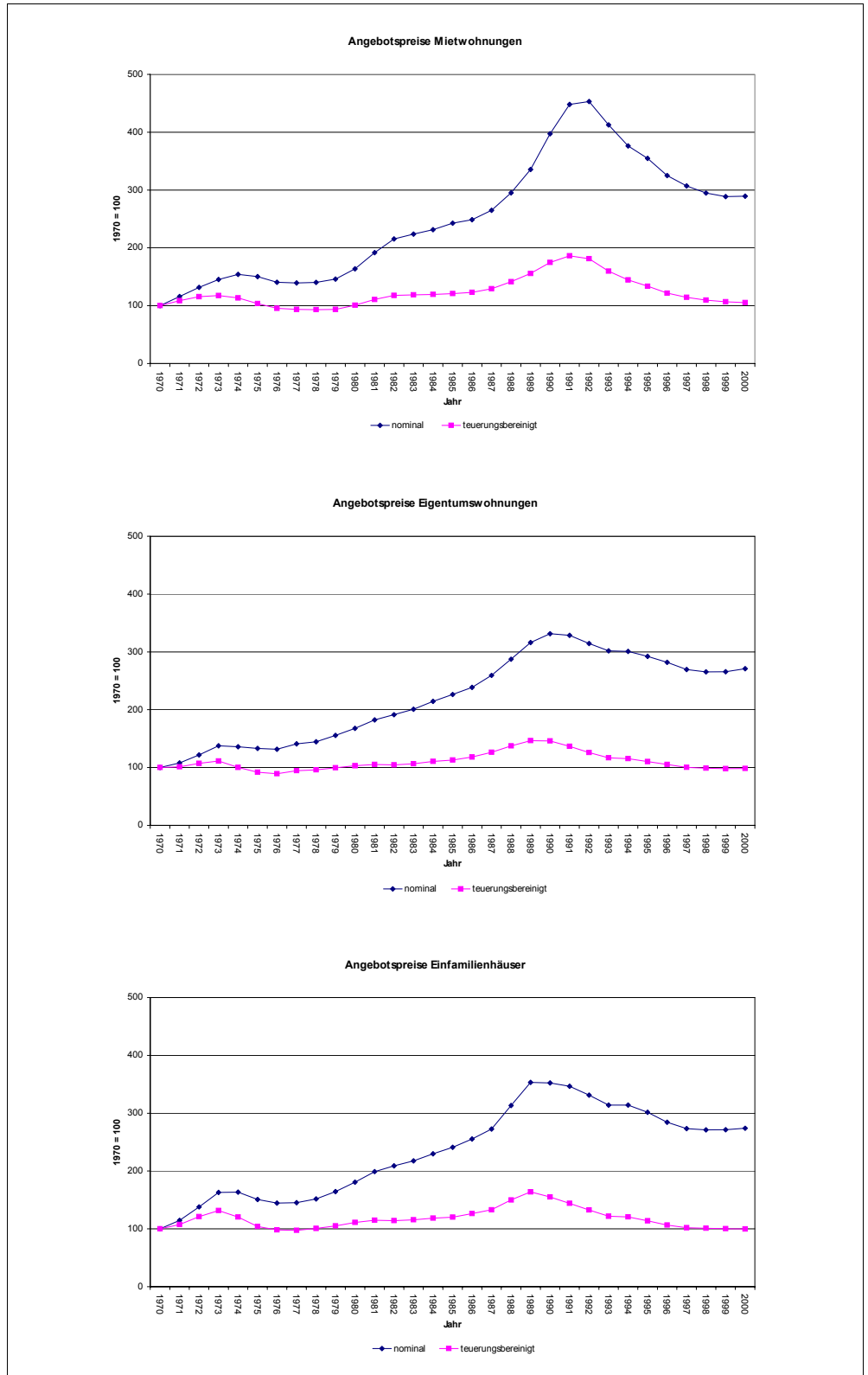


Abb. 63:  
Preisentwicklung Wohn-  
nungen und Einfamilien-  
häuser.

Datenquelle: Wüest & Partner, Nationalbank

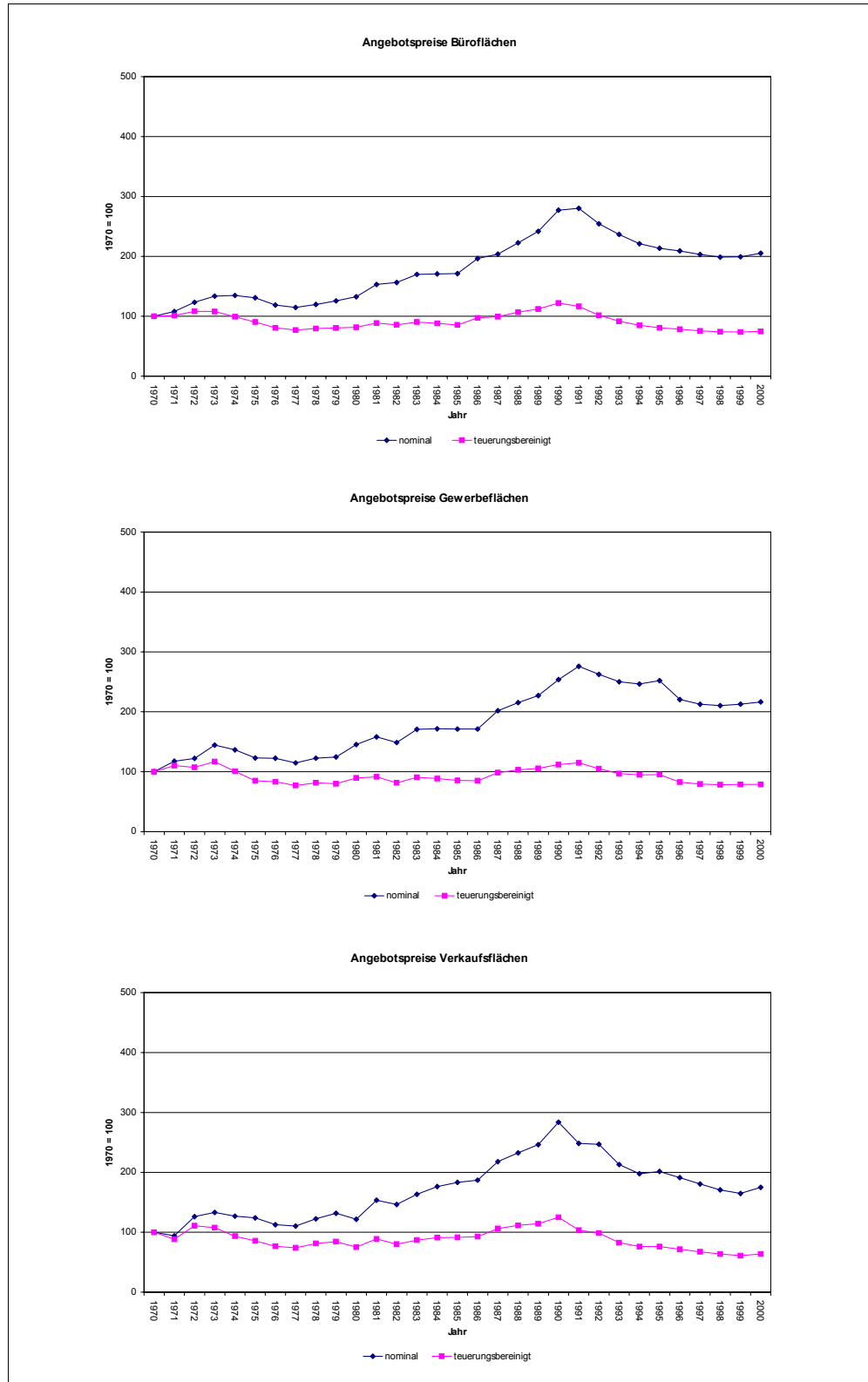


Abb. 64:  
Preisentwicklung Büro-,  
Gewerbe- und Verkaufs-  
flächen.

Datenquelle: Wüest & Partner, Nationalbank.



### 3.4.3 Dekompositionsanalyse

Nachfolgend wird eine Dekompositionsanalyse für den Flächenverbrauch in der Industrie, in der Landwirtschaft, im Verkehr und im Bereich der privaten Haushalte durchgeführt. Wie in der zusammenfassenden Darstellung im Kapitel 3.6 gezeigt wird, lassen sich alle einzelnen Komponenten der Dekompositionsanalyse in das in Abbildung 52 beschriebene analytische Raster einordnen. Das Bevölkerungswachstum beeinflusst indirekt insbesondere die Aktivitäten der privaten Haushalte und des Verkehrs. Es ist implizit in den Faktoren «Anzahl Einwohner» und «Wachstumseffekt des Verkehrs» enthalten.

Flächenverbrauch der  
Industrie

Für die Dekompositionsanalyse werden die folgenden Komponenten verwendet:

$$F_i = \frac{F_i}{A_i} \times \frac{A_i}{A} \times A$$

wobei:  $F_i$ : Flächenverbrauch des Sektors  $i$  (Industrie)

$A_i$ : wirtschaftliche Aktivität (Bruttowertschöpfung) des Sektors  $i$  (Industrie)

$A$ : wirtschaftliche Aktivität (Bruttowertschöpfung) Gesamtwirtschaft

Der erste Term  $F_i/A_i$  gibt Auskunft über die Flächenintensität der durch die Industrie erzielten Bruttowertschöpfung. Eine Veränderung dieses Terms bezeichnen wir als Flächenverbrauchseffekt. Für den Flächenbedarf der Industrie wird hier aus den 84 verschiedenen Nomenklaturen der Arealstatistik die Fläche der reinen Industriegebäude verwendet (Nomenklaturnummer 21). Das ARE betrachtet beim Industrieareal die Fläche der Industriegebäude und den Umschwung dieser Gebäude. Der Umschwung kann mitunter eine wichtige Bedeutung für die Artenvielfalt haben (z.B. Ruderalflächen), weshalb er für den Flächenverbrauch hier nicht betrachtet wird.

Der zweite Term  $A_i/A$  bestimmt den Anteil der industriellen Bruttowertschöpfung an der Bruttowertschöpfung der gesamten Wirtschaft. Eine Veränderung dieses Terms ist auf den wirtschaftlichen Strukturwandel zurückzuführen. Die Veränderung der Bruttowertschöpfung schliesslich gibt hier den Wachstumseffekt der Gesamtwirtschaft an. Als Zusatzinformation weisen wir isoliert das Wachstum des Sektors Industrie auf. Die jeweiligen Ergebnisse können so beschrieben werden: «Wie hätte sich der Flächenverbrauch der Industrie entwickelt, wenn sich nur eine Komponente verändert hätte und alle anderen Komponenten konstant geblieben wären?». Die Auswahl der beiden Vergleichsjahre ist sowohl hier als auch bei den folgenden Tabellen durch die Arealstatistik bedingt.

Tabelle 18: Ergebnisse der Flächen-Dekompositionsanalyse für den Sektor Industrie.

Effekte	Indexwert 1997 (1985 = 100)
Flächenverbrauchseffekt	1
Struktureffekt	
Wachstumseffekt Gesamtwirtschaft	1
Tatsächliche Entwicklung des Wachstums der Gebäudefläche des Industriesektors	1
Wirtschaftliches Wachstum des Sektors Industrie	1

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt interpretieren:

- Der Flächenverbrauchseffekt hat leicht zugenommen (+5%). In der betrachteten Periode hat die von der Industrie beanspruchte Fläche stärker zugenommen als die durch die Industrie erzielte Wertschöpfung. Anders ausgedrückt hat die Flächenintensität der Wertschöpfung zugenommen, gemessen in beanspruchter Fläche je Wertschöpfungseinheit. Die beanspruchte Fläche wird also von der Industrie weniger effizient genutzt mit entsprechenden negativen Konsequenzen für die Umweltqualität.
- Der Struktureffekt hat stark abgenommen (-22%). D.h., dass der Anteil der Industrie an der gesamten Bruttowertschöpfung der schweizerischen Volkswirtschaft zurückgegangen ist. Aus dieser Entwicklung lässt sich allerdings nicht direkt ein Bezug zum Flächenverbrauch herstellen. Nur wenn Industrieflächen infolge des intersektoralen Strukturwandels umgenutzt würden, liesse sich eine – mit Bezug auf den Flächenverbrauch – gewissermassen «positive» Wirkung des intersektoralen Strukturwandels festhalten.
- Der Flächenverbrauch durch Industriegebäude (Arealstatistik Nomenklaturnummer 21) hat im Zeitraum 1985 bis 1997 um 29% zugenommen.

#### Flächenverbrauch des Dienstleistungssektors

Da mit Hilfe der Arealstatistik nicht schlüssig zu erkennen ist, welche Flächenanteile von Dienstleistungsgebäuden bzw. vom gesamten Dienstleistungssektor beansprucht werden<sup>44</sup>, wird an dieser Stelle auf eine Dekompositionsanalyse für den Dienstleistungssektor verzichtet.

#### Flächenverbrauch der Landwirtschaft

Für die Dekompositionsanalyse werden die folgenden Komponenten verwendet:

$$F_i = \frac{F_i}{A_i} \times \frac{A_i}{A} \times A$$

wobei:

$F_i$ : Flächenverbrauch des Sektors I (Landwirtschaft)<sup>45</sup>

$A_i$ : wirtschaftliche Aktivität (Bruttowertschöpfung) des Sektors I (Landwirtschaft)

$A$ : wirtschaftliche Aktivität (Bruttowertschöpfung) Gesamtwirtschaft

Der erste Term  $F_i/A_i$  gibt Auskunft über die Flächenintensität der durch die Landwirtschaft erzielten Bruttowertschöpfung. Eine Veränderung dieses Terms bezeichnen wir als Flächenverbrauchseffekt. Der zweite Term  $A_i/A$  bestimmt den Anteil der landwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung an der Bruttowertschöpfung der gesamten Wirtschaft. Eine Veränderung dieses Terms ist auf den wirtschaftlichen

---

<sup>44</sup> In Frage kommen die Flächen der nicht spezifizierten Gebäude (Nomenklaturnummer 29) und die Flächen der Gebäude auf Erholungs- und Grünanlagen (Nomenklaturnummer 23). Dienstleistungsunternehmen sind jedoch auch in weiteren Gebäudekategorien tätig, innerhalb derer jedoch auch andere Flächennutzungen stattfinden, weshalb eine eindeutige Ausweisung nicht möglich ist.

<sup>45</sup> Aus den 84 verschiedenen Nomenklaturen der Arealstatistik wurde für den Flächenverbrauch der Landwirtschaft die Fläche der landwirtschaftlichen Nutzflächen verwendet (Reb- und Obstbauflächen, Gartenbauflächen, Wies- und Ackerland, Heimweiden, Maiensässe, Heualpen und Bergwiesen, Alp- und Juraweiden).

Strukturwandel zurückzuführen. Die Veränderung der Bruttowertschöpfung schliesslich gibt hier den Wachstumseffekt der Gesamtwirtschaft an.

Tabelle 19: Ergebnisse der Flächen-Dekompositionsanalyse für den Sektor Landwirtschaft.

Effekte	Indexwert 1997 (1985 = 100)
Flächenverbrauchseffekt	135.9
Struktureffekt	45.5
Wachstumseffekt Gesamtwirtschaft	156.9
Tatsächliche Veränderung der Landwirtschaftsfläche	96.9
Wirtschaftliches Wachstum des Sektors Landwirtschaft	71.3

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt interpretieren:

- Der Flächenverbrauchseffekt des Sektors Landwirtschaft hat stärker zugenommen als bei der Industrie. In absoluten Zahlen hat die landwirtschaftliche Nutzfläche in der Schweiz zwischen 1985 und 1997 um rund 48'000 ha oder 3,1% abgenommen. Die landwirtschaftliche Nutzfläche hat aber weniger abgenommen als die Wertschöpfung der Landwirtschaft. Positiv auf die Umwelt haben sich zudem wie in Kapitel 2.2.7 dargestellt die Reduktion des Düngemittleinsatzes und auch das Wachstum der Biobetriebe ausgewirkt.
- Der Struktureffekt hat am stärksten abgenommen. Obwohl die Landwirtschaft mit einem Anteil von rund 1,6% (1997) an der gesamten schweizerischen Bruttowertschöpfung ohnehin schon der wirtschaftlich unbedeutendere Sektor ist, hat ihre Bedeutung noch stärker abgenommen als die der Industrie.

#### Flächenverbrauch des Verkehrs

Hier wird der Flächenverbrauch für die Verkehrsträger Strasse und Schiene betrachtet. Der jeweilige Flächenverbrauch wird in die folgenden Komponenten zerlegt:

$$F_s = \frac{F_s}{A_s} \times \frac{A_s}{A} \times A$$

wobei:

$F_s$  Flächenverbrauch des Verkehrsträgers s (Strassenfläche, Schienenfläche)<sup>46</sup>

$A_s$  Verkehrsleistungen des Verkehrsträgers s (Strassen- bzw. Schienenverkehr)

A: Verkehrsleistungen des gesamten Strassen- und Schienenverkehrs

Der erste Term  $F_s/A_s$  bestimmt die Flächenintensität der Verkehrsleistungen der Verkehrsträger Strasse bzw. Schiene. Der zweite Term gibt Auskunft über den Anteil der Verkehrsträger Strasse bzw. Schiene am gesamten Verkehr. Eine Veränderung dieses Terms wird durch den Modal-Split-Effekt verursacht. Der dritte Term A gibt Auskunft über das Wachstum der gesamten Verkehrsleistungen. Eine Zunahme dieses Terms über die Grösse von 100 bedeutet Verkehrswachstum.

<sup>46</sup> Aus den 84 verschiedenen Nomenklaturen der Arealstatistik wurden für den Flächenverbrauch des Verkehrs die folgenden Flächen verwendet: Strassenfläche (Nomenklatur 31 Autobahnen, 33 Strassen und Wege, 34 Parkplätze), Schienenfläche (35 Bahnhofgelände, 36 offene Bahnstrecken).

Tabelle 20: Ergebnisse der Dekompositionsanalyse für den Verkehr.

Effekte	Indexwert 1997 (1985 = 100)	
	Personenverkehr	Güterverkehr
Flächenverbrauchseffekt (Strasse)	96.1	53.5
Modal-Split-Effekt (Strasse)	97.4	124.9
Flächenverbrauchseffekt (Schiene)	73.1	86.9
Modal-Split-Effekt (Schiene)	118.0	70.9
Wachstumseffekt	117.6	164.7
	Davon Strasse	205.7
	Davon Schiene	116.9
Tatsächliche Veränderung der Verkehrsfläche (total)	109.5	
Tatsächliche Veränderung der Verkehrsfläche (Strasse)	110.2	
Tatsächliche Veränderung der Verkehrsfläche (Schiene)	101.5	

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt interpretieren:

- Der Flächenverbrauchseffekt hat bei allen vier betrachteten Verkehrsarten leicht (Strassenpersonenverkehr) bis deutlich (Strassengüterverkehr) abgenommen. D.h., dass sowohl auf der Strasse als auch auf der Schiene die Anzahl der gefahrenen Personen- bzw. transportierten Tonnenkilometer stärker zugenommen haben als die beanspruchte Fläche. Die beanspruchte Fläche wird also vom Verkehr – flächen-ökonomisch betrachtet – effizienter genutzt. Aus Sicht der Flächennutzungsintensität ist dies positiv zu werten. Allerdings reflektiert das Ergebnis die höhere Verkehrsdichte, mit entsprechender negativer Wirkung auf andere Komponenten der Umweltqualität (siehe Vertiefungsbereich Klima und Luft).
- Der Modal-Split-Effekt zeigt, dass in relativen Grössen gemessen der Schienenpersonenverkehr stärker gewachsen ist als der Strassenpersonenverkehr, allerdings von wesentlich tieferem Niveau her kommend. Beim Güterverkehr zeigt sich das umgekehrte Bild. Trotz des bereits höheren Niveaus wuchs der Anteil des Strassengüterverkehrs am gesamten Güterverkehr stärker als bei der Schiene.
- Wachstumseffekt:
  - Der Strassengüterverkehr hat sich zwischen 1985 und 1997 von 8,7 auf 17,8 Milliarden Tonnenkilometer mehr als verdoppelt und weist damit gegenüber den anderen Komponenten den höchsten Wachstumseffekt auf. Der Schienengüterverkehr ist nur leicht von 7,4 auf 8,7 Milliarden Tonnenkilometer gestiegen.
  - Innerhalb des Personenverkehrs fallen mehr als 80% der gefahrenen Kilometer auf den Strassenverkehr, der zwischen 1985 und 1997 von 71,5 Milliarden auf 81,9 Milliarden Personenkilometer gestiegen ist. Der Schienenpersonenverkehr ist von 10,2 auf 14,1 Milliarden Personenkilometer gestiegen.
- Anzumerken ist schliesslich, dass die von Strassen beanspruchte Fläche (ohne Strassengrün) von 1985 auf 1997 von 66'040 auf 72'751 ha um rund 10% zugenommen hat. Die Schienenfläche hat hingegen im selben Zeitraum nur um 1,5% zugenommen, von 5548 auf 5632 ha.

Diese Entwicklung ist aus Umweltsicht negativ zu beurteilen. Apel et al. (2000) weisen darauf hin, dass der öffentliche Verkehr in Bezug auf den Flächenverbrauch pro km<sup>2</sup> mehr Personen und Güter transportieren kann als der motorisierte Individualverkehr. Pro Personenkilometer benötigt die Bahn nur ein Zehntel der Fläche des motorisierten Individualverkehrs. Neue Verkehrsträger verursachen zunehmenden Bodenverbrauch, verstärken die Trennwirkung der Lebensräume, reduzieren die Versickerung von Niederschlagswasser und beeinträchtigen das Landschaftsbild.

**Flächenverbrauch der privaten Haushalte**

Für die Dekompositionsanalyse werden hier die folgenden Komponenten verwendet:

$$F_h = \frac{F_h}{H} \times \frac{H}{A_h} \times A_h$$

wobei:

F<sub>h</sub> Flächenverbrauch des Sektors h (Haushalte): Gebäudefläche<sup>47</sup>

H: Anzahl Haushalte

A<sub>h</sub>: «Aktivität» des Sektors h (Haushalte): Anzahl Einwohner/innen

Der erste Term F<sub>h</sub>/H gibt Auskunft über die (Wohn-)Flächenintensität je Anzahl Haushalte. Eine Veränderung dieses Terms bezeichnen wir als Flächenverbrauchseffekt. Der zweite Term H/A<sub>h</sub> macht eine Aussage über die Anzahl Haushalte pro Einwohner/in. Eine Zunahme des dritten Terms A<sub>h</sub> bedeutet ein Wachstum der Einwohnerzahl («Wachstumseffekt»). Für die einzelnen Terme ergeben sich die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Ergebnisse.

Tabelle 21: Ergebnisse der Flächen-Dekompositionsanalyse für den Sektor private Haushalte.

Effekte	Indexwert 1997 (1985 = 100)
Flächenverbrauchseffekt	108.2
Haushaltsgrösse	107.8
Anzahl Einwohner/innen («Wachstumseffekt»)	109.4
Tatsächliche Entwicklung der Gebäudeflächen priv. Haushalte	127.7

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt interpretieren:

- Der Flächenverbrauchseffekt hat zugenommen. Die Fläche, die von den Haushalten der Schweiz für Wohngebäude beansprucht wird, hat stärker zugenommen als die Zahl der Haushalte selber. Anders ausgedrückt hat die Flächenintensität zugenommen, gemessen in beanspruchter Fläche je Haushalt. Diese Nachfrage nach grösserem Wohnraum ist gemäss Wüest & Partner (2001a) ein starker Trend, insbesondere beim Einfamilienhaus- oder Eigentumswohnbau, aber in der jüngeren Vergangenheit auch bei den Mietwohnungen.
- In der betrachteten Periode ist die Anzahl der Haushalte stärker gewachsen als die Anzahl der Einwohner/innen. Der Rückgang der durchschnittlichen Einwoh-

<sup>47</sup> Aus den 84 verschiedenen Nomenklaturen der Arealstatistik wurden für den Flächenverbrauch der privaten Haushalte die folgenden Flächen verwendet: Nomenklaturnummern 25 (Ein- und Zweifamilienhäuser), 26 Reihen- und Terrassenhäuser, 27 Mehrfamilienhäuser.

nerzahl pro Haushalt drückt einen Wandel in den Lebensstilen aus, er bildet den Trend zu kleineren Familiengrössen und mehr Ein-Personen-Haushalten ab.

- Der Wachstumseffekt ist positiv, d.h. die Zahl der Einwohner/innen ist insgesamt gewachsen. Er wirkt damit ebenfalls in die gleiche, für die Umweltqualität negative Richtung wie die anderen beiden Effekte.
- Der Verbrauch der von privaten Haushalten beanspruchten Gebäudeflächen hat im Zeitraum 1985 bis 1997 um 27,7% zugenommen.

### 3.4.4 Fazit Vertiefungsbereich Natur und Landschaft

Eine Entkopplung des Wirtschaftswachstums von der Umweltbelastung im Bereich Natur und Landschaft hat nicht stattgefunden. Am Beispiel des Flächenverbrauchs wurde gezeigt, wie der Wachstumseffekt im Bereich der Siedlungsflächen bei Weitem nicht durch Effizienzsteigerungen (Abnahme des Flächenverbrauchseffekts) aufgefangen werden konnte. Im Gegenteil hat die Flächennutzungsintensität (ausser im Verkehrsbereich) abgenommen. Festzuhalten ist, dass eine Abnahme der Siedlungsfläche allerdings unrealistisch ist und es darum gehen muss, deren Wachstum zu begrenzen und vorhandene Flächen effizient zu nutzen. Im Rahmen der Dekompositionsanalyse wurden verschiedene Effekte für die Veränderung der Flächennutzung betrachtet. Von den in Kapitel 3.1 dargestellten möglichen Ursachen für die (Nicht-)Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung haben sich bei den hier betrachteten Verursachergruppen (Sektoren) die folgenden Ursachen als relevant herausgestellt:

- Industrie, Dienstleistungen, Landwirtschaft:  
kaum reale Preissteigerungen für Industrie-, Gewerbe- und Büroflächen
- Verkehr: Verkehrsmengenwachstum Strasse
- Haushalte:
  - Lebensstile: geringere Haushaltsgrössen und Anspruch auf grössere Wohnflächen,
  - kaum reale Preissteigerungen für Wohngebäude
- Ländlicher/städtischer Raum:
  - zunehmende Verstädterung der Schweiz,
  - geringer Zwang zum sparsamen Umgang mit Flächen im ländlichen Raum aufgrund geringerer Flächenknappheit und tiefer realer Baupreise.

Die meisten Aktivitäten wie z.B. das Wachstum der Siedlungs- bzw. der Verkehrsfläche haben wirtschaftliches Wachstum zur Folge, beeinträchtigen aber die biologische und landschaftliche Vielfalt.

Die folgende Tabelle würdigt die entsprechenden Politiken mit Bezug auf die genannten Aktivitäten, d.h. den Erhalt von landschaftlicher und biologischer Vielfalt, das Abbremsen des Siedlungs- und Verkehrsflächenwachstums und die Förderung des wirtschaftlichen Wachstums.

Tabelle 22: Würdigung relevanter Politiken mit Bezug auf die Entkopplung des wirtschaftlichen Wachstums von der Umweltbelastung im Bereich Natur und Landschaft.

Politik	Bezug zur Entkopplung des wirtschaftlichen Wachstums von der Umweltbelastung im Bereich Natur und Landschaft
Raumordnungspolitik	Auf Ausgleich bedacht, Beibehalten der Planungs- und Entscheidungskompetenz der Kantone und Gemeinden Landschaftskonzept Schweiz als neues Instrument mit Querschnittscharakter (u.a. Bezüge zu regionaler Wirtschaftspolitik), Umsetzung abhängig von Kantonen, griffige Instrumente fehlen → in der Umsetzung tendenziell Konflikt zwischen Wachstum und Umweltschutz → Entkopplung problematisch
(klassische) Natur- und Heimatschutzpolitik	Auf Artenschutz ausgerichtet, Fokus auf Aktivitäten innerhalb von Schutzgebieten, keine regionale Bruttowertschöpfung → Schutzniveau in Schutzgebieten aufgrund des allgemeinen Entwicklungsdrucks nicht hoch (OECD 1999) <sup>48</sup> → Bewirtschaftungspläne nur bei wenigen der nach den Biotopinventaren ausgeschiedenen Zonen bzw. Landschaften von nationaler Bedeutung (BLN Objekte) → Inventarisierte Biotopie oftmals klein und wenig vernetzt → Parlamentarische Verwaltungskontrolstelle (PVK 2003): BLN hat Schutzziele nicht erreicht. Ursachen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ungenaue Festlegung der Verbindlichkeit des BLN bei der Erfüllung der Kantons- und Gemeindeaufgaben</li> <li>• schwache Integration in andere raumwirksame Politikbereiche<sup>49</sup></li> </ul> → Konflikt zwischen Wachstum und Umweltschutz → Entkopplung problematisch
Natur- und Heimatschutzpolitik nach der Revision des NHG	Auf Artenschutz und regionale Wertschöpfung ausgerichtet, mittels neuer Konzepte wie der Integration von Naturschutz- und Regionalpolitik (vgl. neue Instrumente in der Revision des NHG) → Entkopplung zwischen Wachstum und Umweltschutz möglich
(klassische) Landwirtschaftspolitik	Auf Zunahme der Flächenerträge ausgerichtet → Konflikt zwischen Wachstum und Umweltschutz => Entkopplung problematisch
Landwirtschaftspolitik «ökologisiert» (nach 1992)	Auf Extensivierung und biologischen Landbau ausgerichtet Beeinträchtigung der Biodiversität durch die Landwirtschaft gestoppt, allerdings: wenige für die Biodiversität wichtige ökologische Ausgleichsflächen wurden neu geschaffen (OECD 1999) → Entkopplung zwischen Wachstum und Umweltbelastung möglich → Optimierungsbedarf hinsichtlich Erhalt der Biodiversität → Allerdings: Liberalisierung der Landwirtschaftsmärkte erhöht Druck auf landwirtschaftliche Einnahmen. Zwang, Einkommen aus dem Landverkauf zu erzielen (Maurer 2003)
Verkehrspolitik	Weiterhin Dominanz der Nachfrageorientierung bei der Infrastrukturplanung → Konflikt zwischen Wachstum und Umweltschutz

Gesamthaft scheint es, dass die gegenwärtigen politischen Massnahmen offensichtlich nicht mit einer ausreichenden Zielerreichung umgesetzt werden oder aber die Liste der Massnahmen nicht ausreichend ist, um eine Entkopplung von Flächenverbrauch bzw. Biodiversitätsverlust und Wirtschaftswachstum zu erreichen. Eine Ausnahme stellt die Ökologisierung der Landwirtschaftspolitik dar, in deren Folge die Landwirtschaft für ihre ökologischen Leistungen staatliche Mittel erhält und für biologisch angebaute Produkte Mehrerlöse erzielen kann. Allerdings funktioniert dies nur, solange solche staatlichen Mittel bereitstehen, von übergeordneten internationalen Institutionen akzeptiert werden, und bei den Käufern und Käuferinnen der Produkte die entsprechende Nachfrage besteht. Weitere punktuelle Erfolge wurden auch mit anderen Politikinstrumenten erreicht (z.B. dem Förderprogramm Regio Plus), wie das nachfolgende Beispiel kurz schildert.

<sup>48</sup> Bei den Biotopinventaren ist gemäss OECD (1999) das vorgesehene Schutzniveau höher als bei den Landschaftsinventaren. In den meisten Fällen sind relativ strenge Bestimmungen bezüglich der Beanspruchung von Flora und Fauna, des öffentlichen Zugangs und der Bautätigkeit erlassen worden.

<sup>49</sup> Der Vollzug des BLN ist zwischen verschiedenen Sachpolitiken und Behörden aufgesplittet, die teilweise auch gegensätzliche Interessen vertreten. Zwar stellt das Raumplanungsgesetz (RPG) Instrumente für die Umsetzung des BLN bereit. Es hängt allerdings von den Kantonen und Gemeinden ab, wie sehr sie die Ziele des BLN bei dessen Umsetzung berücksichtigen.

### **Erfolgsgeschichte Entlebuch**

Das neu geschaffene Entlebuch stellt eine Erfolgsgeschichte für die Verbindung von Natur- und Landschaftsschutz und ökonomischer Wertschöpfung durch diesen Natur- und Landschaftsschutz dar.

Im Rahmen des Biosphärenreservates wurden Kernzonen geschaffen, die sicherstellen, dass die für den Erhalt des Entlebuchs wichtigsten und wertvollsten Naturschutzgebiete erhalten werden. In den äusseren Zonen des Gebietes wird unter Beachtung des Landschaftsschutzes im Einklang mit der natürlichen Umgebung nachhaltig gewirtschaftet. Die regionale Wirtschaft wurde gestärkt, indem spezifische «Produkte aus dem Biosphärenreservat» neu geschaffen und mit einem Label versehen wurden. Hierdurch wurden die Absatzchancen der lokalen klein- und mittelständischen Betriebe, des Handwerks und der landwirtschaftlichen und touristischen Betriebe erhöht. Das Entlebuch-Biosphärenreservat zieht Individualtouristen und Reisegruppen an, die die Landschaft geniessen oder sich im Naturschutz weiterbilden.

Insgesamt konnte ein Raum erhalten werden, der Erholung ermöglicht und zur Attraktivität des Standortes Entlebuch für die Wohnbevölkerung beiträgt. Durch den Parkbetrieb konnten Arbeitsplätze für die lokale Bevölkerung erhalten und geschaffen werden. Die Zukunft wird zeigen, ob das Biosphärenreservat Entlebuch es dank einer verbesserten wirtschaftlichen Situation und einem gestärkten Regionalbewusstsein schafft, gegen die bestehende Abwanderung aus ländlichen Regionen anzusteuern.

### **3.4.5 Trends im Hinblick auf Veränderungen im Bereich Natur und Landschaft**

Bei den Aktivitäten, die auf den Flächenverbrauch und die Biodiversität einwirken, werden wie in der folgenden Tabelle dargestellt bis zum Jahr 2020 die folgenden Trends erwartet (vgl. BUWAL 2003, Wüest & Partner 2001b, MONET).



Tabelle 23: Ausgewählte Trends mit Bedeutung für die Entwicklung im Bereich Natur und Landschaft.

Aktivität/Indikator	Trend bis 2020
<b>Siedlungstätigkeit, Land- und Forstwirtschaft, Verkehr, Freizeit und Tourismus</b>	
Versiegelungsgrad	Zunahme durch Neubauten, insgesamt mässig steigend
Flächenverbrauch Siedlungsfläche	Tendenziell gebremste Zunahme durch Verdichtung
Wohnungsbau	In grossen Zentren fangen hohe Investitionsvolumina bei Mehrfamilienhäusern geringere Einfamilienhausinvestitionen auf. Schwerpunkte des Wohnungsbaus: Nordost- und Zentralschweiz (Wüest & Partner 2001b)
Industrie, Gewerbe, landwirtschaftliche Bauten	Zunahme des Bauvolumens in peripheren Regionen, insbes. zwischen Bern und Aarau und in der Nordostschweiz (Wüest & Partner 2001b)
Büro- und Geschäftsbereich	Zunahme des Bauvolumens in grossen Zentren und deren unmittelbarem Umland, Zunahme in Mittelzentren wie St. Gallen, Chur, Zug, Luzern, Aarau, Fribourg (Wüest & Partner 2001b)
Flächenverbrauch Verkehrsfläche (Schiene)	Geringe Zunahme
Flächenverbrauch Verkehrsfläche (Strasse)	Zunahme
Verlust fruchtbarer Böden durch Wachstum Siedlungsfläche	Zunahme
Bautätigkeit ausserhalb der Bauzone	Zunahme
Bautenfreie und anlagenfreie Flächen	Abnahme
Artenvielfalt	Abnahme (im Siedlungsgebiet allenfalls Zunahme)
Vielfältiges Landschaftsbild, Landschaftselemente	Zunahme
Wohnfläche pro Einwohner/in	Zunahme
Ausgaben für Natur-, Landschafts- und Heimatschutz	Stagnation
Ökologische Ausgleichsflächen	Gebremste Zunahme
Fläche der Schutzgebiete	Zunahme
Anzahl und Qualität der Biotoptypen	Geringe Zunahme
Naturnähe des Waldes	Zunahme
Naturnähe der Fliessgewässer	Zunahme
Mobilität	Zunahme

In der Summe nehmen diejenigen Aktivitäten, welche die landschaftliche und biologische Vielfalt beeinträchtigen und zu einer Reduktion der kultur- bzw. naturnahen Flächen führen, weiter zu. Sofern Konsens besteht, dass die Beeinträchtigung der landschaftlichen und biologischen Vielfalt abgebremst und die kultur- bzw. naturnahen Flächen nicht weiter reduziert werden sollten, sind Politik und Verwaltung aufgerufen, die bestehenden Politiken und Instrumente weiterzuentwickeln bzw. neue Instrumente zu schaffen.

### 3.5 Vertiefungsbereich Materialverbrauch

In Kapitel 2.1.5 wurde die Verwendung ausgewählter repräsentativer Materialien wie Kies, Zement, Kunststoffe und Holz mit der schweizerischen Wirtschaftsentwicklung verglichen. Ausserdem wurde die Entwicklung des Abfallaufkommens aufgezeigt. In diesem Kapitel vollziehen wir eine integrierte Betrachtung der Materialflüsse der Schweizer Wirtschaft und nehmen Bezug auf verschiedene zu diesem Thema laufende Studien (Eurostat 2002, OECD 2002b, Baart et al. 2003).

Aus Sicht der OECD (2002b) wurden die Einflüsse menschlicher Aktivitäten in der Vergangenheit zumeist auf die Verschmutzung der Umweltmedien hin analysiert. Mit der Materialflussanalyse (MFA) besteht erst seit kurzem eine Methode, die über wenige aggregierte physische Grössen versucht, die Stoffströme von Primärmaterial aufzuzeigen (Masse von organischen oder mineralischen Ressourcen), die der Erde entzogen werden, um menschliche Aktivitäten zu unterstützen.<sup>50</sup>

Die MFA berücksichtigt den Ressourcenabbau auf dem eigenen Territorium als auch den Ressourcenabbau, der durch (Netto-)Importe aus dem Ausland entsteht. Wasser und Luft werden dabei jedoch nicht berücksichtigt. Die ökologische Relevanz der MFA ist nicht unumstritten. Durch die Aggregation ihres Gewichtes bzw. ihrer Masse werden alle Materialien gleich behandelt, unabhängig von ihren Umweltwirkungen. Grundsätzlich sei darauf hingewiesen, dass sich MFA auf quantitative Aspekte der verschiedenen stofflichen Kategorien beziehen. Qualitative Aspekte wie z.B. die Toxizität der verwendeten Stoffe oder der anfallenden Abfälle werden nicht behandelt.

Die von Eurostat (2001) standardisierte Materialflussanalyse (MFA) verwendet die folgenden zentralen Grössen:

- Domestic Extraction (DE): Enthält alle Materialien der stofflichen Kategorien Biomasse, fossile Ressourcen, Mineralien, die in einem Land abgebaut werden,
- Direct Material Input (DMI): DE plus importierte Materialien,
- Domestic Material Consumption (DMC): DMI minus exportierte Materialien.

In Eurostat (2001) werden sowohl die Berechnungsweise für die einzelnen Grössen als auch die einzelnen Stoffe, die zu den vier stofflichen Kategorien Biomasse (z.B. Getreide, Ölpflanzen, Gemüse, Früchte, Faserstoffe, Holz u.a.), fossile Ressourcen, industrielle Mineralien (z.B. Salze, Speziands, stark fluorhaltige Stoffe, Pottasche, Quartze, Schwefel, Talk usw.) und Baumaterialien (z.B. Asphalt, Kies, Kalk,

---

<sup>50</sup> Aus Sicht der OECD (2002b) sind Abbau, Weiterverarbeitung und Nutzung von Primärmaterial aus drei Gründen umweltrelevant: Erstens können Ressourcen knapp werden, was für zukünftige Nutzende zu steigenden Kosten führen kann. Zweitens können die abgebauten Ressourcen oftmals ihre originären Ökosystemfunktionen nicht mehr erfüllen, d.h. die Qualität des Lebensraumes für Tiere und Pflanzen erhalten. Drittens führen der Ressourcenabbau und die Weiterverarbeitung aus Sicht der OECD (2002b) dazu, dass Verschmutzung, gesundheitliche Belastungen (z.B. toxische, radioaktive Materialien) und Abfälle entstehen, deren Folgekosten jedoch nicht von denjenigen getragen werden, die den ökonomischen Nutzen aus den Ressourcen ziehen.

Felsstein u.a.) aggregiert werden, beschrieben bzw. detailliert aufgelistet. Baart et al. (2003) haben gemäss der von Eurostat (2001) entwickelten Methodik eine MFA für die Schweiz durchgeführt, deren Ergebnisse wir aufgreifen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind nur die Ergebnisse der aggregierten stofflichen Kategorien publiziert.

### 3.5.1 Entwicklung des Materialverbrauchs mit Bezug zu Verursachergruppen

Abbildung 65 zeigt die Entwicklung der Domestic Extraction (DE) in der Schweiz von 1980 bis 2000. Gesamthaft ist DE von rund 66 Mio. t 1980 auf rund 86 Mio. t 2000, d.h. um rund 31% angestiegen. Den grössten Anteil von in der Schweiz abgebauten Ressourcen machen dabei mit rund 74% die Baustoffe aus, auf sie entfallen 2000 rund 64 Mio. t. Der Anteil der Biomasse beträgt mit ca. 21 Mio. abgebauten Tonnen 25%. Der Anteil der industriellen Mineralien und der fossilen Ressourcen an den in der Schweiz abgebauten Ressourcen ist vergleichsweise gering.

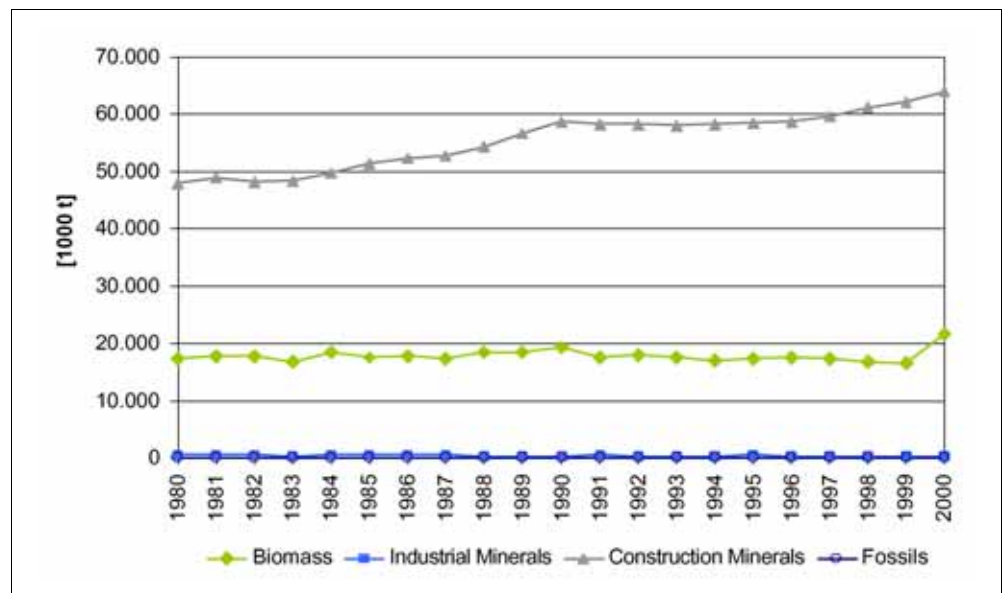


Abb. 65:  
Domestic Extraction  
Schweiz, 1980 bis 2000.

Baart et al. 2003.

Sowohl bei den Importen als auch bei den Exporten zeigt sich ein anderes Bild. Gesamthaft stieg der Anteil der in die Schweiz importierten Stoffe von ca. 37 Mio. t 1980 auf ca. 44 Mio. t 2000 um 19% an. Die exportierten Stoffe hingegen stiegen insgesamt von rund 5 Mio. t (1980) auf rund 13 Mio. t (2000) um 163%. Eine differenzierte Betrachtung resultiert mittels Aufschlüsselung auf die einzelnen Stoffkategorien. Den Grossteil der Importe machen mit etwas weniger als 19 Mio. t die fossilen Ressourcen aus. Ausserdem wurden im Jahr 2000 10 Mio. t Baumaterialien, 7 Mio. t industrielle Materialien und 8 Mio. t Biomasse importiert. Insbesondere durch den Verbrauch bzw. Abbau von fossilen Ressourcen und einigen indus-

triellen Mineralien wird die Umwelt belastet. Mit rund 6,5 Mio. t entfallen nahezu 50% aller Exporte auf die Kategorie Biomasse. Ausserdem werden 1 Mio. t Baumaterialien, 4 Mio. t industrielle Mineralien und 2 Mio. t fossile Ressourcen exportiert. Bei den industriellen Mineralien und den fossilen Ressourcen sind dies grösstenteils Re-Exporte.

Wie anfangs beschrieben, lassen sich aus der Domestic Extraction, den Importen und den Exporten sowohl der so genannte Direct Material Input (DE plus importierte Materialien; DMI) als auch die Domestic Material Consumption (DMI minus exportierte Materialien; DMC) bestimmen. Zwischen 1980 und 2000 ist der DMI in die schweizerische Volkswirtschaft von rund 103 Mio. t auf rund 129 Mio. t um etwa 25% gestiegen. Der DMC (Materialverbrauch der schweizerischen Volkswirtschaft) hingegen ist um rund 19% gestiegen, von ca. 97,5 Mio. t auf ca. 116 Mio. t. DMI setzt sich dabei in 2000 zu 23% aus Biomasse, 6% industriellen Mineralien, 57% Baumaterialien und 14% fossilen Ressourcen zusammen.

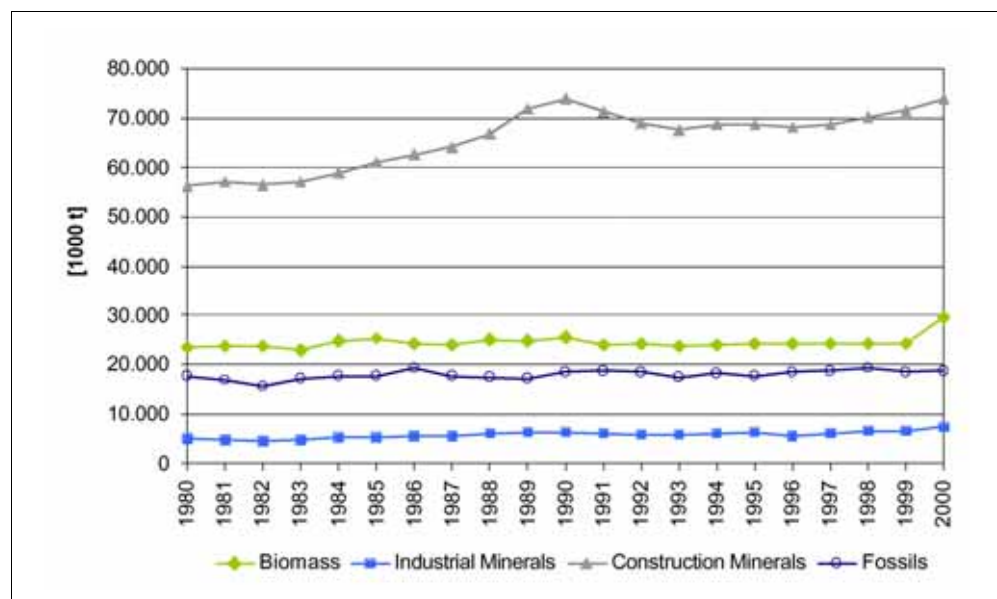
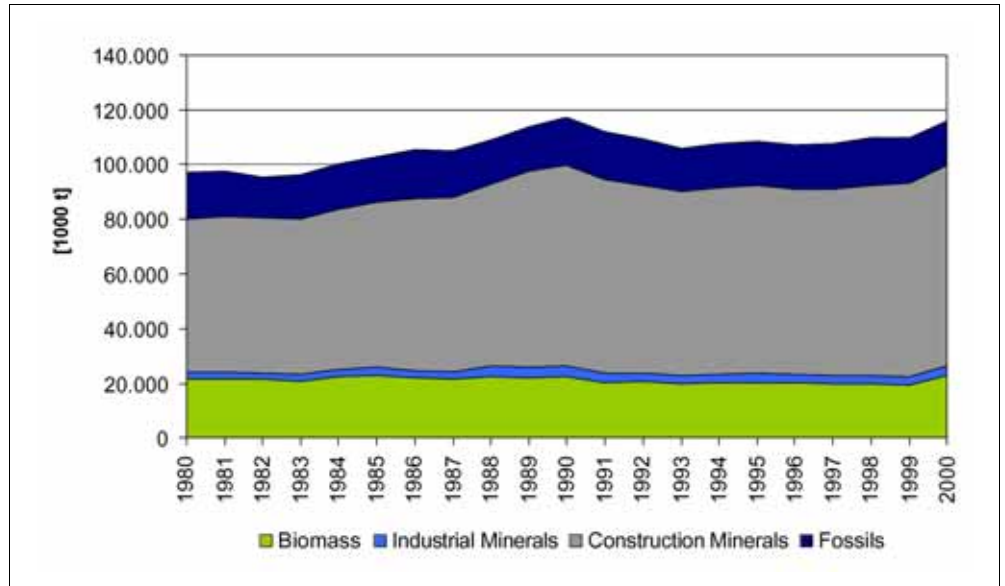


Abb. 66:  
DMI Schweiz,  
1980 bis 2000.

Baart et al. 2003.

Von allen in der Schweiz verwendeten Materialien (DMC) beträgt der Anteil der Biomasse 2000 20%, der Anteil der industriellen Materialien 3%, der Anteil der Baumaterialien 63% und der Anteil der fossilen Ressourcen 14%. Gegenüber 1980 haben sich diese Anteile nur geringfügig verändert (1980: Biomasse 22%, industrielle Mineralien 3%, Baumaterialien 57% und fossile Ressourcen 18%).

Abb. 67:  
DMC Schweiz,  
1980 bis 2000.



Baart et al. 2003.

### 3.5.2 Mögliche Auslöser für Veränderungen des Materialverbrauchs

In der nachfolgenden Tabelle werden in allgemeiner Form die wichtigsten möglichen Auslöser für die Veränderungen beim Materialverbrauch beschrieben. Ausserdem wird im Anschluss an die Tabelle auf die Bedeutung von Preisveränderungen für den Materialverbrauch eingegangen.

Eine explizite Dematerialisierungspolitik zur Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Materialverbrauch gibt es in der Schweiz – wie auch in den meisten anderen europäischen Ländern – noch nicht. Die grösste Bedeutung für den Materialverbrauch hat deshalb die Abfallpolitik und viele in ihrem Zusammenhang stehende staatliche Aktivitäten. Die OECD (1998) und Fahrni (2002) liefern eine Übersicht über die schweizerische Abfallpolitik, welche als Grundlage für die folgende Tabelle dient.

Tabelle 24: Mögliche wichtige Auslöser für eine Reduktion des Materialverbrauchs.

Mögliche Auslöser für eine Reduktion des Materialverbrauchs	Zeitpunkt(e) des Wirksamwerdens
Umweltschutzgesetz <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundsätze zum Vermeiden, Verwerten und Behandeln von Abfällen,</li> <li>• Abwälzung der Entsorgungskosten auf Verursachende, Abgabe zur Finanzierung von Altlastensanierungen</li> </ul>	1983, revidiert 1995
Leitbild für eine schweizerische Abfallwirtschaft	1986
Technische Verordnung über Abfälle TVA <ul style="list-style-type: none"> <li>• u.a. Regelungen für das Vermindern und Behandeln von Abfällen und den Bau und Betrieb von Entsorgungsanlagen</li> </ul>	1991
Strategie des BUWAL für eine schweizerische Abfallpolitik <sup>51</sup>	1992
Kunststoffverordnung	1995
Richtlinie über die Verwertung mineralischer Bauabfälle (BUWAL)	1997
Richtlinie für die Verwertung, Behandlung und Ablagerung von Aushub-, Abraum- und Ausbruchmaterial (BUWAL)	1999

Die Nachfrage nach industriellen Mineralien und Baumaterialien wird auch durch die Preisentwicklung der entsprechenden Stoffe beeinflusst. Da die MFA die verschiedenen Stoffe aggregiert betrachtet, ist der Produzenten- und Importpreisindex des Bundesamtes für Statistik (BFS) die relevante Grösse für Aussagen über die schweizerische Preisentwicklung. In diesem Index sind u.a. die Preise für importierte Ausgangs- und Rohstoffe enthalten. Im betrachteten Zeitraum (1980 bis 2000) ist der vom BFS berechnete Produzenten- und Importpreisindex um insgesamt 14,8% gestiegen. Dies entspricht einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 0,7% im betrachteten Zeitraum. Zum Vergleich: Der ebenfalls vom BFS berechnete Landesindex der Konsumentenpreise ist im gleichen Zeitraum um 69,1% gestiegen, was einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 2,3% von 1980 bis 2000 entspricht. Damit lässt sich festhalten, dass die Preissteigerungen zu schwach waren, um den Materialverbrauch abzubremesen.

### 3.5.3 Dekompositionsanalyse

Im Folgenden führen wir eine Dekompositionsanalyse für die beiden Stoffkategorien industrielle Mineralien und Baumaterialien durch. Die Verwendung dieser beiden Stoffkategorien lässt sich gut mit der wirtschaftlichen Entwicklung in den beiden Sektoren Industrie und Bau vergleichen. Für den Sektor Industrie wurde dabei die Wertschöpfung der Branchen Metallverarbeitung, Maschinen, Fahrzeuge, Elektronik, Optik, Uhren, Bijouterie und übrige Industrien berücksichtigt, für den Sektor Bau die Wertschöpfung der Branchen Steine, Erden, Bergbau und Baugewerbe.

Auf eine Dekompositionsanalyse für die Stoffkategorie fossile Ressourcen verzichten wir an dieser Stelle, denn zu grossen Teilen wird dies durch die Dekompositionsanalyse im Bereich Klima bereits abgedeckt. Ebenfalls führen wir keine De-

<sup>51</sup> Zentrale Elemente der Abfallstrategie sind die Vermeidung von Abfällen an der Quelle, die Verminderung von Schadstoffen bei der Produktion und in Konsumgütern, die Verminderung von Abfällen durch verbesserte Verwertung und die umweltverträgliche Behandlung der verbleibenden Abfälle im Inland.

kompositionsanalyse für die Stoffkategorie Biomasse durch. In der Schweiz eine Dematerialisierung im Bereich Biomasse anzustreben, erscheint aus Umweltsicht weniger sinnvoll als bei den anderen Stoffkategorien. Holz als Teil der Biomasse wird in der Schweiz gegenwärtig zu wenig genutzt.

Für die Dekompositionsanalyse wird die Domestic Material Consumption (DMC) verwendet, da es diejenige MFA-Grösse ist, die am besten mit der Bruttowertschöpfung bzw. dem BIP korrespondiert. Die Stoffflüsse entstammen den Berechnungen von Baart et al. (2003).

Wie in der zusammenfassenden Darstellung im Kapitel 3.6 gezeigt wird, lassen sich alle einzelnen Komponenten der Dekompositionsanalyse in das in Abbildung 52 beschriebene analytische Raster einordnen.

**Dekompositionsanalyse  
industrielle Mineralien**

Für die Dekompositionsanalyse werden die folgenden Komponenten verwendet (vgl. für die ausführliche Berechnungsmethodik den Kasten im Kapitel 3.2.3):

$$M_i = \frac{M_i}{A_i} \times \frac{A_i}{A} \times A$$

wobei:

$M_i$ : Materialfluss (DMC) für den Bereich i (industrielle Mineralien)

$A_i$ : wirtschaftliche Aktivität (Bruttowertschöpfung) des Sektors i (Industrie, ausgewählte Branchen)

A: wirtschaftliche Aktivität (Bruttowertschöpfung) Gesamtwirtschaft

Der erste Term  $M_i/A_i$  gibt Auskunft über die Materialintensität der durch den Industriesektor erzielten Bruttowertschöpfung. Eine Veränderung dieses Terms bezeichnen wir als Materialintensitätseffekt. Je nachdem, ob der Wert grösser oder kleiner als im Basisjahr ist, liegt entweder eine Steigerung der sektoriellen Materialintensität vor oder aber eine sektorielle Dematerialisierung. Der zweite Term  $A_i/A$  bestimmt den Anteil der Bruttowertschöpfung der berücksichtigten Branchen des Industriesektors an der Bruttowertschöpfung der gesamten Wirtschaft. Eine Veränderung dieses Terms ist auf den wirtschaftlichen Strukturwandel zurückzuführen. Die Veränderung der Bruttowertschöpfung schliesslich gibt hier den Wachstumseffekt der Gesamtwirtschaft an.

Tabelle 25: Ergebnisse der Dekompositionsanalyse für industrielle Mineralien.

Effekt	Indexwert 2000 (1985 = 100)
Materialintensitätseffekt	101.6
Struktureffekt	75.2
Wachstumseffekt Gesamtwirtschaft	170.3
Tatsächliches Wachstum des Materialverbrauchs der industriellen Mineralien	130.1

Das Ergebnis zeigt, dass die Materialintensität gegenüber 1985 nur sehr geringfügig zugenommen hat. Allerdings hat auch keine Dematerialisierung stattgefunden. Die Wertschöpfung, die im Jahr 2000 in diesem Sektor erzielt wird, verbraucht nahezu

gleich viel Material je Wertschöpfungseinheit wie noch 1985. Der strukturelle Wandel zwischen den Sektoren bzw. das Wachstum der Gesamtwirtschaft sind im gleichen Zeitraum wesentlich stärkere Effekte.

**Dekompositionsanalyse  
Baustoffe**

Für die Dekompositionsanalyse werden die folgenden Komponenten verwendet:

$$M_b = \frac{M_b}{A_b} \times \frac{A_b}{A} \times A$$

wobei:

- $M_b$ : Materialfluss (DMC) für den Bereich b (Baustoffe)
- $A_b$ : wirtschaftliche Aktivität (Bruttowertschöpfung) des Sektors b (Bau, ausgewählte Branchen)
- A: wirtschaftliche Aktivität (Bruttowertschöpfung) Gesamtwirtschaft

Der erste Term  $M_b/A_b$  gibt Auskunft über die Materialintensität der durch die Bauwirtschaft erzielten Bruttowertschöpfung. Eine Veränderung dieses Terms bezeichnen wir als Materialintensitätseffekt (sektorielle (De-)Materialisierung). Der zweite Term  $A_b/A$  bestimmt den Anteil der Bruttowertschöpfung der ausgewählten Branchen des Bausektors an der gesamten Wirtschaft. Eine Veränderung ist auf wirtschaftlichen Strukturwandel zurückzuführen. Die Veränderung der Bruttowertschöpfung schliesslich gibt den Wachstumseffekt der Gesamtwirtschaft an.

Tabelle 26: Ergebnisse der Dekompositionsanalyse für Baustoffe.

Effekt	Indexwert 2000 (1985 = 100)
Materialintensitätseffekt	111.7
Struktureffekt	63.6
Wachstumseffekt Gesamtwirtschaft	170.3
Tatsächliches Wachstum des Materialverbrauchs der Baustoffe	120.8

Das Ergebnis zeigt, dass in diesem Sektor keine Dematerialisierung stattgefunden hat. Die Materialintensität je Wertschöpfungseinheit hat zwischen 1985 und 2000 um rund 12% zugenommen. Angesichts der sehr hohen mengenmässigen Bedeutung der Baumaterialien ist dieses Ergebnis mit Bezug auf die Umweltbelastungen Besorgnis erregend. Der strukturelle Wandel zeigt sich in diesem Sektor ausgeprägter als im industriellen Bereich, denn der Anteil der Wertschöpfung an der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung hat hier stärker abgenommen.

### 3.5.4 Fazit Vertiefungsbereich Materialverbrauch

Eine Entkopplung zwischen Materialverbrauch und Wirtschaftswachstum hat nicht stattgefunden. Der Wachstumseffekt konnte bei Weitem nicht durch Effizienzsteigerungen (Abnahme des Materialintensitätseffekts) aufgefangen werden. Im Gegenteil hat die Materialintensität für industrielle Mineralien, und noch im ausgeprägteren Ausmass für Baustoffe, zugenommen. Unter diesen Bedingungen konnten die verschiedenen umweltpolitischen Massnahmen die Materialintensität der industriellen Mineralien und Baustoffe bisher wenig beeinflussen. Die sehr geringen nomina-



len Preissteigerungen der letzten 20 Jahre sind sicherlich ein wichtiger Grund für die nicht feststellbare Entkopplung. Über den Zeitraum der vergangenen 20 Jahre betrachtet, lag der Schwerpunkt der Massnahmen auf dem Umgang mit den Endprodukten (am stofflichen Output orientiert), statt auf dem Umgang mit den Ausgangsstoffen (am stofflichen Input orientiert). Da gegenwärtig die Wirksamkeit der schweizerischen Abfallpolitik evaluiert wird, gehen wir auf diese Aspekte nicht näher ein. Erwähnt seien nur die älteren abfallrelevanten Aussagen der OECD (1998) in ihrem Prüfbericht zur Umweltpolitik der Schweiz. Aus Sicht der OECD hat die Schweiz das für die Abfallwirtschaft notwendige Regelwerk relativ spät erlassen, wenn man die Schweiz mit anderen OECD-Ländern vergleicht. Das im Zuge der Revision des Umweltschutzgesetzes eingeführte Verursacherprinzip und die Regelungen über die Verwendung der verschiedenen Gebühren (Sackgebühren, vorgezogene Entsorgungsgebühren) werden von der OECD als fortschrittlich bewertet.

Für den Materialverbrauch heisst dies, dass

- bei einer inputorientierten Sichtweise (Materialherkunft, Materialbearbeitung und Materialverwendung) für die Schweiz – und viele andere Länder – noch Optimierungsbedarf besteht,
- bei einer outputorientierten Sichtweise (Verwertung und Recycling von gebrauchten Materialien) die Situation in der Schweiz insbesondere auch im Vergleich mit anderen Ländern als relativ fortschrittlich bewertbar scheint.

### 3.5.5 Trends im Hinblick auf Veränderungen des Materialverbrauchs

Beim Materialverbrauch werden bis zum Jahr 2020 die folgenden Trends erwartet:

Tabelle 27: Ausgewählte Trends Materialverbrauch.

Aktivität/Indikator	Trend bis 2020
Anteil einheimisches Holz am Gesamtverbrauch von Holz	Zunahme
Kiesverbrauch	Gebremste Zunahme
Zementverbrauch	Gebremste Zunahme
Kunststoffverbrauch	Zunahme
Verbrauch von industriellen Mineralien	Zunahme
Metallverbrauch	Zunahme
Recycling-Quote	Zunahme

(Quellen: BUWAL 2003, MONET, eigene Einschätzungen)

In der Summe nehmen voraussichtlich diejenigen Aktivitäten, welche zu einem fortgesetzten Materialverbrauch führen, weiter zu.

Sofern Konsens besteht, dass der Materialverbrauch vermindert werden sollte, ohne dabei das Wirtschaftswachstum zu gefährden, sind Politik und Verwaltung zur Weiter- bzw. Neuentwicklung der (bestehenden) Politiken und Instrumente aufgerufen.

### 3.6 Ergebnisse aus den vier Vertiefungsbereichen: Fazit

In den vier Vertiefungsbereichen Klima, Luft, Natur/Landschaft sowie Materialverbrauch wurde nach möglichen Ursachen für eine erfolgreiche oder weniger erfolgreiche Entkopplung gesucht. Wo jeweils möglich und sinnvoll, wurde die Methode der Dekompositionsanalyse verwendet. Dabei wurden die einzelnen Faktoren der Dekompositionsanalyse so gewählt, dass sie sich einem der drei Hauptfaktoren für eine Entkopplung gemäss den Ergebnissen der Literaturanalyse (vgl. Abb. 52) zuordnen lassen. Die Dekompositionsanalyse wurde um eine Analyse der (umwelt-)politischen Massnahmen und der Preisentwicklungen ergänzt. Auch diese zwei Faktoren wurden in der theoretischen Analyse in Kap. 3.1 hervorgehoben (vgl. Abb. 52). Insbesondere wurde gezeigt, wie die Umweltpolitik einen massgeblichen Einfluss auf den technischen Fortschritt, den Strukturwandel und – bisher in einem kleineren Ausmass – eine Änderung der Lebensstile ausüben kann. Das Zusammenspiel zwischen den Ergebnissen der theoretischen Analyse gemäss Kap. 3.1 und der Untersuchung in den vier Vertiefungsbereichen (Kap. 3.2–3.5) wird in der nachfolgenden Abbildung dargestellt:

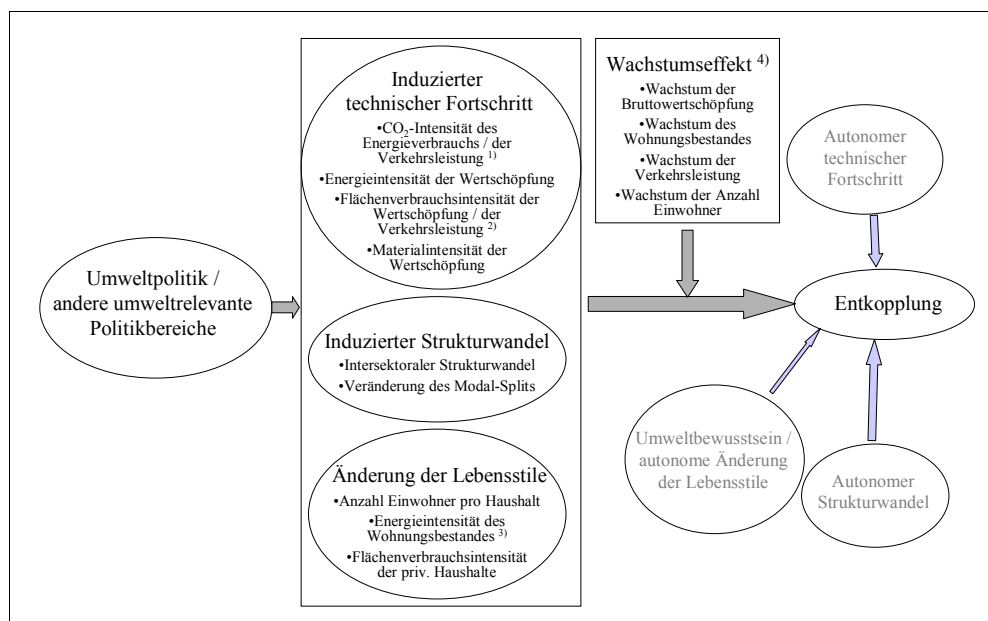


Abb. 68:  
Konkretisierung der Ursachen für Entkopplung im Rahmen der Dekompositionsanalyse.

Anmerkungen:

- 1 Die CO<sub>2</sub>-Intensität der Verkehrsleistung kann vom technischen Fortschritt (Motorentchnik) oder von der Auslastung der Fahrzeuge beeinflusst werden.
- 2 Von der Logik her gehören die Effekte «Flächenverbrauchsintensität der Wertschöpfung» und «Flächenverbrauchsintensität der Verkehrsleistung» zum (induzierten) technischen Fortschritt. Bisher war allerdings im Gegensatz zu den klassischen Umweltbelastungen (Abfälle und Emissionen) die Flächeneinsparung kaum Ziel von technischen Neuerungen.
- 3 Die Energieintensität des Wohnungsbestandes kann von einer Änderung der Lebensstile, aber auch vom technischen Fortschritt (Heiz-, Gebäudetechnik) beeinflusst werden.
- 4 Das Wachstum der Aktivitäten kann auch von der Umweltpolitik beeinflusst werden. Das primäre Ziel einer erfolgreichen Entkopplungsstrategie ist jedoch die Beeinflussung von technischem Fortschritt und Strukturwandel.

Die Analyse in den vier Vertiefungsbereichen hat gezeigt, dass eine erfolgreiche Entkopplung bisher vor allem über technische Neuerungen erreicht wurde, die durch die Umweltpolitik ausgelöst oder gefördert wurden (induzierter technischer Fortschritt). Eindeutige Erfolgsgeschichten für einen (induzierten) umweltfreundlichen technischen Fortschritt resultieren aus der Analyse im Vertiefungsbereich Luft, insbesondere für NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC und SO<sub>2</sub>, wo die Entkopplung erfolgreich verlief, da technische Massnahmen bereits zum Emissionsrückgang führten. In den drei anderen Vertiefungsbereichen Klima, Natur/Landschaft sowie Materialverbrauch kann keine Entkopplung – oder höchstens eine relative – festgestellt werden. In diesen Bereichen wäre für eine Entkopplung eine Kompensation des Wachstumseffekts durch den Technik- oder den Struktureffekt notwendig, was bisher nicht gelungen ist.

Im Vertiefungsbereich Klima kann für die Periode 1990–2001 eine relative, aber keine absolute Entkopplung verzeichnet werden. Die aus Sicht der Umwelt positiven Entwicklungen, die aufgrund des technischen Fortschritts entstehen, werden nicht durch strukturelle Veränderungen (wie eine Änderung des Modal-Splits zugunsten der Schiene) unterstützt und werden vollständig durch den Wachstumseffekt – das Wachstum von Aktivitäten, die CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen – kompensiert. In diesem Bereich konnte die Umwelt- bzw. die Energiepolitik wichtige, aber noch ungenügende Impulse geben.

In den zwei anderen untersuchten Vertiefungsbereichen Natur und Landschaft sowie Materialverbrauch gibt es kaum Anzeichen von Entkopplung. In beiden Bereichen werden die negativen ökologischen Entwicklungen, die durch den Wachstumseffekt verursacht werden, durch den Technik- bzw. den Struktureffekt sogar verstärkt.

Die Gründe für eine erfolgreiche oder weniger erfolgreiche Entkopplung in den einzelnen Vertiefungsbereichen werden in Tabelle 28 detailliert dargestellt.

Die Zukunftstrends weisen auf eine Weiterführung der Vergangenheitsentwicklungen hin. Insbesondere ist mit einer Abnahme der Luftschadstoffkonzentrationen zu rechnen (mit Ausnahme von Ozon). Für die drei hinsichtlich Entkopplung problematischen Bereiche Klima, Natur und Landschaft sowie Materialverbrauch ist hingegen eine Zunahme der Umweltbelastungen zu erwarten.

Tabelle 28: Ursachen für erfolgreiche oder nicht erfolgreiche Entkopplung in den vier Vertiefungsbereichen.

Vertiefungsbereich	Betrachtete Teilbereiche	Entwicklung	Ursachen für erfolgreiche/nicht erfolgreiche Entkopplung
Klima	CO <sub>2</sub> -Emissionen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Entkopplung (bzw. nur relative Entkopplung)</li> <li>Starker Wachstumseffekt in allen Verursachergruppen (besonders ausgeprägt im Güterverkehr)</li> <li>Relativ geringer Emissionsspareffekt im Bereich private Haushalte und im Strassenpersonenverkehr</li> <li>Kein Energiespareffekt in der produzierenden Wirtschaft</li> <li>Kein positiver Modal-Split-Effekt im Verkehr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energiepreissteigerungen relativ gering und von kurzfristiger Dauer</li> <li>Bedeutende Politiken (Energiegesetz, LSVA) erst am Ende des Untersuchungszeitraums 1990–2001 eingeführt</li> <li>Nachfrageorientierte Politik im Strassenverkehr</li> <li>Keine Massnahme zur Überwindung des Mieter-Vermieter-Dilemmas</li> </ul>
Luft	NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> und Ozon	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emissionen von NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC und SO<sub>2</sub>: in den meisten Verursachergruppen absolute Entkopplung</li> <li>Immissionen von Ozon: keine absolute Entkopplung</li> <li>Immissionen von PM<sub>10</sub>: absolute Entkopplung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC und SO<sub>2</sub>: Low-NO<sub>x</sub>-Technologie bei Heizungen, Katalysator, Reduktion des Schwefelgehalts in Heizöl, Abnahme des Lösungsmittelverbrauchs</li> <li>Ozon: Vorläufersubstanzen (insb. Stickoxide) zu wenig rückläufig (Grund: Anstieg des Verbrauchs von stickoxidhaltigem Dieseltreibstoff)</li> <li>PM<sub>10</sub>: Erneuter Anstieg der Immissionen ab 2001 möglicherweise auf deutlichen Anstieg des Absatzes von Diesel zurückzuführen</li> </ul>
Natur und Landschaft	Siedlungsfläche	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Entkopplung</li> <li>Wachstumseffekt nicht durch Effizienzsteigerungen bei der Flächennutzung aufgefangen</li> <li>Flächenverbrauch erfolgt ausser im Bereich Verkehr weniger effizient (höhere Flächenintensität)</li> <li>Geringere Haushaltgrösse und grössere Wohnflächen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kaum reale Preissteigerungen für Industrie-, Gewerbe- und Büroflächen, Wohngebäude</li> <li>Verkehrsmengenwachstum Strasse</li> <li>Flächenverfügbarkeit (grosses Angebot an Bauzonen) im ländlichen Raum</li> <li>Politische Instrumente haben kaum zur Gegenentwicklung beigetragen</li> </ul>
Materialverbrauch	Industrielle Mineralien, Baustoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Entkopplung</li> <li>Materialintensität hat bei industriellen Mineralien geringfügig, bei Baustoffen stärker zugenommen</li> <li>Baustoffe: grosse Bedeutung für die Materialflüsse der Schweiz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geringe Preissteigerungen</li> <li>Integrierte Produktpolitik: viel versprechend, aber noch sehr junge Politik</li> </ul>

# 4 Handlungsempfehlungen für eine Entkopplungsstrategie

In diesem Kapitel werden zunächst Handlungsempfehlungen zu den im Rahmen der Ursachenanalyse umfassend behandelten vier Vertiefungsbereichen (Klima, Luft, Natur und Landschaft, Materialverbrauch) formuliert, bevor hieraus am Ende des Kapitels (Abschnitt 4.5) allgemeine Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

Die Handlungsempfehlungen werden relativ summarisch skizziert. Sie bedürfen noch einer konkreten Operationalisierung und Ausgestaltung in Anlehnung an eine umfassende Wirkungsanalyse, die nicht Gegenstand dieser Untersuchung ist (vgl. hierzu: weiterer Forschungsbedarf in Kap. 5). Die Abschätzung der Wirksamkeit und Effizienz der nachfolgend skizzierten Massnahmen basiert auf der bereits vorhandenen Literatur oder auf eigenen Schätzungen.

## 4.1 Vertiefungsbereich Klima

Die Ursachenanalyse im Klimabereich hat gezeigt, dass die Nicht-Entkopplung von CO<sub>2</sub>-Emissionen und Wirtschaftswachstum mit einem den technischen Fortschritt und den Strukturwandel dominierenden Wachstum der wirtschaftlichen Aktivitäten, insbesondere der Zunahme der Verkehrsleistungen, begründet werden kann. Eine erfolgreiche Entkopplungsstrategie, die die wirtschaftlichen Aktivitäten nicht abbremsst, bedingt deshalb, dass der emissions- und energiesparende technische Fortschritt in allen Bereichen und die Veränderung des Modal-Splits im Verkehr so stark forciert werden, dass sie gemeinsam den Wachstumseffekt überkompensieren können.

Welche Politik eignet sich für diese Strategie? Die sektorale Ursachenanalyse hat deutlich gemacht, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs hauptverantwortlich für die Nicht-Entkopplung im Klimabereich sind. Soll sich nun die Entkopplungsstrategie ausschliesslich auf den Verkehrssektor konzentrieren? Diese Politik wäre wirtschaftlich ineffizient, wenn die Kosten zur Vermeidung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehr grösser sind als in den anderen Sektoren. Eine breit angelegte Entkopplungsstrategie berücksichtigt die unterschiedlichen Vermeidungskosten der einzelnen Sektoren. Zentraler Bestandteil einer solchen Strategie ist die im CO<sub>2</sub>-Gesetz bereits definierte, aber noch nicht eingeführte CO<sub>2</sub>-Abgabe. Damit würden die Verursacher direkter CO<sub>2</sub>-Emissionen in allen Sektoren erfasst, und die Entscheidung, wo die Emissionen am kostengünstigsten reduziert werden können, würde vom Markt gefällt. Diese Strategie darf jedoch flankierende Massnahmen in den einzelnen Sektoren nicht ausschliessen, weil es einerseits sektor- und technikbezogene Hemmnisse gibt und andererseits Präferenzen in allen Sektoren bestehen, deren Umwelt- und Klimabedeutung den Akteuren bewusst gemacht werden sollte. Nachfolgend werden zunächst die CO<sub>2</sub>-Abgabe und anschliessend mögliche flankierende Massnahmen diskutiert.

### CO<sub>2</sub>-Abgabe

Die CO<sub>2</sub>-Abgabe würde laut Gesetz die Treibstoff- und die Brennstoffpreise so weit erhöhen, dass die gesteckten Reduktionsziele erreicht werden. Im Rahmen der Ursachenanalyse wurde bereits diskutiert, welche Auswirkungen Preiserhöhungen

in der Vergangenheit auf technischen Fortschritt, Strukturwandel und/oder Wachstum der wirtschaftlichen Aktivitäten hatten. So konnte nach der markanten Mineralölsteuererhöhung im Jahr 1993 ein kurz- bis mittelfristig andauernder leichter Rückgang der Strassenverkehrsleistungen im Personenverkehr und ein gleichzeitiger leichter Anstieg der Schienenverkehrsleistungen festgestellt werden. Im Güterverkehr konnte durch die Dieselpreissteigerung möglicherweise der technische Fortschritt beschleunigt werden, eine Verlagerung fand hingegen nicht statt. Neben dem technischen Fortschritt spielt jedoch die Verlagerung, sprich der Strukturwandel, eine zentrale Rolle in einer Entkopplungsstrategie, welche davon absieht, die wirtschaftlichen Aktivitäten selber zu bremsen.

Die Erfahrungen der Vergangenheit lassen darauf schliessen, dass für eine nicht nur kurzfristige, sondern dauerhafte Entkopplung von CO<sub>2</sub>-Emissionen und Wirtschaftswachstum die Ankündigung regelmässiger Abgabenerhöhungen notwendig ist. Damit würde ein Signal an den Markt abgegeben, Schritte in Richtung grundlegender technologischer Erneuerungen und in Richtung klimafreundlicher Strukturveränderungen einzuleiten. Dabei müsste die Abgabenerhöhung in jeder neuen Etappe nicht zwingend sehr hoch sein, da von der Ankündigung der stufenweisen Erhöhung bereits erhebliche Lenkungseffekte ausgehen dürften. Der in der Diskussion befindliche Abgabensatz von 30 Rp./Liter Treibstoff, mit dem das CO<sub>2</sub>-Reduktionsziel im Verkehrsbereich erreicht werden könnte (vgl. Infrastab 2003), liesse sich etwa über einen Zeitraum von 10 bis 12 Jahren gestaffelt einführen. Die konkrete Ausgestaltung und Operationalisierung dieses Vorschlags bedarf einer eingehenderen Vertiefung ausserhalb dieser Studie.

Als alternatives marktwirtschaftliches Instrument bieten sich auch handelbare Emissionszertifikate an. Das System handelbarer Emissionsrechte stellt in der umweltökonomischen Theorie die überlegene Lösung dar, da sie im Unterschied zu einer Abgabe die ökologische Treffsicherheit garantieren kann und im internationalen Massstab anwendbar ist (vgl. SRU 2000, S. 120). Gegenüber einer CO<sub>2</sub>-Abgabe haben die international handelbaren Rechte allerdings den Nachteil, dass sie weniger Anreize zur inländischen Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen geben. Damit blieben die positiven Nebeneffekte, die durch die Einführung einer CO<sub>2</sub>-Abgabe im Inland entstehen, aus. So würde z.B. eine verstärkte Verlagerung des Strassenverkehrs auf die Schiene nicht nur die CO<sub>2</sub>-Emissionen, sondern auch die Luftschadstoffe und den Flächenverbrauch reduzieren. Die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung in der Schweiz ist mit der alternativen CO<sub>2</sub>-Zertifikate-Lösung nur erreichbar, wenn die politischen Massnahmen zur Reduzierung insbesondere von Luft- und Lärmbelastung sowie des Flächenverbrauchs umso wirksamer umgesetzt werden.

**CO<sub>2</sub>-Abgabe als  
«Wachstumsbremse»?**

Es drängt sich die Frage auf, ob eine regelmässige Erhöhung der Abgabensätze, die zudem vorab angekündigt wird, neben den erwünschten Anreizen zur Diffusion des technischen Fortschritts und zum Strukturwandel auch unerwünschte Wirkungen, insbesondere ein verlangsamtes Wachstum der wirtschaftlichen Aktivitäten in

anderen Bereichen auslöst. Diese Entwicklung entspräche nicht den Vorstellungen einer Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung.

Eine detaillierte Ex-ante-Wirkungsanalyse auf der Basis des im vorigen Abschnitt skizzierten Vorschlags ist nicht Gegenstand dieser Untersuchung. Jedoch soll kurz auf in der Vergangenheit durchgeführte Studien eingegangen werden, die die wirtschaftlichen Auswirkungen einer CO<sub>2</sub>-Abgabe analysieren. Eine Studie von Prognos (1996) ermittelt – unter der Annahme, dass EU- oder OECD-weit gleichzeitig keine preislichen Massnahmen ergriffen werden – eine leichte Verschlechterung der Aussenhandelsposition sowie Wertschöpfungsverluste im Energie- und Verkehrssektor (Strasse), jedoch gesamtwirtschaftlich leicht positive Auswirkungen (aufgrund der positiven Wohlfahrtseffekte in den anderen Wirtschaftssektoren). Eine andere Studie von Ecoplan (1995) kommt – auch ohne den Einbezug der Befreiungsmöglichkeit im Fall von freiwilligen Vereinbarungen – zu Ergebnissen, die einen relativ geringen Einfluss auf die gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt erwarten lassen. So zieht Ecoplan aus seiner Analyse verschiedener CO<sub>2</sub>-/Energieabgabe-Szenarien das Fazit, dass sogar Wohlfahrtsgewinne entstehen, wenn die Einnahmen aus der Abgabe für die Reduktion der Grenzsteuersätze beim Einkommen verwendet werden (vgl. Ecoplan 1995, S. 70).

Der Verband der Schweizer Unternehmen *economiesuisse* unterstützt das CO<sub>2</sub>-Gesetz, die darin enthaltenen freiwilligen Massnahmen und auch die CO<sub>2</sub>-Abgabe, sofern die freiwilligen Massnahmen zur Zielerreichung nicht genügen (vgl. Roduit 2004). Er äussert keine Bedenken hinsichtlich einer CO<sub>2</sub>-Abgabe, was auf die gesetzlichen Vorkehrungen zur Befreiung grosser Energieverbraucher zurückzuführen ist, falls diese eine Verpflichtung zur CO<sub>2</sub>-Reduktion gegenüber dem Bund eingehen. Von der CO<sub>2</sub>-Abgabe sind weder negative Auswirkungen auf das Wirtschaftswachstum noch Verlagerungen von Produktionsstandorten ins Ausland zu erwarten.

Gleichzeitig unterstützt *economiesuisse* als freiwillige Alternative zur CO<sub>2</sub>-Abgabe den so genannten Klimarappen, eine rein verkehrsseitige Massnahme, die eine Erhöhung der Treibstoffpreise um 1 Rp./Liter vorsieht und damit international (durch den Kauf von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten) und national (durch die Förderung von Eco Drive, Car-Sharing und alternativen Treibstoffen) das CO<sub>2</sub>-Reduktionsziel erreichen will. Diese vergleichsweise bescheidene Massnahme dürfte weder einen positiven noch einen negativen Einfluss auf das Wirtschaftswachstum in der Schweiz haben, bedingt jedoch, dass zusätzlich zu den ausländischen Massnahmen zur Reduktion der global wirkenden CO<sub>2</sub>-Emissionen auch inländische Massnahmen zur Reduktion der lokal und regional wirkenden Umweltbelastungen des Verkehrs (Luftschadstoffe, Lärm, Flächenverbrauch) getroffen werden. Inwieweit diese das Wirtschaftswachstum beeinflussen, bleibt zu diskutieren.

Bei einer CO<sub>2</sub>-Abgabe (für Treibstoffe) werden insbesondere Einnahmeverluste bei den Tankstellen in Grenznähe befürchtet (vgl. Roduit 2004), womit das Wirtschaftswachstum negativ beeinflusst würde. Diese Einnahmeverluste sind jedoch

nichts anderes als ein Rückgang der Arbitragegewinne. Die Rückerstattung der Abgabeerträge sollte schliesslich die erwünschten Effekte auf die Diffusion des technischen Fortschritts und den Strukturwandel begünstigen.

Eine CO<sub>2</sub>-Abgabe dürfte also keine wesentlichen negativen Auswirkungen auf das Wirtschaftswachstum haben. Allerdings ist im Hinblick auf die langfristige Sicherung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit energieintensiver Unternehmen von Bedeutung, dass die nationale Klimapolitik in eine internationale Klimapolitik eingebettet ist, und alle Industriestaaten ihre im Kyoto-Protokoll verabschiedeten Reduktionsverpflichtungen in konkrete, wirksame Massnahmen umsetzen.

**Flankierende Massnahmen  
im Verkehrssektor**

Die Ursachenanalyse hat gezeigt, dass ein besonders grosses Potenzial zur Klimaentlastung von der Verlagerung des Strassenverkehrs auf die Schiene ausgeht. Diese Strategie schränkt zugleich nicht die Mobilität, sprich die wirtschaftliche Aktivität ein und führt zudem zu weiteren Umweltentlastungen (Luft, Lärm, Boden). Die Verkehrsverlagerung leistet also einen wesentlichen Beitrag zur Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung.

Umfassend eingeleitet wurde die Verkehrsverlagerung bereits durch den 1998 von Volk und Ständen getroffenen Beschluss zur Finanzierung der grossen Infrastrukturprojekte des öffentlichen Verkehrs (Finöv) sowie durch die 2001 eingeführte LSVA als wesentlichem Finanzierungsbestandteil. Die Finöv-Projekte umfassen in Stichworten die Neat, Bahn 2000, internationale Hochgeschwindigkeitsanschlüsse und die Lärmsanierung. Neben diesem umfangreichen Paket und der CO<sub>2</sub>-Abgabe können eine Reihe von flankierenden Massnahmen den Verlagerungsprozess unterstützen. Das nationale Forschungsprogramm (NFP 41) hat eine sehr grosse Palette von Massnahmen vorgeschlagen (vgl. Walter et al. 2001). Die aus Sicht der Autoren wichtigsten flankierenden Massnahmen seien nachfolgend genannt:

- Effizienzsteigerung im öffentlichen Verkehr und echte Wettbewerbsbedingungen (Abbau der Diskriminierung beim Schienennetzzugang, mehr Wettbewerb im Regionalverkehr),
- Integration der Schweiz in die transeuropäischen Schienennetze,
- Schaffung Fussgänger- und ÖV-freundlicher Siedlungsstrukturen (Förderung des Langsamverkehrs),
- Ausbau von Logistikkreuzungen für den kombinierten Verkehr.

Zu den wirksamen flankierenden Massnahmen einer Entkopplungsstrategie im Klimabereich gehört auch die konstante Überprüfung von Neubauprojekten im Strassenbau, da neue Strassen gemäss empirischen Untersuchungen stets zusätzlichen Individualverkehr erzeugen, der zu deutlich höheren Umweltbelastungen führt als zusätzlich angebotener öffentlicher Verkehr. Die empirischen Ergebnisse werden auf die constant-travel-time-Hypothese zurückgeführt, die besagt, dass trotz zusätzlicher Strassen und der damit erhofften Beschleunigung des Strassenverkehrs das Zeitbudget für die Befriedigung des Mobilitätsbedürfnisses bei konstanten Fahrkosten unverändert bleibt (vgl. Schafer/Victor 2000).



Im Hinblick auf eine erfolgreiche Entkopplung stellt sich auch die Frage, ob Strategien der Verkehrsvermeidung zur CO<sub>2</sub>-Reduktion beitragen, ohne dabei das Wirtschaftswachstum zu beeinträchtigen. Jedoch stösst eine hierauf ausgerichtete Strategie auf grössere Umsetzungsschwierigkeiten, da eine Einschränkung der Mobilität nur schwer mit einer freiheitlich orientierten Gesellschaftsordnung vereinbar ist. Das Potenzial der modernen Kommunikationstechnologien (elektronischer Datentransfer, Videokonferenzen, Telearbeit usw.) zur Verkehrsvermeidung ist gemäss einer Studie im Rahmen des NFP 41 als sehr gering einzustufen (vgl. Rangosch 2001). Dennoch besteht ein Verkehrsvermeidungspotenzial, welches durch die Raumplanung erschlossen werden kann (z.B. Durchmischung von Arbeits- und Wohnzonen; vgl. Abschnitt 4.3).

Die hier dargestellte Strategie zur Entkopplung der CO<sub>2</sub>-Emissionen vom Wirtschaftswachstum ist nur auf den Landverkehr ausgerichtet. Für den Flugverkehr bedarf es gesonderter Massnahmen, die jedoch im internationalen Kontext abgestimmt werden müssen, damit sie überhaupt eine Wirkung erzielen können. Im Luftverkehr ist im Gegensatz zum Landverkehr eine Verlagerung auf umweltfreundlichere Verkehrsträger (z.B. Hochgeschwindigkeitszüge) aufgrund der tendenziell längeren Wegstrecken nur bedingt möglich, so dass eine erfolgreiche Entkopplung zu einem Grossteil auf den technischen Fortschritt (effizientere Triebwerke oder alternative, CO<sub>2</sub>-ärmere Energieträger) angewiesen sein dürfte. Die inländischen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Flugverkehr sind sehr gering und stagnieren ausserdem (vgl. BUWAL 2003c), so dass inländische Massnahmen im Flugverkehr im Rahmen der Klimapolitik nicht dringlich erscheinen.

**Flankierende Massnahmen  
für die privaten Haushalte**

Politische Massnahmen zur Reduktion der direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen der privaten Haushalte sind in erster Linie auf Investitionen in die energieeffiziente Gebäude- und Heiztechnik gerichtet. Neben der CO<sub>2</sub>-Abgabe können eine Reihe von flankierenden Massnahmen Investitionsanreize geben. Aufgrund der spezifischen Problematik des Gebäudebereichs (Investor-Nutzer-Dilemma) ist die Wirksamkeit der CO<sub>2</sub>-Abgabe in diesem Bereich eingeschränkt, womit den flankierenden Massnahmen eine besondere Bedeutung zukommt.

Das CO<sub>2</sub>-Gesetz sieht eine Erhöhung der Brennstoffpreise durch die Erhebung der CO<sub>2</sub>-Abgabe vor. Die Brennstoffpreise werden von den Nutzern (Mietern) bezahlt. Die energetischen Massnahmen tätigen hingegen die Investoren (Vermieter), die damit keinen Nutzen aus den energetischen Massnahmen haben, da nur die Mieter vom niedrigeren Energieverbrauch profitieren (Investor-Nutzer-Dilemma). Ausserdem können nach geltendem Mietrecht energetische Massnahmen nur teilweise auf die Mieten überwält werden. Zur Erhöhung der Investitionsanreize bietet sich eine *Änderung des Mietrechts* dahingehend an, dass Kosten aufgrund von energetischen Massnahmen überwält werden können, und zwar mindestens bis zur Höhe der eingesparten Energiekosten (vgl. Prognos 2003, S. 34). In Kombination mit einer CO<sub>2</sub>-Abgabe würden dann nicht nur Investitionen in die Wärmedämmung (Minergie-Standard) wirtschaftlich, sondern auch die Umstellung der Heiztechnik auf CO<sub>2</sub>-arme (Erdgas) oder CO<sub>2</sub>-neutrale Holzenergieträger.

Als weitere flankierende Massnahme wird neben finanzieller Förderung bzw. Steuererleichterungen (durch die Kantone) die Einführung eines *Gebäudepasses* auch im Altbaubestand vorgeschlagen (vgl. Prognos 2003, S. 34). Der Gebäudepass dokumentiert den energetischen Zustand eines Gebäudes. Er kann zur Wertsteigerung des Gebäudes beitragen und als Instrument der Preisbildung auf dem Immobilienmarkt eingesetzt werden.

Die empfohlenen Massnahmen tragen nicht nur zur CO<sub>2</sub>-Reduktion bei den privaten Haushalten, sondern auch im Dienstleistungssektor bei. Zugleich lösen sie einen spürbaren Innovations- und Investitionsschub im gesamten Gebäudebereich aus, der sich wiederum positiv auf das Wirtschaftswachstum auswirkt. Die Vorschläge selber sind relativ summarisch skizziert und bedürfen für die konkrete Umsetzung noch einer eingehenderen Spezifizierung.

Im Folgenden werden die im Klimabereich empfohlenen Massnahmen für eine Entkopplungsstrategie tabellarisch zusammengefasst. Die Angaben in Tabelle 28 (vgl. auch Tabelle 29) über die Wirksamkeit der Massnahmen bezüglich ihres Umweltentlastungspotenzials bzw. bezüglich ihrer Konsequenz für das Wirtschaftswachstum sind erste Einschätzungen. Es wird vorgeschlagen, diese Einschätzungen im Rahmen weiterer Forschungen (vgl. Kapitel 5) näher zu untersuchen.

Tabelle 28: Massnahmen für eine Entkopplungsstrategie im Klimabereich.

Potenzielle Massnahme	Trägerschaft	Zielgruppe	Wirksamkeit (erwartetes Umweltentlastungspotenzial)	Wirkung auf Wachstum
Einführung CO <sub>2</sub> -Abgabe gemäss CO <sub>2</sub> -Gesetz (inkl. Rückverteilung der Einnahmen) + gestaffelte Erhöhung	Bund	Alle Wirtschaftssubjekte	Sehr hoch	Neutral
Effizienzsteigerung im ÖV + Schaffung echter Wettbewerbsbedingungen	Bund	ÖV-Branche	Hoch	Positiv
Anschluss an transeuropäische Schienennetze	Bund	Schienentransport-Branche	Gering	Neutral
Schaffung Fussgänger- und ÖV-freundlicher Siedlungsstrukturen	Kantone, Gemeinden	Personenverkehr	Hoch	Neutral
Ausbau des Logistikdrehscheibennetzes im kombinierten Verkehr	Bund, Kantone	Güterverkehr	Mittel	Positiv
Kürzung der Ausgaben für Strassenneubauten	Bund, Kantone	Verkehr	Hoch/sehr hoch	Neutral
Mietrechtsänderung: Schaffung der Möglichkeit der Kostenüberwälzung bei energetischen Massnahmen	Kantone	Hauseigentümer/innen, Haushalte	Mittel	Positiv
Gebäudepass	Kantone, Gemeinden	Hauseigentümer/innen, Haushalte	Gering	Neutral/positiv

## 4.2 Vertiefungsbereich Luft

Aus der Ursachenanalyse im Bereich Luft ging hervor, dass insbesondere bei den Ozonimmissionen (Sommersmog) noch keine Entkopplung zum Wirtschaftswachstum stattfindet, bzw. die PM<sub>10</sub>-Belastungen (Feinstaubpartikel) wieder steigen. Beide Entwicklungen hängen eng mit dem starken Anstieg des Absatzes von Dieselloil ab dem Ende der 90er Jahre und den erst in der Markteinführungsphase befindlichen Technologien zur Umwandlung und Filterung der schädlichen Emissionen zusammen (vgl. Abschnitt 3.3.2).

Für eine Entkopplung von Wirtschaftswachstum sowie der Ozon- und PM<sub>10</sub>-Belastungen bedarf es der raschen Diffusion der Katalysatortechnik im Lkw-Verkehr und des Einbaus von Partikelfiltern im gesamten Dieselfahrzeugbetrieb. Beide Techniken sind wirksamer als die Einhaltung der Emissionsstufe EURO4. Die Euro-Abgasnormen gelten zudem einzig für neu zugelassene Fahrzeuge. Die Entkopplung wird aber nur dann in absehbarer Zeit erreicht werden können, wenn nicht nur die Neuwagen, sondern auch der Fahrzeugbestand mit diesen Technologien ausgerüstet werden.

Anreize für die Technikdiffusion bieten die Differenzierung der LSVA und der Motorfahrzeugsteuer nach dem Schadstoffausstoß. Ähnlich wie in den 80er Jahren einige Kantone Rabatte auf die Motorfahrzeugsteuer beim Kauf eines Pkw mit Katalysator gewährten, kann nun das gleiche Verfahren für Dieselfahrzeuge, die mit einem Katalysator und/oder Partikelfilter ausgerüstet sind, angewendet werden. Der Bund kann ein entsprechendes Gesetz erlassen. Die Gesetzesänderung lässt sich für die Kantone ausgabenneutral gestalten, wenn Halter und Halterinnen, die bei ihren Fahrzeugen die beiden Techniken nicht eingeführt haben und damit die Umweltstandards nicht erfüllen, entsprechend höhere Motorfahrzeugsteuern bezahlen als bisher.

Die LSVA wird zwar bereits emissionsbezogen erhoben, jedoch gibt es derzeit über die Einhaltung der EURO3-Norm hinaus keine zusätzliche Abgabenreduktion mehr. Die ab 2006 in Kraft tretenden EURO4-Grenzwerte machen den Einbau eines Partikelfilters und/oder Diesel-Katalysators nicht zwingend notwendig. Ein strengerer EURO5-Grenzwert wird frühestens für das Jahr 2010 erwogen. Bereits heute können Anreize zur Einhaltung der EURO5-Norm geschaffen werden, indem ein zusätzlicher Rabatt auf die LSVA bei Einhaltung dieser Norm gewährt wird.

Eine zur marktwirtschaftlichen Lösung alternative ordnungsrechtliche Massnahme wäre ein Katalysator- und Russpartikelfilter-Obligatorium für Dieselfahrzeuge. Diese Massnahme hätte jedoch keine Auswirkungen auf die bereits bestehende Fahrzeugflotte und wäre damit weniger wirksam.

Negative Auswirkungen auf das gesamtwirtschaftliche Wachstum sind aufgrund des Technologieschubs, den die vorgeschlagenen Massnahmen auslösen, nicht zu erwarten. Dies gilt insbesondere dann, wenn im EU-Raum die Technologien auch

obligatorisch werden. Auf der anderen Seite dürfte die Einführung der Technologien eine erhebliche gesundheitliche Entlastung der Bevölkerung darstellen, welche eine Kosten mindernde Wirkung hat.

Für weitere Massnahmen zur Reduzierung der PM<sub>10</sub>-Emissionen vgl. Electrowatt Engineering 2001.

### **4.3 Vertiefungsbereich Natur und Landschaft**

Die Analyse im Bereich Natur und Landschaft hat ergeben, dass die Nicht-Entkopplung von Umweltbelastungen (Zunahme des Flächenverbrauchs, Beeinträchtigung der Biodiversität) und Wirtschaftswachstum vor allem durch die Zunahme der Industrie- und Gewerbeflächen und in zweiter Linie der Verkehrsflächen begründet ist. Die absolute Zunahme des Flächenverbrauchs ist begleitet durch die Abnahme der Flächennutzungsintensität (Flächenverbrauch pro Aktivitätseinheit), mit Ausnahme der Verkehrsflächen. Die wichtigsten Erklärungsfaktoren für diese Entwicklungen sind:

- Über den Zeitverlauf tiefe reale Preise für Aktivitäten, die zum Flächenverbrauch und damit zur Beeinträchtigung von Natur und Landschaft führen,
- Preisdruck in der Landwirtschaft,
- kein durchschlagender Erfolg bei der Anwendung der bestehenden politischen Massnahmen, um die Aktivitäten, die zum Flächenverbrauch und zur Beeinträchtigung von Natur und Landschaft führen, nachhaltig einzudämmen (mit Ausnahme der Landwirtschaftspolitik),
- Lebensstile der Bevölkerung, wie z.B. Bevorzugung des Strassenverkehrs, Anspruch auf grosse Wohnflächen.

Die Massnahmen für das Abbremsen des Flächenverbrauchs müssen dementsprechend bei den verschiedenen Verursachergruppen ansetzen und zugleich die wirtschaftlichen Aktivitäten nicht abbremsen. Um der Zerstörung und Fragmentierung von für Natur und Landschaft wichtigen Flächen entgegenzuwirken, werden in der Literatur verschiedene Grundsätze diskutiert (vgl. z.B. OECD 2002a, BUWAL 2003 u.a.), welche sich zu den folgenden drei Strategien zusammenfassen lassen:

1. Abbremsen bzw. Stoppen der fortschreitenden Zersiedlung,
2. Erhalten und Fördern der natürlichen und landschaftlichen Vielfalt, Abbremsen bzw. Stoppen der Habitatfragmentierung (inkl. Förderung des bestehenden Instrumentariums für den Natur- und Landschaftsschutz),
3. Wirtschaftliche Entwicklung im Nicht-Siedlungsraum.

Im Rahmen der Diskussion dieser Strategien werden verschiedene Massnahmen vorgeschlagen, die in der folgenden Tabelle skizziert werden. Da das Thema Erhalt von Natur und Landschaft bzw. Eindämmung des Flächenverbrauchs in der Vergangenheit weniger stark diskutiert wurde als die Themen Klima und Luftqualität, sind viele Wirkungszusammenhänge erst in den letzten Jahren erforscht worden bzw. wissenschaftlich noch nicht bestätigt. Deshalb sind auch die in der folgenden

Tabelle genannten Massnahmen in diesem Bereich weniger operationalisiert als im Themenbereich Klima und Luft. Eine weitergehende Konkretisierung und eine genauere Schätzung der ökologischen Wirksamkeit und der Wirkungen auf das Wirtschaftswachstum sollen im Rahmen von Vertiefungsstudien erfolgen (vgl. auch Kap. 5 zum weiteren Forschungsbedarf).

Tabelle 29: Zu prüfende Massnahmen zur Reduktion des Flächenverbrauchs und zur Förderung der Biodiversität.

Strategie	Potenzielle Massnahme	Trägerschaft	Zielgruppe	Wirksamkeit Massnahme	Wirkung auf Wachstum
Abbremsen bzw. Stoppen der fortschreitenden Zersiedlung	Flächennutzungszertifikate (u.a. Bizer 1995, 1998, Lendi 2003, Frey/Gmünder 2003, Staehelin-Witt 2003)	Bund	Verschiedene	Hoch bis mittel*	Unsicher
	Flächenverbrauchsabgaben (u.a. Bizer 1995, 1998, Lendi 2003, Frey/Gmünder 2003, Staehelin-Witt 2003)	Bund	Verschiedene	Hoch bis mittel**	Unsicher
	Kampagne für eine Änderung der Wohnkultur (Sennlaub 2003, z.B. Vergrösserung der Anzahl Personen pro Haushalt durch neue Wohnformen)	Kantone, Gemeinden	Haushalte	Mittel	Negativ
	Vermeehrt verdichtetes Bauen und Entwicklung nach innen; Verdichtung könnte auch um Haltepunkte des öV geschehen und kombiniert werden mit Zurückhaltung bei peripheren Einzonungen und Bebauungen	Gemeinden	Verschiedene	Mittel	Positiv
	Multifunktionale Flächennutzungen (Selwig 2000, Sennlaub 2003, z.B. Stadtteilbibliotheken, Seniorenbüros, Gesundheitszentren usw. an einem Ort) und entsprechende Raumplanung	Gemeinden	Gemeinden	Gering	Neutral
Erhalten und Fördern der natürlichen und landschaftl. Vielfalt, Abbremsen bzw. Stoppen der Habitatfragmentierung (inkl. Förderung des bestehenden Instrumentariums)	Erhaltung des Nichtsiedlungsgebietes im Sinne einer Minimalgrenze (siehe z.B. Thierstein/Lambrecht 1998, Schelske 2000, Selwig 2000)	Bund	Verschiedene	Hoch	Unsicher
	Neue Schutz-/ Wildnisgebiete, unzerschnittene Habitats als Schutzgüter, Verschlechterungsverbot für verbundene Biotope, Obergrenzen für Landschaftszerschneidung (Jaeger 2001; Kranz et al. o.J.).	Kantone	Gemeinde, Landwirte, andere	Hoch	Eher negativ
	Initiierung eines «Wettbewerbs um besondere Naturschutzleistungen» zwischen den Kantonen im Rahmen einer stärkeren Integration der landschaftlichen und biologischen Vielfalt in die Leistungabgeltung zwischen Bund und Kantonen (Köllner et al. 2002, Schelske 2000)	Bund, Kantone	Kantone	Hoch bis mittel**	Neutral möglich
	Überprüfung und Präzisierung der Schutzziele im Rahmen einer ganzheitlichen Regionalentwicklung (Landschaftsentwicklungskonzepte, PVK 2003)	Kantone	Gemeinden	Mittel	Neutral bis positiv
	Anreize, um in BLN-Gebieten Naturschutz auf Landwirtschaftsflächen zu fördern (PVK 2003)	Bund, Kantone	Landwirte	Mittel	Neutral
	Verankerung des BLN in Raumplanungspolitik, indem z.B. BLN-Gebiete in Konzepte/Sachpläne überführt werden (PVK 2003)	Bund, Kantone	Kantone, Gemeinden	Mittel	Neutral
Wirtschaftliche Entwicklung im Nicht-Siedlungsraum	Neue Natur- und Nationalparks, die über regionale Produkte eine Inwertsetzung der Naturleistungen anstreben	Bund, Kantone, Gemeinden	Verschiedene	Hoch	Positiv
	Verstärkung der Öffentlichkeitsarbeit, Schwerpunkt: Bedeutung Naturschutz für Regionalentwicklung und den naturnahen Tourismus (PVK 2003)	Bund, Kantone	Kant., Gem., Landwirt., Wirtschaft	Mittel	Positiv
	Förderung des naturnahen Tourismus und der biologischen Landwirtschaft mit integrierten Projekten wie z.B. im Rahmen von RegioPlus	Bund, Kantone, Gemeinden	Verschiedene	Hoch	Positiv

Legende:

\*: Abhängig von Ausgangsmenge.

\*\* : Abhängig von Höhe.

## Handlungsempfehlungen

Welche der Massnahmen, die im Rahmen der drei Strategien diskutiert werden, lassen am ehesten erwarten, dass die Umweltbelastungen im Bereich Natur und Landschaft reduziert werden, ohne die wirtschaftliche Entwicklung zu gefährden? Um diese Frage zu beantworten, müssen die Instrumentenvorschläge konkret ausgestaltet und dann genauer geprüft werden. In Abhängigkeit von der Ausgestaltung werden sich unterschiedliche Wirkungen der Instrumente ergeben. Im Sinne einer Konzentration der Kräfte können nicht alle möglichen Massnahmen zur weiteren Operationalisierung und Umsetzung vorgeschlagen werden. Ausserdem dürfte die politische Akzeptanz der Massnahmen stark unterschiedlich sein. Für das weitere Vorgehen ist deshalb eine Priorisierung der Massnahmen angebracht. Da die vorliegende Arbeit die Entkopplung von Umweltbelastung und Wirtschaftswachstum zum Ziel hat, erscheinen für die Priorisierung die folgenden Ordnungskriterien sinnvoll:

- In erster Linie sind für das weitere Vorgehen Massnahmen vorzuschlagen, die sowohl eine Verbesserung der Umweltqualität als auch positive Effekte auf das Wirtschaftswachstum erwarten lassen.
- Ausserdem sind Massnahmen vorzuschlagen, die eine spürbare Verbesserung der Umweltqualität bei noch neutraler oder zum gegenwärtigen Zeitpunkt unsicherer Wirkung auf das Wirtschaftswachstum erwarten lassen.

Diesen Ordnungskriterien liegt die Überlegung zugrunde, dass diejenigen Massnahmen im politischen Prozess höhere Umsetzungschancen bzw. eine höhere Akzeptanz haben, die als nicht wachstumsfeindlich gelten. In erster Linie empfehlen wir deshalb, die folgenden Massnahmen für eine etwaige Umsetzung näher zu betrachten:

- Einrichtung neuer Natur- und Nationalparks, die über regionale Produkte und Dienstleistungen eine sanfte Inwertsetzung der Naturleistungen anstreben. Durch die Ausweisung von neuen Schutz- bzw. Kernzonen innerhalb der Parks werden Flächen, die für den Erhalt von Landschaft und Biodiversität besonders wichtig sind, dem Zugriff von Aktivitäten entzogen, aus welchen eine Zerstörung von Landschaft und Biodiversität resultieren würde. Mit Hilfe von spezifischen Produkten, die nachhaltig erzeugt werden und für den Erhalt der Parkgebiete werben, kann die wirtschaftliche Entwicklung vorangetrieben werden. Beispiele können biologisch erzeugte Landwirtschaftsprodukte mit speziellen Naturparklabels, naturnahe Tourismusangebote, Handwerksprodukte u.a. sein.
- Förderung des naturnahen Tourismus und der biologischer Landwirtschaft mit integrierten Projekten wie z.B. im Rahmen von RegioPlus. Diese Massnahme zielt in eine ähnliche Richtung wie die zuvor genannte, ohne die Gründung spezifischer Natur- und Nationalparks anzustreben.

Ausserdem empfehlen wir, ebenso die folgenden Massnahmen für eine etwaige Umsetzung näher zu betrachten:

- Flächennutzungszertifikate: Derartige Zertifikate würden die Menge an Boden bzw. Fläche, die überbaut werden dürfte, nach oben hin begrenzen. Ein solches System würde einer Neuordnung der Bau- bzw. Nichtbauzonen gleichkommen. Der Aufwand für die Umsetzung wäre daher beträchtlich. Mit fortschreitender

Verknappung der freien Flächen würde der Preis für diese Flächen steigen. Hierdurch würde der Preis für die freien Flächen ein deutliches Signal zur Eindämmung der die Natur und Landschaft verbrauchenden Aktivitäten setzen. Beim Festlegen der Zertifikatmenge bzw. des handelbaren Bodnes wäre zu berücksichtigen, dass genügend Fläche nicht handelbar bleibt, damit Natur und Landschaft nicht übermässig beeinträchtigt werden (vgl. s Bizer 1998 und 1999, Lendi 2003, Frey/Gmünder 2003, Staehelin-Witt 2003). Forschungsbedarf zeigt sich in der konkreten Ausgestaltung des Zertifikatesystems. Es sollte erreicht werden, dass Flächennutzungszertifikate mindestens wachstumsneutral sind.

- Flächenverbrauchsabgaben: Dieses Instrument behält die bisherige Zonierung bei. Bestehende Flächen werden hinsichtlich ihrer Bedeutung für Natur und Landschaft bzw. für die Funktionsfähigkeit der Ökosysteme z.B. von einer unabhängigen wissenschaftlichen Stelle in verschiedene Kategorien eingestuft. Je nach Kategorie wird ein unterschiedlich hoher Abgabensatz erhoben, sofern eine Freifläche überbaut werden soll. Diejenigen Flächen, die für den Erhalt von Natur und Landschaft sehr wichtig sind, müssten mit entsprechend hohen Abgaben belegt werden (vgl. Bizer 1998 und 1999, Lendi 2003, Frey/Gmünder 2003, Staehelin-Witt 2003). Forschungsbedarf zeigt sich in der konkreten Ausgestaltung der Abgaben, wobei mindestens Wachstumsneutralität erreicht werden sollte. Ausserdem sollten die Abgaben staatsquotenneutral ausgestaltet werden.
- Als weiteres, eingehend zu betrachtendes Instrument schlagen wir die Initiierung eines «Wettbewerbs um besondere Naturschutzleistungen» zwischen den Kantonen im Rahmen der Leistungsabgeltungen zwischen Bund und Kantonen vor. Dieses Instrument berücksichtigt, dass die Kompetenz für den Natur- und Landschaftsschutz bei den Kantonen liegt. Diejenigen Kantone, die beim Erhalt von Natur und Landschaft die grössten Erfolge ausweisen, würden im Rahmen von finanziellen Zuweisungen des Bundes «belohnt» (vgl. Schelske 2000 und Köllner et al. 2003). Diese Zuweisungen sind staatsquotenneutral auszugestalten.
- Erhaltung des Nichtsiedlungsgebietes im Sinne einer Minimalgrenze. Die Systematik dieses Instruments ist mit der Systematik der Flächennutzungszertifikate vergleichbar. Hier werden diejenigen Flächen ordnungsrechtlich geschützt, deren Bestand für den Erhalt von Natur und Landschaft und für die Funktionsfähigkeit der Ökosysteme sehr wichtig ist.
- Eingriffe der Verkehrsinfrastruktur in Natur und Landschaft können durch Tieflage von Strassen und Schienentrassen bzw. durch Überdeckungen reduziert werden, allerdings zum Teil zulasten des Grundwassers und des Energieverbrauchs (Beleuchtung und Entlüftung von Tunneln) und zulasten der Wirtschaftlichkeit der Verkehrslösungen.
- Verhaltensänderungen in Richtung vermehrter Wahl der langsamen Verkehrsarten und des öffentlichen Verkehr könnten die Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft reduzieren.

#### 4.4 Vertiefungsbereich Materialverbrauch

Aus der Ursachenanalyse ging hervor, dass keine Entkopplung zwischen Materialverbrauch und wirtschaftlichem Wachstum stattgefunden hat. Die wichtigsten Gründe sind:

- Über den Zeitverlauf kaum gestiegene Preise,
- primär am stofflichen Output orientierte Politik in den 1980er und frühen 1990er Jahren.

Unterdessen sind sowohl auf schweizerischer als auch auf internationaler Ebene verstärkt am stofflichen Input orientierte Politiken in die Wege geleitet worden, die sich mit dem Begriff integrierte Produktpolitik (IPP) zusammenfassen lassen. IPP ist allerdings noch kein allgemein anerkannter und gefestigter Politikbereich. In der Schweiz hat die IPP vor allem Eingang in die Verwendung und Weiterentwicklung von Ökobilanzen und in das öffentliche Beschaffungswesen gefunden (BUWAL 2001). Zur Verminderung des Materialverbrauchs werden somit zwei grundlegende Strategien vorgeschlagen (vgl. Bringezu 2002, Schütz/Welfens 2000 und Bartelmus 2002):

1. Erhöhen der Ressourceneffizienz (bzw. Vermindern der Materialintensität) über den gesamten Lebenszyklus hinweg (Vorstufen der Herstellung, Herstellung, Transporte, Verwendung und Entsorgung) und Integration von wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Aspekten, im Rahmen der Festigung bzw. Etablierung einer integrierten Produktpolitik (IPP),
2. Verstärkter Einsatz von erneuerbaren Ressourcen.

Wie die Ursachenanalyse zeigte, sind die Import- und Produktpreise über den Zeitverlauf kaum gestiegen, und gaben deshalb keine Signale zur Verminderung des Materialverbrauchs. Viele der in der Literatur vorgeschlagenen Instrumente setzen am Preisgefüge an. Diese Instrumente sind jedoch sehr neuartig und innovativ, weshalb aus unserer Sicht vor einer Operationalisierung noch Forschungsbedarf besteht. Beispiele für solche Instrumente sind Material-Input-Abgaben (z.B. auf Metalle, industrielle Mineralien, Baustoffe und andere Materialien) oder Materialverbrauchs-zertifikate für ähnliche Materialien. Hierdurch würden Materialien in Abhängigkeit von den Umweltschäden, die bei ihrem Abbau entstehen, preislich unterschiedlich verteuert oder mengenmässig verknappt.

Zu bedenken ist allerdings, ob die Preise an den internationalen Materialmärkten die Knappheiten nicht doch adäquat widerspiegeln. In einem solchen Fall würden bei einer entsprechenden Verknappung die Material- (bzw. Rohstoff-)preise ansteigen und Substitutionsaktivitäten der Wirtschaft hervorrufen. Bis zu einem solchen Zeitpunkt würden die Materialien jedoch weiterhin in grossem Ausmass abgebaut werden, mit den entsprechenden negativen Umweltwirkungen am Abbauort. Unter Umständen wird eine Verknappung von den Märkten jedoch nicht früh genug wahrgenommen, weshalb schockartige Preissteigerungen mit entsprechend negativen Wirkungen auf die wirtschaftliche Entwicklung stattfinden könnten. Um einer solchen Situation vorzubeugen, kommt verschiedenen anderen, nicht preislich



steuernden Massnahmen zur Festigung der IPP zur Zeit eine grosse Bedeutung zu (vgl. auch Bringezu 2002, Schütz/Welfens 2000 und Bartelmus 2002). Um die zu erwartenden Wirkungen dieser Massnahmen abzuschätzen, müssen sie jedoch konkreter ausgestaltet werden, als es im Rahmen dieser Arbeit möglich wäre. In Abhängigkeit von der Ausgestaltung werden sich unterschiedliche Wirkungen der Instrumente ergeben. Hervorzuheben ist, dass den Baustoffen angesichts ihrer grossen Bedeutung für die MFA der Schweiz ein besonderes Augenmerk geschenkt werden sollte. Als vertieft zu prüfende Massnahmen schlagen wir vor:

- Schonung der nicht erneuerbaren Ressourcen, indem Baumaterialien aus erschöpflichen Ressourcen (Kies usw.) durch den Einsatz von weniger erschöpflichen Ressourcen (Kalkstein, Ton, Quarz) oder nachwachsenden Materialien (Holz) ersetzt oder z.B. auch Recyclate (Altpapier als Wärmedämmungsmaterial, Recyclingbeton) verwendet werden (sia 2000),
- generell sparsamer Materialeinsatz z.B. durch Leichtbauweise (sia 2000),
- wirtschaftliche Nutzung der in alten Bauwerken vorhandenen Baustoffe; hierbei sollten «Kontaminationen» der Baustoffe (u.a. schadstoffhaltige Oberflächenbehandlungen, Asbest, PCB-haltige Kondensatoren) vermieden, der spätere Rückbau und die Wiederverwendbarkeit der Materialien bereits bei Planung und Ausführung berücksichtigt werden (sia 2000),
- Forschungs- und Entwicklungsprogramme für «materialschlanke» und ressourceneffiziente Produktionsverfahren und Produkte,
- Integration der IPP (Ressourceneffizienz über den gesamten Lebenszyklus u. a.) in die Ausbildung von Ingenieuren, Ingenieurinnen und anderen Fachleuten an ETHs und Universitäten, wobei auch ein Fokus auf die Planung des Einsatzes von weniger erschöpflichen oder nachwachsenden Ressourcen bzw. Recyclaten gelegt werden sollte,
- in Analogie zur Energieetikette: Entwicklung einer Materialetikette, welche auch die bereits bestehenden Produkte hinsichtlich ihrer Ökobilanz vergleicht und bewertet und den Konsumenten und Konsumentinnen Entscheidungshilfen bietet, um Produkte zu erwerben, die möglichst materialeffizient sind; hier könnte auch mit den Konsumentenorganisationen zusammengearbeitet werden und entsprechende Verbraucherkampagnen wären zu lancieren,
- Vernetzung derjenigen Akteure, die sich in der Schweiz für materialeffiziente Produkte und Produktionsverfahren interessieren, daran forschen oder solche bereits produzieren, inklusive der Erstellung der entsprechenden Grundlagen für eine solche Vernetzung (Erstellung von Datenbanken u.a.),
- verstärkte Zusammenarbeit von staatlichen Akteuren mit den entsprechenden Verbänden und Interessenvertretungen wie z.B. economiesuisse, sia, u.a., um die Förderung der Materialeffizienz und Nachhaltigkeit im produzierenden Gewerbe, in Industrie und Bauwirtschaft voranzubringen.

Solche Massnahmen stützen die Wettbewerbsfähigkeit des Werkplatzes Schweiz, der sich nicht durch tiefe Lohn- und Produktionskosten auszeichnet, sondern seine Bedeutung vom Ideenreichtum und der Erfindungs- und Gestaltungskraft der Ingenieure, Produktentwickler und Designer her gewinnt. In wirtschaftlichen Phasen, in denen wie jetzt bestehende Produktionsschritte und -verfahren von Industrieunter-

nehmen verstärkt in Länder mit tiefen Lohn- und Produktionskosten ausgegliedert werden, kann eine hoch entwickelte und reife Volkswirtschaft nur bestehen, wenn sie kontinuierlich neue Produkte und Verfahren entwickelt.

#### **4.5 Fazit**

Das Ziel einer möglichst absoluten Entkopplung aller Umweltbelastungen vom wirtschaftlichen Wachstum setzt voraus, dass die Emissionen bzw. die Umweltinanspruchnahme dauerhaft sinken und das Wirtschaftswachstum gleichzeitig möglichst ungebremst bleibt. Die Ursachenanalyse für vier verschiedene Vertiefungsbereiche hat gezeigt, dass in den Bereichen Klima, Flächenverbrauch und Materialverbrauch das Wachstum der wirtschaftlichen Aktivitäten einen bedeutenden negativen Einfluss auf die Entwicklung der jeweiligen Umweltbelastung ausübt, während im Bereich Luft der Wachstumseffekt eine untergeordnete Rolle spielt. In den Bereichen Flächenverbrauch und Materialverbrauch werden die ökologisch negativen Auswirkungen des Wachstumseffekts durch eine verminderte Nutzungseffizienz zusätzlich verstärkt.

Die Umweltpolitik muss also in den vom Wachstum stark beeinflussten Umweltbereichen umso effektiver sein, d.h. der technische Fortschritt und Strukturwandel (inkl. Modal-Shift im Verkehr) müssten in einem solchen Ausmass forciert werden, dass sie den Wachstumseffekt überkompensieren. Die wirtschaftlichen Aktivitäten sollten dabei nicht gebremst, sondern vielmehr in eine umweltgerechte Richtung gelenkt werden. Durch das Auslösen von Innovations- und Investitionsprozessen kann das wirtschaftliche Wachstum sogar beschleunigt werden. Die umweltpolitischen Massnahmen für eine erfolgreiche Entkopplungsstrategie werden demnach sowohl an ihrer hohen Wirksamkeit als auch an ihrer wirtschaftlichen Effizienz gemessen.

Diese Strategie beinhaltet demnach in erster Linie den Einsatz marktwirtschaftlicher Instrumente des Umweltschutzes als Beitrag zu einer effizienzorientierten Umweltpolitik. Dass ökonomische Instrumente trotz ihres beginnenden Einsatzes ab dem Ende der 90er Jahre noch immer nicht ausreichend zur Anwendung kommen, wird in der Ursachenanalyse für die Vertiefungsbereiche sehr gut deutlich: Die Zunahme der Umweltbelastung spiegelt sich nicht oder nicht vollständig in Preisveränderungen wider. Erst wenn der Internalisierungsgrad in allen problematischen Umweltbereichen ansteigt, wird die angestrebte Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung erreichbar sein. Hält die umfassende Internalisierung darüber hinaus auch dauerhaft an, so kann der langfristige Wachstumsprozess mit Umweltentlastungen einhergehen.

## 5 Weiterer Forschungsbedarf

Als ein Fazit dieser Teilstudie kann festgehalten werden, dass eine Abkopplung der Umweltbelastungen von der wirtschaftlichen Entwicklung grundsätzlich möglich ist. Sie ist jedoch nicht quasi-automatisch erreichbar, sondern erfordert den Einsatz von Politikmassnahmen. Damit ist letztlich – was nicht überraschen kann – das Vorhandensein eines entsprechenden gesellschaftspolitischen Konsenses gefragt. In diesem Sinne besteht hinsichtlich einer erfolgreichen Entkopplung vor allem weiterer Forschungsbedarf im Bereich des Zusammenhangs zwischen wirtschaftlicher Entwicklung und *Umweltpolitik*. Dabei wären insbesondere folgende Forschungsfragen zu vertiefen:

- Wie sind die bisher eingesetzten umweltpolitischen Instrumente hinsichtlich ihrer Wirkungen auf die Umweltqualität und auf das Wirtschaftswachstum zu beurteilen?
- Wie können die neu vorgeschlagenen Instrumente konkret operationalisiert und dahingehend ausgestaltet werden, dass von ihnen ein neutraler oder gar positiver Einfluss auf das Wirtschaftswachstum ausgeht und gleichzeitig das Ziel der Entkopplung erreicht wird? Je nach Ausgestaltung werden sich unterschiedliche Wirkungen der Massnahmen ergeben.
- Welche Wirkungen sind von den im Rahmen der Entkopplungsstrategie neu vorgeschlagenen Instrumenten zu erwarten (ex-ante-Analyse über zu erwartende Wirkungen hinsichtlich einer Verbesserung der Umweltqualität und des Einflusses auf das Wirtschaftswachstum)?
- Welche Möglichkeiten zur Erhöhung der politischen Akzeptanz der vorgeschlagenen Instrumente bestehen?
- In welchen Bereichen ist Entkopplung mit wenig und wo mit viel administrativem Aufwand verbunden?

Die nähere Betrachtung der vorgeschlagenen Massnahmen kann sich z.B. aus den folgenden Teilschritten zusammensetzen:

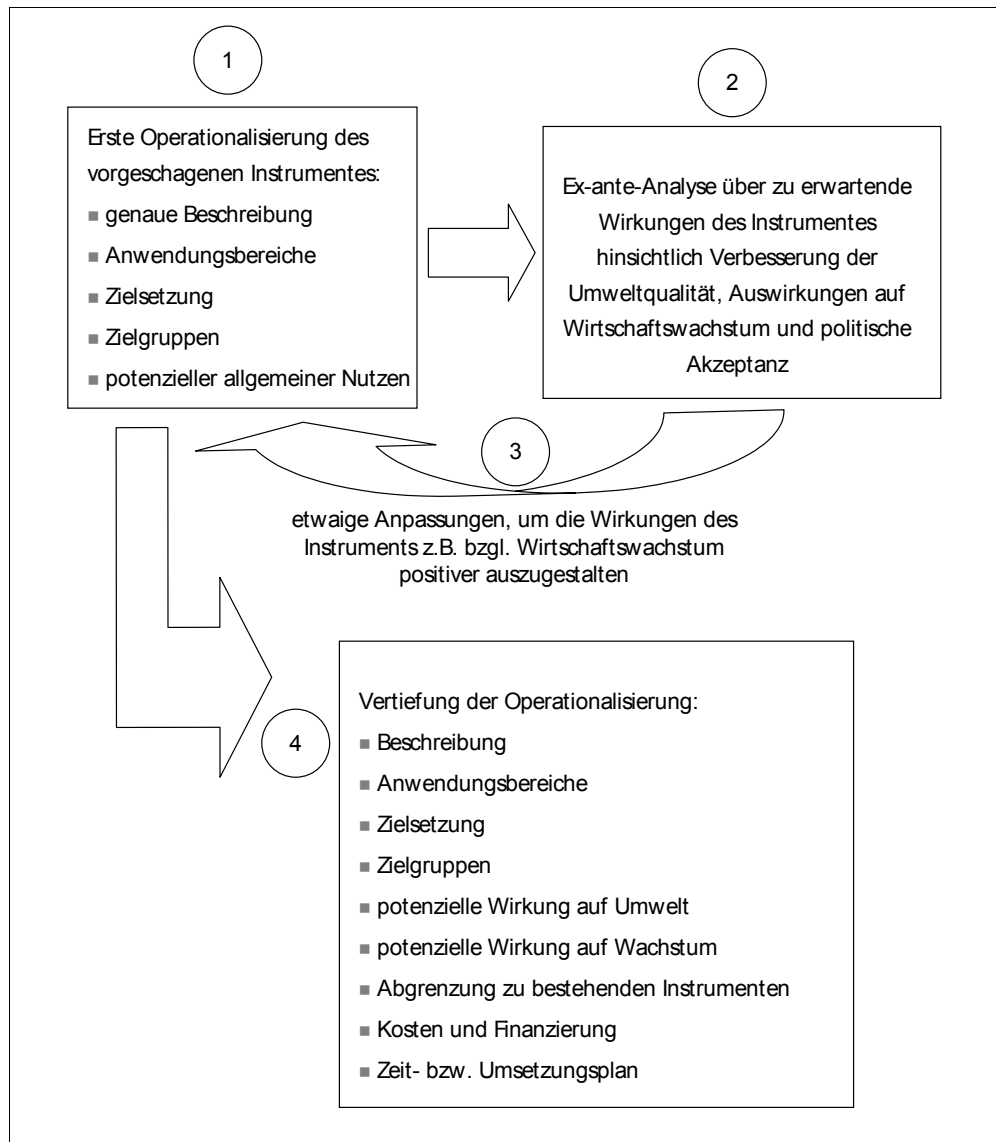


Abb. 69:  
Weitere Schritte zur  
Umsetzung der Hand-  
lungsempfehlungen.

Weitere relevante Forschungsfragen mit Bezug auf Möglichkeiten, Zukunftsentwicklungen und Strategien für die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung sind:

1. Analyse weiterer Vertiefungsbereiche: Insbesondere wäre aus unserer Sicht eine vertiefte Analyse folgender Vertiefungsbereiche von hoher Bedeutung:
  - Lärm: Die Lärmbelastung, primär im Zusammenhang mit Strassen- und Flugverkehr, wird in Zukunft noch mehr an gesellschaftlicher Relevanz gewinnen. Am Beispiel der Lärmbelastung des Verkehrs lässt sich klar zeigen, wie in gewissen Bereichen eine Entkopplung ausgesprochen schwierig zu erreichen ist: Die Befürwörter eines möglichst ungehinderten Strassen- oder Flugverkehrs argumentieren mit den positiven wirtschaftlichen Auswirkungen des

Verkehrs als Wachstumsmotor, während die Gegner bzw. die Betroffenen die negativen Umweltbelastungen ins Feld führen. Bei den Umweltbelastungen steht neben den bereits untersuchten Bereichen Klima, Luft und Flächenverbrauch der Lärm im Vordergrund. Eine entsprechende vertiefte Analyse dieses Bereichs wäre deshalb dringend notwendig.

- Wasser: Die «klassischen» Wasserverunreinigungen, die mit den im Kap. 2.1.4 analysierten Belastungsindikatoren gemessen werden (Phosphate, Nitrate, BOD-Emissionen), sind nicht restlos, aber zum grossen Teil gelöste Probleme. Hier konnte eine Entkopplung weitgehend erreicht werden. Hingegen stellen neue Stoffe (Antibiotika, hormonaktive Stoffe) wegen ihrer Vielfalt, der schwierigen Analytik und der grösstenteils unbekanntem Wirkungszusammenhänge neue Herausforderungen dar. Diese Stoffe, die in wertschöpfungsstarken und für die Schweiz bedeutenden Branchen hergestellt werden, stellen ein weiteres Beispiel einer schwierigen Entkopplung zwischen Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung dar. Aufgrund ihrer Bedeutung für die Zukunft wäre eine vertiefte Analyse der aktuellen Lage, der Trends und der Entkopplungsmöglichkeiten für diese neuen Belastungen empfehlenswert.
2. Ein weiterer Schwerpunkt im Hinblick auf den weiteren Forschungsbedarf betrifft die Möglichkeiten einer Entkopplung, die nicht beim Technik- (technischer Fortschritt) oder dem Struktureffekt (Strukturwandel im weitesten Sinne), sondern direkt beim Wachstumseffekt ansetzt. Es geht also darum, die Frage detailliert zu untersuchen, inwieweit gewisse Aktivitätsraten (Verkehrsleistung, Wohnungsbau) gebremst bzw. substituiert werden können, ohne negative Auswirkungen auf das BIP-Wachstum zu zeitigen.
  3. Schliesslich empfehlen wir, die Analyse der Zukunftstrends zu vertiefen. Im vorliegenden Bericht wurden für die Vertiefungsbereiche (Kap. 3.2–3.5) qualitative Zukunftstrends angegeben. Die Angaben basieren auf vorliegenden Studien oder auf eigenen Schätzungen. Damit die aus Sicht Entkopplung richtigen umweltpolitischen Instrumente priorisiert werden (d.h. diejenigen, die die künftig wichtigsten Umweltbelastungen zu begrenzen beabsichtigen und das Wirtschaftswachstum fördern oder zumindest nicht einschränken), ist es wichtig, möglichst fundierte Angaben über langfristige Zukunftstrends zusammenzustellen. In der hier vorgeschlagenen Vertiefungsarbeit ginge es darum, eine gründlichere Analyse bestehender Quellen zusammenzustellen, die (jeweils in Szenarien) auf folgende Aspekte eingehen:
    - a) Abschätzung der langfristigen Trends für alle Umweltindikatoren,
    - b) Abschätzung der langfristigen Trends für die Wertschöpfung (differenziert nach Branchen und Regionen),
    - c) Abschätzung der langfristigen Trends für weitere umweltrelevante Aktivitäten,
    - d) Bildung von «wild cards» (unvorhergesehene Ereignisse) und Abschätzung ihrer Auswirkungen.



# Anhang

Bei einer Betrachtung des Endenergieverbrauchs nach Verursachergruppen zeigt sich, dass zwischen BIP und Energieverbrauch aufgrund der Verkehrsentwicklung keine Entkopplung stattgefunden hat. Der Endenergieverbrauch des Verkehrs entwickelte sich sehr ähnlich wie das reale BIP (der Rückgang im Jahr 2001 ist möglicherweise auf den Einbruch im Luftverkehr zurückzuführen; vgl. vertiefende Analyse in Abschnitt 3.2.3). Bei den anderen Verbrauchergruppen kann zumindest bis 1998 von einer relativen Entkopplung gesprochen werden. Ab 1999 fand eine Modifizierung der Untergliederung der Sektoren Industrie sowie Gewerbe/Landwirtschaft und Dienstleistungen statt, weshalb die Werte für diese Sektoren aggregiert wurden, um die Vergleichbarkeit mit den Vorjahren zu gewährleisten (Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2002).

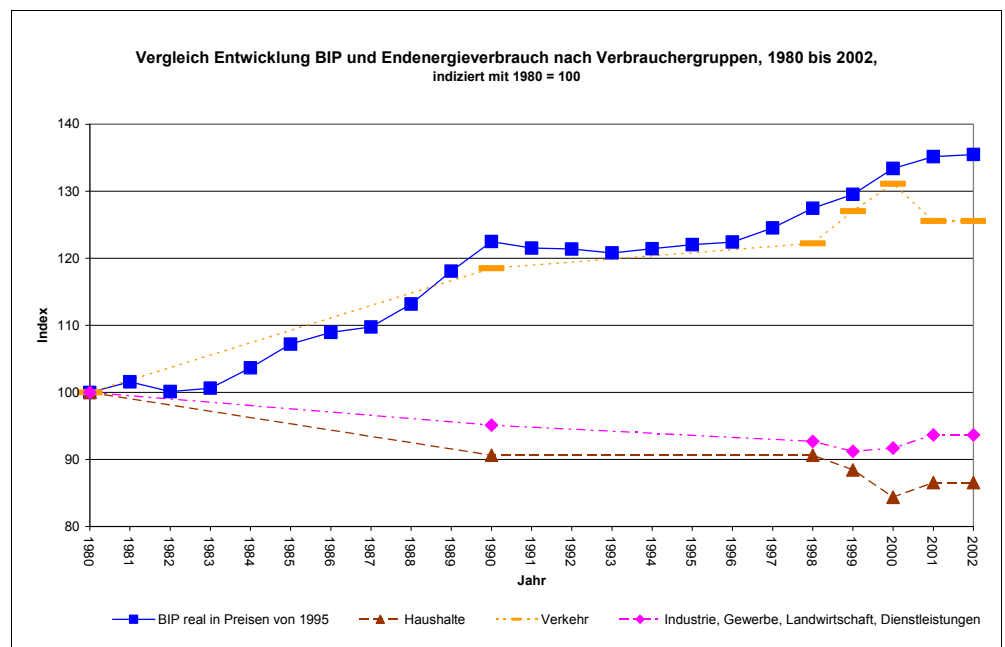


Abb. A1-1:  
Vergleich Entwicklung BIP und Endenergieverbrauch nach Verbrauchersgruppen, 1980–2002, indiziert mit 1980 = 100.

Datenquelle: Gesamtenergiestatistik Schweiz, Weltbank 2003.

Weitere interessante Ergebnisse zeigen sich bei einer Differenzierung des Energieverbrauchs nach Energieträgern.

- Beim Verbrauch von Heizöl lässt sich im Vergleich mit dem BIP eine relative Entkopplung feststellen. Der Bruttoenergieverbrauch dieses Energieträgers stieg leicht (von 521 PJ 1980 auf 531 PJ 2002), der Endenergieverbrauch ging von rund 310 PJ 1980 auf rund 218 PJ 2002 zurück.
- In absoluten Zahlen stark gewachsen ist der Verbrauch von durch Gas und durch Kernbrennstoffe erzeugter Energie.<sup>52</sup>
- Auch bei den Treibstoffen und der Elektrizität kann nicht von einer Entkopplung zur Entwicklung des BIP gesprochen werden. Von rund 179 PJ 1980 nahm der

<sup>52</sup> Gas: Bruttoenergieverbrauch von 40 PJ 1980 auf 104 PJ 2002, Endenergieverbrauch von rund 338 PJ auf 972 PJ 2002; Kernbrennstoffe: Bruttoenergieverbrauch von 153 PJ 1980 auf 280 PJ 2002.

Endenergieverbrauch durch Treibstoffe auf rund 280 PJ 2002 zu, bei der Elektrizität von rund 127 PJ 1980 auf 195 PJ 2002.

Ausserdem sei angemerkt, dass die Nutzung erneuerbarer Energien seit 1990 ebenfalls ein starkes Wachstum verzeichnet hat, allerdings auf relativ niedrigem Niveau.

Abb. A1-2:  
Vergleich Entwicklung BIP und Bruttoenergieverbrauch nach verschiedenen Energieträgern, 1970-2002, indiziert mit 1970 = 100.

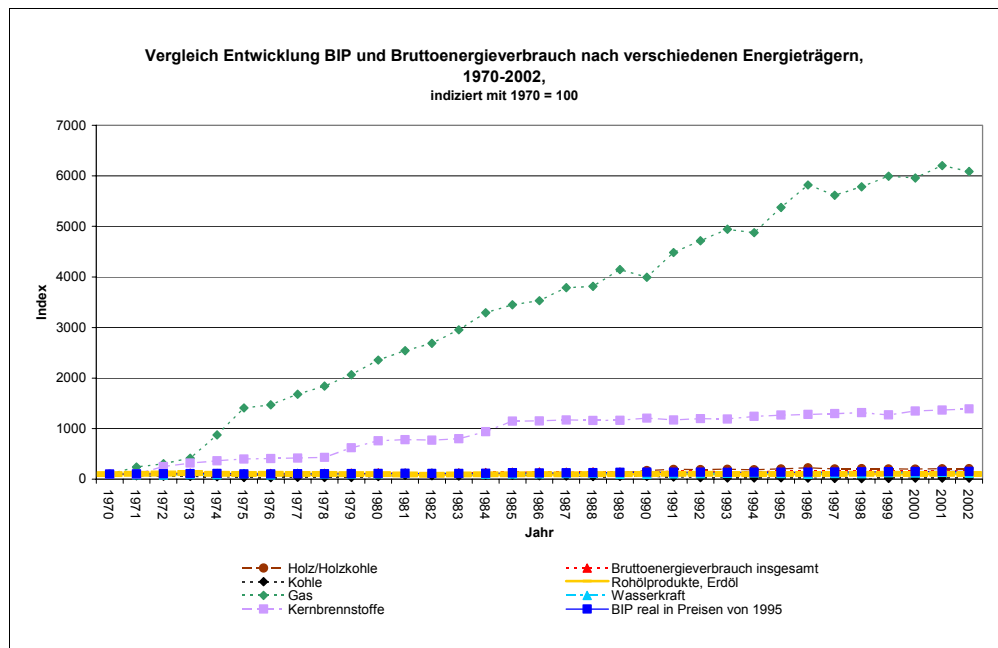
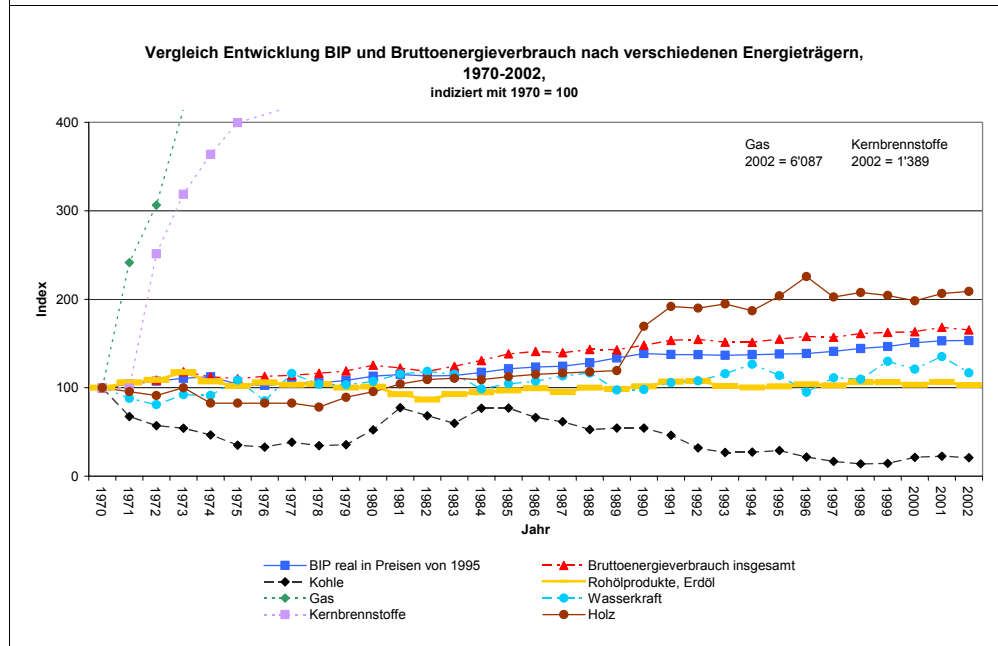


Abb. A1-3:  
Vergleich Entwicklung BIP und Bruttoenergieverbrauch nach verschiedenen Energieträgern, 1970-2002, indiziert mit 1970 = 100.



Datenquelle: Gesamtenergiestatistik Schweiz, Weltbank 2003.



Abb. A1-4:  
Vergleich Entwicklung BIP und Endenergieverbrauch (insgesamt und nach verschiedenen Energieträgern), 1970–2002, indiziert mit 1970 = 100.

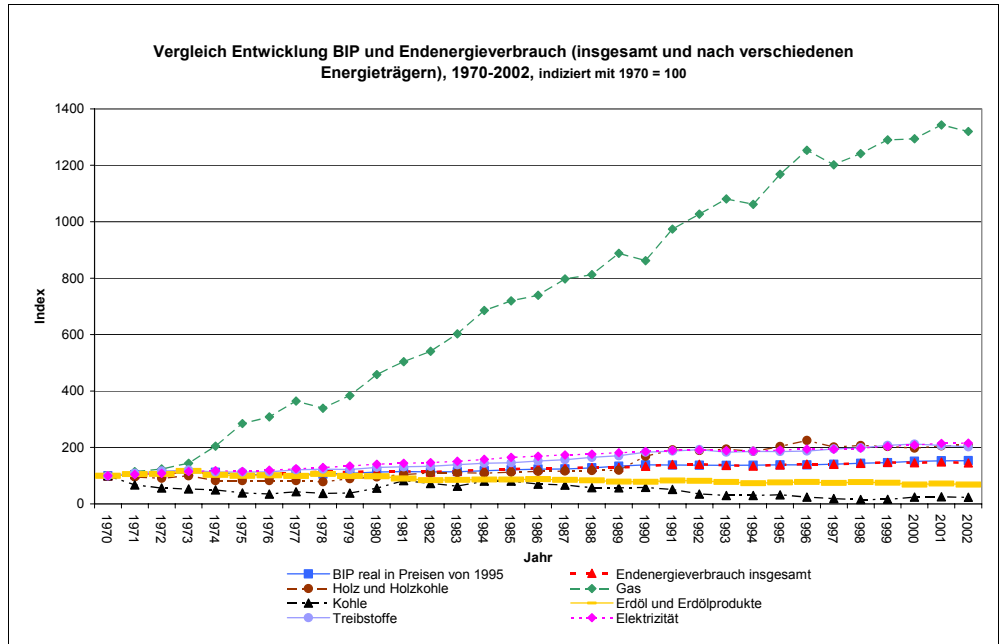
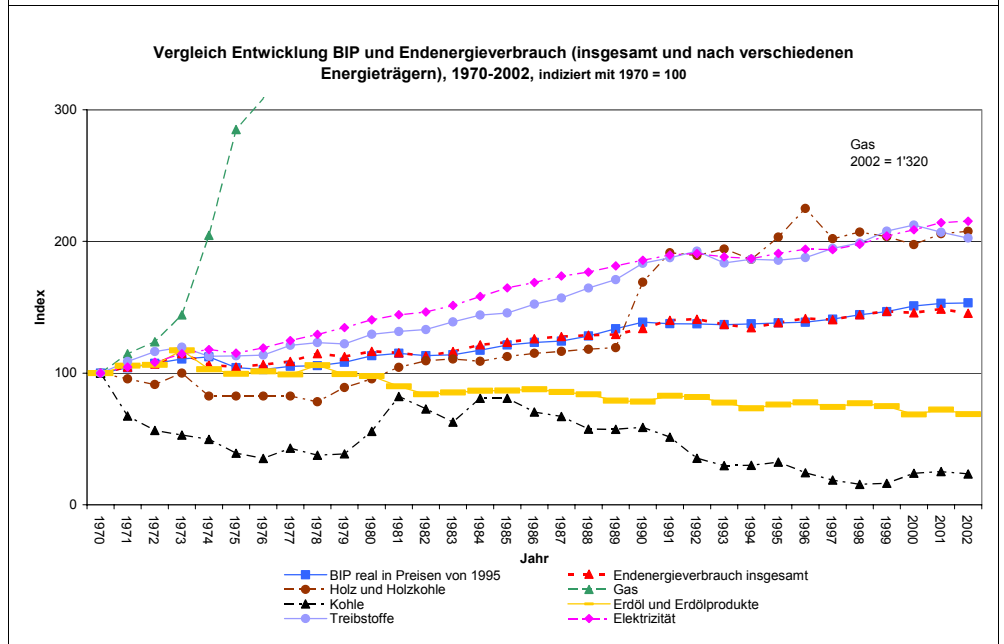


Abb. A1-5:  
Vergleich Entwicklung BIP und Endenergieverbrauch (insgesamt und nach verschiedenen Energieträgern), 1970–2002, indiziert mit 1970 = 100.



Datenquelle: Gesamtenergiestatistik Schweiz, Weltbank 2003.

Die differenzierte Betrachtung nach Verbrauchergruppen ergibt, dass insbesondere durch den gestiegenen Energieverbrauch des Verkehrs keine Entkopplung zum Wachstum des BIP stattfand. Die Betrachtung nach Energieträgern zeigt, dass vor allem beim Gas, bei der Kernenergie und den Treibstoffen (Verkehr) keine Entkopplung stattfindet, hingegen beim Rohöl bzw. bei -produkten und der Kohle.



# Verzeichnisse

## 1 Literatur

- AGRAS J., CHAPMAN D. 1999: *A dynamic approach to the Environmental Kuznets Curve hypothesis*. In: Ecological Economics 28, 267–277.
- ANSUATEGI A. 2000: *Economic Growth and Environmental Quality: A Critical Assessment of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis*. Thesis, University of New York, Environment Department.
- APEL D., BÖHME C., MEYER U., PREISLER-HOLL L. 2000: *Szenarien und Potenziale einer nachhaltig flächensparenden und landschaftsschonenden Siedlungsentwicklung*. Berlin.
- ARE 2003A: *Monitoring Urbaner Raum Schweiz. Themenkreis A1 (Entwicklung der Schweizer Städte und Agglomerationen), Themenkreis A/ (Siedlungsentwicklung nach innen und Siedlungserneuerung), Themenkreis B1 (Der städtische Raum im Vergleich zum ländlichen Raum)*. Synthese-Dokumente. Versionen 01.03, Bern 2003.
- ARE 2003b: *Practice and Experience with Implementing Transport Pricing Reform in heavy goods transport in Switzerland*. Bundesamt für Raumentwicklung. Bern. Im Internet unter URL: <http://www.are.admin.ch/imperia/md/content/are/gesamtverkehr/verkehrspolitik/21.pdf> [1.3.2004].
- ARE 2003C: *Bestrebungen des Bundes im Freizeitverkehr*. Inputreferat von Dr. Ulrich Seewer anlässlich der internationalen Veranstaltung «Tourismus und Verkehr» vom 21./22. August 2003 in Samedan. Im Internet unter URL: <http://www.are.admin.ch/imperia/md/content/are/gesamtverkehr/verkehrspolitik/freizeitverkehr/77.pdf>. [30.03.2004]
- ARE/BFS 2001: *Mobilität in der Schweiz – Ergebnisse des Mikrozensus 2000*. Bundesamt für Raumentwicklung und Bundesamt für Statistik. 2001. Im Internet unter URL: [http://www.bfs.admin.ch/stat\\_ch/ber11/dtff11.htm](http://www.bfs.admin.ch/stat_ch/ber11/dtff11.htm) [19.3.2004].
- BAART I., COLARD A., EICHINGER M., MÜLLAUER R., PALER M., SCHEMBERA E., SCHMIEDL C., STADLER W., ZIKA M., EISENMENGER N., KRAUSMANN F. 2003: *Eine Materialflussanalyse (MFA) für die Schweiz. Institute for Interdisciplinary Studies of Austrian Universities. IFF-Social Ecology. Sommersemester 2003: sozialökologische Methoden II*, Wien 2003.
- BALDWIN R. 1995: *Does Sustainability Require Growth?* In: Goldin, I./Winters, L. A. (Hrsg.): *The Economics of Sustainable Development*. New York: Cambridge University Press, S. 51–78.
- BARBAULT R., SASTRAPADJA S.D. 1995: *Generation, maintenance and loss of biodiversity*. In: UNEP (1995): Heywood, V.H.; Watson, R.T. (Hrsg.): *Global biodiversity assessment*. Cambridge. S. 193–274.
- BARRETT S., GRADDY K. 2000: *Freedom, growth and the environment*. In: *Environment and Development Economics* 2, 369–381.
- BARRETT S.C.H., KOHN J.R. 1991: *Genetic and evolutionary consequences of small population size in plants: implications for conservation*. In: Falk, D.A.; Holsinger, K.E. (Hrsg.): *Genetics and Conservation of Rare Plants*. New York. S. 3–30.
- BARTELMUS P. 2002: *Dematerialization and Capital Maintenance: Two Sides of the Sustainability Coin*. Wuppertal Papers No. 120. Januar 2002. Wuppertal.
- BECKERMAN W. 1992: *Economic growth and the environment: whose growth? Whose environment?* In: *World Development* 20, 481–496.

- BENGOCHEA-MORANCHO A., HIGÓN-TAMARIT F., MARTINEZ-ZARZOSO I. 2001: *Economic Growth and CO<sub>2</sub> Emissions in the European Union*. In: *Environmental and Resource Economics* 19, 165–172.
- BFE 1999: *Schweizerische Gesamtenergiestatistik 1998*. Bundesamt für Energie. Bern 1999. Im Internet unter URL: <http://www.energie-schweiz.ch/internet/02386/index.html?lang=de> [19.3.2004].
- BFE 2003A: *Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2002*. Bundesamt für Energie. Bern 2003. Im Internet unter URL: <http://www.energie-schweiz.ch/internet/02386/index.html?lang=de> [19.3.2004].
- BFE 2003B: *VISION 2050: Nachhaltige Energieversorgung und Energienutzung in der Schweiz*. Studie von Factor Consulting & Management AG und Econcept AG im Auftrag des Bundesamts für Energie. April. Bern.
- BFS 2000: *Umwelt Schweiz – Statistiken und Analysen*. Bundesamt für Statistik. Im Internet unter URL: [http://www.bfs.admin.ch/stat\\_ch/ber02/env\\_ch/denv01-02.htm](http://www.bfs.admin.ch/stat_ch/ber02/env_ch/denv01-02.htm) [19.3.2004].
- BFS 2004: *Verkehr und Nachrichtenwesen: Kurz und bündig*. Verkehrsleistungen in Mio. Tonnenkilometer bzw. in Mio. Personenkilometer. Im Internet unter URL: [http://www.bfs.admin.ch/stat\\_ch/ber11/dufr11.htm](http://www.bfs.admin.ch/stat_ch/ber11/dufr11.htm) [2.3.2004].
- BUWAL 2001: *Integrierte Produktpolitik in der Schweiz, Statusbericht*. Bern.
- BINDER M. 1999: *Wachstum, Strukturwandel und Umweltschutz*. Freie Universität Berlin, FFU-Report 99–5. Berlin.
- BINSWANGER M. 1993: *Gibt es eine Entkopplung des Wirtschaftswachstums von Naturverbrauch und Umweltbelastungen? Daten zu ökologischen Auswirkungen wirtschaftlicher Aktivitäten in der Schweiz von 1970 bis 1990*. Diskussionsbeiträge des Instituts für Wirtschaft und Ökologie (IWÖ) Nr. 12, Hochschule St. Gallen.
- BINSWANGER M. 1994: *Ökologisch relevante Trends des wirtschaftlichen Strukturwandels und ihre Auswirkungen auf den Energieverbrauch*. Analyse der Entwicklung in der Schweiz seit den 70er Jahren. Diskussionsbeiträge des Instituts für Wirtschaft und Ökologie (IWÖ) Nr. 16, Hochschule St. Gallen.
- BINSWANGER M. 2004: *Time-Saving Innovations and Their Impact on Energy Use: Some Lessons from a Household-Production-Function Approach*. Erscheint demnächst im *International Journal of Energy Technology and Policy*, Vol.2, No.3 (2004).
- BIZER K. 1995: *Von der Grundsteuer zur Flächensteuer*. In: *Ökologische Steuerreform: Steuern in der Flächennutzung. Von der klassischen Flächennutzung zur Steuer mit umweltpolitischer Lenkungsabsicht*. Ewringmann, D. (Hrsg.). Finanzwissenschaftliche Forschungsarbeiten, N.F. Bd. 63. Berlin. S. 137–179.
- BIZER K., BERGMANN E. 1998: *Steuerung der Flächeninanspruchnahme über preisliche Anreize*. In: *Zeitschrift für angewandte Umweltforschung*. Jg. 11. H. 3/4, S. 358–377.
- BORGHESI S. 2000: *Income Inequality and the Environmental Kuznets Curve*. Fondazione ENI Enrico Mattei, Milan. Nota di lavoro 83.2000.
- BRINGEZU S. 2002: *Towards Sustainable Resource Management in the European Union*. Wuppertal Papers No. 121. Januar 2002. Wuppertal.
- BUNDESAMT FÜR STATISTIK 2004: *Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen 1985 und 1990; und Produktionskonto nach Branchen (NOGA), 1997 bis 2001*. Datenlieferung per E-Mail an EBP vom 2. März 2004.

- BUWAL 1998: *Nationaler Bericht der Schweiz zum Übereinkommen über die biologische Vielfalt*.
- BUWAL 2003A: *Prüfbericht zum Postulat Stump «Schwere Nutzfahrzeuge, Partikelfilter»*. Interdepartementale Arbeitsgruppe «Postulat Stump». 17. März. Bern. Im Internet unter URL: <http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/luft/fachgebiet/d/verkehr/3.pdf> [17.3.2004].
- BUWAL 2003B: *Landschaft 2020. Analysen und Trends*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 352, Natur und Landschaft.
- BUWAL 2003C: *Treibhausgasinventar der Schweiz*. Auch im Internet unter URL: <http://www.klima-schweiz.ch/thg-inventar> [2.3.2004].
- CARSON R., JEON Y., MCCUBBIN D.R. 1997: *The relationship between air pollution emissions and income: US data*. In: *Environment and Development Economics* 2, 433–450.
- CAVLOVIC, T.A., BAKER K.H., BERRENS R.P., GAWANDE K. 2000: *A Meta-Analysis of Environmental Kuznets Curve Studies*. In: *Agricultural and Resource Economics Review* 29 (1), 32–42.
- CHAPIN F.S. III, SALA O.E., BURKE I.C., GRIME J.P., HOOPER D.U., LAUENROTH W.K., LOMBARD A., MOONEY H.A., MOSIER A.R., NAEEM S., PACALA S.W., ROY J., STEFFEN W.L., TILMAN D. 1998: *Ecosystem Consequences of Changing Biodiversity*. In: *BioScience*. Vol. 48, No.1., S. 45–52.
- CHARLESWORTH, D., CHARLESWORTH B. 1987: *Inbreeding depression and its evolutionary consequences*. In: *Annual Reviews of Ecology and Systematics*. Vol. 18. S. 237–268.
- COLE M.A., RAYNER A.J., BATES J.M. 1997: *The environmental Kuznets curve: an empirical analysis*. In: *Environment and Development Economics* 2, 401–416.
- DAY K.M., GRAFTON R.Q. 2002: *Growth and the Environment in Canada: An Empirical Analysis*. Online im Internet: URL: [http://een.anu.edu.au/download\\_files/een0207.pdf](http://een.anu.edu.au/download_files/een0207.pdf) [03.12.2003].
- DE BRUYN S.M., VAN DEN BERGH J.C., OPSCHOOR J.B. 1998: *Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves*. In: *Ecological Economics* 25, 161–175.
- DE BRUYN S.M. 1997: *Explaining the environmental Kuznets curve: structural change and international agreements in reducing sulphur emissions*. In: *Environment and Development Economics* 2, 485–503.
- DE BRUYN S.M. 2000: *Economic Growth and the Environment: An Empirical Analysis*. Economy and Environment Volume 18. Dordrecht, Boston and London: Kluwer Academic Publishers.
- DIEKMANN J., EICHHAMMER W., NEUBERT A., RIEKE H., SCHLOMANN B., ZIESING H.-J. 1999: *Energie-Effizienz-Indikatoren. Statistische Grundlagen, theoretische Fundierung und Orientierungsbasis für die politische Praxis*. Heidelberg: Physica.
- DINDA SOUMYANANDA D.C., PAL M. 2000: *Air quality and economic growth: an empirical study*. In: *Ecological Economics* 34, 409–423.
- DUELLI P., OBRIST M.K. 1998: *In search for the best correlates for local organismal biodiversity in cultivated areas*. In: *Biodiversity and Conservation* 7 (3): Seiten 297–309.
- EBP UND POLIS 2003: *Einbettung von EnergieSchweiz in die Verkehrspolitik des Bundes*. Herausgegeben vom BFE, Bern 2003.

- ECOPLAN 1995: *Wirtschaftliche Auswirkungen und Verteilungseffekte verschiedener CO<sub>2</sub>-/Energieabgabe-Szenarien*. Ergebnisse aus einem berechenbaren Gleichgewichtsmodell für die Schweiz. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Bern, April.
- EKINS P. 1997: *The Kuznets Curve for the Environment and Economic Growth: Examining the Evidence*. In: *Environment and Planning* 29, 805–830.
- ELECTROWATT ENGINEERING 2001: *Massnahmen zur Reduktion von PM<sub>10</sub>-Emissionen. Schlussbericht*. BUWAL Umweltmaterialien. Bern.
- ENAW 2004: *Die Energie-Agentur der Wirtschaft ist planmässig unterwegs – Weitere Unternehmensgruppen vom Bund auditiert*. Medienmitteilung vom 16.3.2004. Zürich.
- EUROSTAT 2001: *Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide*. Lu-xembourg 2001.
- EUROSTAT 2002: *Material use in the European Union 1980–2000: Indicators and analysis*. Luxembourg 2002.
- FAHRNI H.-P. 2002: *Die Ressourcen noch besser nutzen*. In: Umwelt (hrsg. vom BUWAL): Abfälle – Rohstoffe der Zukunft. Heft 3/2002, Seiten 6–9.
- FREY R.L., GMÜNDER M. 2003: *Marktwirtschaftliche Instrumente in der Raumplanung am Beispiel von Flächennutzungszertifikaten*. Inputpapier für den ExpertInnen-Workshop des Bundesamtes für Raumentwicklung ARE vom 3. Juli 2003 in Bern. Basel 2003. Friedl, B./Getzner, M. (2002): *Environment and growth in a small open economy: an EKC case-study for Austrian CO<sub>2</sub> emissions*. Diskussionsbeiträge des Instituts für Wirtschaftswissenschaften der Universität Klagenfurt Nr. 2002/02. Online im Internet: URL: [http://wiwi.uni-klu.ac.at/Forschung/2002\\_02.pdf](http://wiwi.uni-klu.ac.at/Forschung/2002_02.pdf) [03.12.2003].
- GALEOTTI M., LANZA, A. 1999: *Richer and Cleaner? A Study of Carbon Dioxide Emissions in Developing Countries*. Fondazione ENI Enrico Mattei, Milan. Nota di lavoro 87.99.
- GROSSMAN G.M., KRUEGER A. 1991: *Economic Growth and the Environment*. In: *Quarterly Journal of Economics* 110 (2), 353–377.
- GROSSMAN G. M. 1995: *Pollution and growth: what do we know?* In: Goldin, I./Winters, L. A. (Hrsg.): *The economics of sustainable development*. New York: Cambridge University Press, S. 19–46.
- GROSSMAN G. M., KRUEGER A.B. 1995: *Economic Growth and the Environment*. In: *Quarterly Journal of Economics* 110, 353–377.
- HEMMELSKAMP J. 1999: *Umweltpolitik und technischer Fortschritt*. Eine theoretische und empirische Untersuchung der Determinanten von Umweltinnovationen. Heidelberg: Physica.
- HILL, R. J., MAGNANI E. 2000: *An Exploration of the Conceptual and Empirical Basis of the Environmental Kuznets Curve*. School of Economics, University of New South Wales, Sydney, mimeo.
- HILTON F.G., LEVINSON A. 1998: *Factoring the Environmental Kuznets Curve: Evidence from Automotive Lead Emissions*. In: *Journal of Environmental Economics and Management* 35, 126–141.
- HOLTZ-EAKIN D., SELDEN T. 1995: *Stoking the fires? CO<sub>2</sub> emissions and economic growth*. In: *Journal of Public Economics* 57 (1), 85–101.

- HOWARTH R. B., SCHIPPER L., DUERR P.A., STROM S. 1991: *Manufacturing energy use in eight OECD countries: Decomposing the impacts of changes in output, industry structure and energy intensity*. In: *Energy Economics* 13, 135–142.
- INFRAS 2002: WIRKUNGSANALYSE ENERGIE SCHWEIZ 2001: *Wirkungen der freiwilligen Massnahmen und der Förderaktivitäten von Energie Schweiz auf Energie, Beschäftigung und Umwelt*. Herausgegeben vom BFE, Bern 2002.
- INFRAS 2003: *CO<sub>2</sub>-Abgabe/Klimarappen bei Treibstoffen*. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern. 2003. Auch im Internet unter URL: <http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/oekonomie/klima/politik/38.pdf> [15.3.2004].
- JAEGER J. 2001: *Beschränkung der Landschaftszerschneidung durch die Einführung von Grenz- oder Richtwerten*. In: *Natur und Landschaft*, 76. Jg. (2001) Heft 1, S. 26–34.
- JAKOB M., JOCHEM E. 2003: *Wärmeschutz bei Wohnbauten – Kosten und Nutzen*. Publikation im Auftrag des Forschungsprogramms EWG des Bundesamtes für Energie (BFE, Hrsg.). Zürich.
- JÄNICKE M. et al. 1993: *Umweltentlastung durch industriellen Strukturwandel? Eine explorative Studie über 32 Industrieländer (1970–1990)*. Berlin.
- JOCHEM E., GOY G.C., FORSBACH H.H., SUDING P.H., JAECKEL G., MANNSBART W., MOROVIC T., SCHLOMANN B., TREBER M. 1990: *Systematische Analyse der Komponenten zur Energieintensität und -effizienz in der Bundesrepublik Deutschland 1970 bis 1987*. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie. Karlsruhe, Berlin, Köln. März.
- JOCHEM E., FAVRAT D., HUNGERBÜHLER K., RUDOLPH VON ROHR P., SPRENG D., WOKAUN A., ZIMMERMANN M., CO-CONTRIBUTORS: SEMADENI M., GOLDBLATT D., KEMMLER A., LIENIN S., JANSSEN A., GUTZWILLER L., KELLER P., KÖLBLE C., PRIMAS A., WEBER-MARIN A.S., MARÉCHAL F., RICHTER K. 2002: *Steps towards a 2000 Watt-Society: Developing a White Paper on Research & Development of Energy-Efficient Technologies*. Pre-study, Final Report. CEPE Zürich, LENI EPF Lausanne, D-CHEM ETH Zürich, D-MAVT ETH Zürich, PSI Villigen, EMPA Dübendorf, submitted to novatlantis, December.
- JOSSI W., BRUDERER R., VALENTA A., SCHWEIZER CHR., SCHERRER C., KELLER S., DUBOIS D. 2004: *Einfluss der Bewirtschaftung auf die Nützlingsfauna*. In: *AGRARForschung*, 11 (3): Seiten 98–103.
- KARL H. 1998: *Zukunftsfähige Umweltpolitik*. In: Klemmer, P./Becker-Soest, D./Wink, R. (Hrsg.): *Liberale Grundrisse einer zukunftsfähigen Gesellschaft*, Baden-Baden: Nomos, S. 375–392.
- KAUFMANN R.K., DAVIDDOTTIR B., GARNHAM S., PAULY P. 1998: *The determinants of atmospheric SO<sub>2</sub> concentrations: reconsidering the environmental Kuznets curve*. In: *Ecological Economics* 25, 209–220.
- KELLY D.L. 2000: *On Kuznets Curves Arising from Stock Externalities*. Department of Economics, University of Miami, mimeo.
- KÖLLNER T., SCHELSKE O., SEIDL I. 2002: *Integrating biodiversity into intergovernmental fiscal transfers based on cantonal benchmarking: a Swiss case study*. In: *Basic and Applied Ecology* 3, 2 (2002), Seiten 2–11.

- KRANZ B., JAEGER J., ESSWEIN H. (o.J.): *Flächenzerschneidung in Baden-Württemberg. Neuauflage mit Zeitreihen 1930 bis 1998*. Herausgegeben von der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Kurzinfor.
- LENDI 2003: *Steuerung der Siedlungsentwicklung – Übersicht über Intentionen und Modalitäten der Lenkung*. Küsnacht/Zürich.
- LEVINSON A. 2000: *The Ups and Downs of the Environmental Kuznets Curve*. Paper prepared for the UCF/CentER conference on Environment, November 30–December 2, 2000 in Orlando. Georgetown University.
- LIEB C. M. 2002: *The Environmental Kuznets Curve – A Survey of the Empirical Evidence and of Possible Causes*. Discussion Paper 391. Universität Heidelberg.
- LIM J. 1997: *The Effects of Economic Growth on Environmental Quality: Some Empirical Investigation for the Case of South Korea*. In: Seoul Journal of Economics 10 (3), 273–292.
- LISKI M., TOPPINEN A. 2001: *Stochastic versus Deterministic Trends in Carbon Dioxide Time Series*. Helsinki School of Economics, mimeo.
- LIST J.A., GALLET C.A. 1999: *The environmental Kuznets curve: does one size fit all?* In: Ecological Economics 31, 409–423.
- MAURER P. 2003: *Welche Landschaft wollen wir eigentlich?* In: Heimatschutz 2/2003. Seite 22–23.
- MCNEELY J., GADGIL M., LEVEQUE C., PADOCH C., REDFORD K. 1995: *Human Influences on Biodiversity*. In: UNEP (1995): Heywood, V.H.; Watson, R.T. (Hrsg.): Global biodiversity assessment. Cambridge. S. 711–821.
- MCPHERSON M.A., NIESWIADOMY M.L. 2000: *Sliding Along the Environmental Kuznets Curve: The Case of Biodiversity*. University of North Texas Working Paper. Online im Internet: URL: <http://www.econ.unt.edu/research/pdf/00-15MMckuzn.pdf> [12.11.2003].
- MILLIMET D.L., STENGOS T. 2000: *A Semiparametric Approach to Modeling the Environmental Kuznets Curve Across US States*. Department of Economics, Southern Methodist University, Dallas, mimeo.
- MOOMAW W.R., UNRUH G.C. 1997: *Are environmental Kuznets curves misleading us? The case of CO<sub>2</sub> emissions*. In: Environment and Development Economics 2, 451–463.
- OECD 1998: *Umweltprüfberichte*. Schweiz. Paris.
- OECD 2002a: *OECD Prüfbericht Raumentwicklung Schweiz*. Paris.
- OECD 2002b: *Sustainable Development*. Indicators to measure decoupling of environmental pressure from economic growth. Paris.
- OECD 2002c: *Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth*. OECD Document SG/SD (2002)1/Final. Paris. Im Internet unter URL: <http://www.oecd.org/dataoecd/0/52/1933638.pdf> [13.2.2004].
- PANAYOTOU T. 1995: *Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development*. In: Ahmed, I./Doeleman, J. A. (Hrsg.): Beyond Rio: The Environmental Crisis and Sustainable Livelihoods in the Third World. ILO Study Series, New York: St. Martin's Press, S. 13–36.
- PANAYOTOU T. 1997: *Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool*. In: Environment and Development Economics 2, 465–484.
- PERMAN R., STERN D. I. 1999: *The Environmental Kuznets Curve: Implications of Non-Stationarity*. The Australian National University, Canberra, Centre for Resource and Environmental Studies, Working Papers in Ecological Economics No. 9901.



- PERRINGS C., ANSUATEGI A. 2000: *Sustainability, growth and development*. In: Journal of Economic Studies 27, 19–54.
- PIMM S.L., RUSSEL G.J., GITTLEMAN J.L., BROOKS T.M. 1995: *The future of biodiversity*. In: Science. Vol. 269, S. 347–350.
- PROGNOS 2002: *Die Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs serienmässig hergestellter Elektrogeräte in der Schweiz unter Status Quo-Bedingungen und bei Nutzung der sparsamsten Elektrogeräte bis 2010 mit Ausblick auf das Jahr 2020*. Studie im Auftrag des Bundesamts für Energie. Basel. Dezember.
- PROGNOS 2003: *CO<sub>2</sub>-Abgabe bei Brennstoffen*. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft. Basel.
- PVK 2003: *Wirkungen des Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN)*; Bericht der Geschäftsprüfungskommission des Nationalrates auf der Grundlage einer Evaluation der Parlamentarischen Verwaltungskontrollstelle, 3. September 2003).
- RANGOSCH S. 2001: *Neue Kommunikationsmedien: Einsatz in Unternehmen und Auswirkungen auf den Verkehr*. Report A7 im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms 41. Zürich.
- RENNINGS K. 1999: *Bausteine einer Umweltinnovationstheorie und -politik – Neoklassische und evolutionsökonomische Perspektiven*. In: Rennings, K. (Hrsg.): *Innovation durch Umweltpolitik*. Schriftenreihe des ZEW. Band 36. Baden-Baden: Nomos.
- ROBERTS J. T., GRIMES P.E. 1997: *Carbon Intensity and Economic Development 1962–91: A Brief Exploration of the Environmental Kuznets Curve*. In: World Development 25 (2), 191–198.
- ROCA J., PADILLA E., FARRÉ M., GALLETTO V. 2001: *Economic growth and atmospheric pollution in Spain: discussing the environmental Kuznets curve hypothesis*. Departament d'Economia Aplicada, Universitat Autònoma de Barcelona. Working Paper 01.01.
- ROTHMAN D.S. 1998: *Environmental Kuznets curves – real progress or passing the buck? A case for consumption-based approaches*. In: Ecological Economics 25, 177–194.
- SALA O.E., CHAPIN F.S.III., ARMESTO J.J., BERLOW E., BLOOMFIELD J., DIRZO R., HUBER-SANWALD, E., HUENNEKE, L.F., JACKSON, R.B., KINZIG, A., LEEMANS, R., LODGE D.M., MOONEYS H.A., OESTERHELD M., POFF N.L., SYKES M.T., WALKER B.H., WALKER M., WALL D.H. 2000: *Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100*. In: Science. Vol. 287. March 10. S. 1770- 1774.
- SCHAFFER A., VICTOR D. 2000: *The Future Mobility of the World Population*. In: Transportation Research A, 34 (3): 171–205.
- SCHELSKE O. 2000: *Die Bedeutung der Biodiversität und Bestandteile einer Strategie zu ihrem Schutz – eine regionalökonomische und ökologische Perspektive*. Hrsg. von Prof. Dr. H. Elsasser und PD Dr. Daniel Wachter. Reihe Wirtschaftsgeographie und Raumplanung, Vol. 30. Zugleich Dissertation am Institut für Umweltwissenschaften, Universität Zürich.
- SCHINDLER I., RONNER C. 1999: *Stand der Technik bei der Glasherstellung*. Umweltbundesamt Österreich. Reports R-152, Wien 1999.
- SCHIPPER L., UNANDER F., MARIE-LILLIU C. 2000: *The IEA Energy Indicators Effort – Increasing the Understanding of the Energy/Emissions Link*. Presentation at the 6<sup>th</sup> Conference of the Parties of the Climate Convention. The Hague.

- SCHIPPER L., UNANDER F., MURTISHAW S., TING M. 2000: *Indicators of Energy Use and Carbon Emissions: Explaining the Energy Economy Link*. In: Annual Review Energy Environment et al. 26 (00).
- SCHMALENSEE R., STOKER T.M., JUDSON R.A. 1998: *World Carbon Dioxide Emissions: 1950–2050*. In: Review of Economics and Statistics 80, 15–27.
- SCHMIDT-BLEEK F., TISCHNER U. 1995: *Produktentwicklung: Nutzen gestalten – Natur schonen*. Schriftenreihe des Wirtschaftsförderungsinstituts WIFI Österreich, Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, Nr. 270, Wien.
- SCHUBERT R., SALADIN S., SPITZE K., 2000: *Wirtschaftliche Entwicklung und Umwelt. Zur Relevanz der Umwelt-Kuznetskurve*. In: Scholing, E. (Hrsg.): *Währung und wirtschaftliche Entwicklung*, Festschrift zum 65. Geburtstag von V. Timmermann, Berlin, S. 275–299.
- SCHÜTZ H., WELFENS M.J. 2000: *Sustainable Development by Dematerialization in Production and Consumption – Strategy for the new Environmental Policy in Poland*. Wuppertal Papers No. 103, Juni 2000. Wuppertal.
- SCHWEIZERISCHER INGENIEUR- UND ARCHITEKTENVEREIN (SIA) UND ERNST BASLER UND PARTNER AG 2000: *Kriterien für nachhaltige Bauten*. Koordinationsgruppe Nachhaltigkeit. sia Dokumentation D 0164, Zürich.
- SCRUGGS L.A. 1998: *Political and economic inequality and the environment*. In: Ecological Economics 26, 259–275.
- SELDEN T. M., FORREST A.S., LOCKHART J. E. 1999: *Analysing the Reductions in U.S. Air Pollution Emissions: 1970 to 1990*. In: Land Economics 75 (1), 1–21.
- SELDEN T.M., SONG D. 1994: *Environmental Quality and Development: Is there a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?* In: Journal of Environmental Economics and Management 27, 147–162.
- SELWIG L.H. 2000: *Was folgt aus «Ökologischen Fussabdrücken» und «Ökologischen Rucksäcken» für eine nachhaltige Raum- und Umweltplanung?* In: Zeitschrift für angewandte Umweltforschung (ZAU), Jg. 13 (2000), H.3/4, S. 411–423.
- SENGUPTA R. 1996: *CO<sub>2</sub> emission-income relationship: policy approach for climate control*. In: Pacific and Asian Journal of Energy 7 (2), 207–229.
- SENNLAUB A. 2003: *Mehr Mut zum Umwohnen. Lösungen zur Verringerung des Flächenverbrauchs*. In: Ökologisches Wirtschaften 6/203, S.5.
- SHAFIK N., BANDYOPADHYAY S. 1992: *Economic Growth and Environmental Quality: Time series and cross-section evidence*. World Bank Policy Research Working Paper #WPS904. Washington D.C.
- SOUBBOTINA T.P., SHERAM K. 2000: *Beyond Economic Growth: Meeting the Challenges of Global Development*. World Bank, Washington D.C.
- SRU 2000: *Umweltgutachten 2000 – Schritte ins nächste Jahrtausend*. Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen. Stuttgart. Juni.
- STAEHELIN-WITT E. 2003: *Marktwirtschaftliche Instrumente in der Raumplanung*. Inputpapier für den ExpertInnen-Workshop am 3. Juli 2003 in Bern. Basel.
- STERN D.I., COMMON M.S., BARBIER E.B. 1996: *Economic Growth and Environmental Degradation: The Environmental Kuznets Curve and Sustainable Development*. In: World Development 24, 1151–1160.
- STERN D. I., COMMON M.S. 2001: *Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur?* In: Journal of Environmental Economics and Management 41, 162–178.

- STERN D.I. 1999: *Attributing Changes in Global Sulfur Emissions*. The Australian National University, Canberra, Centre for Resource and Environmental Studies, Working Papers in Ecological Economics No. 9902.
- SUN J.W. 1998: *Changes in energy consumption and energy intensity: A complete decomposition model*. In: *Energy Economics* 20, 85–100.
- SURI V., CHAPMAN D. 1998: *Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve*. In: *Ecological Economics* 25, 195–208.
- TASKIN F., ZAIM O. 2000: *Searching for a Kuznets Curve in Environmental Efficiency using Kernel Estimation*. In: *Economics Letters* 68, 217–223.
- THOMPSON K. 1994: *Predicting the fate of temperate species in response to human disturbance and global change*. In: Boyle, T.J.B., Boyle, C.E.B. (Hrsg.): *Biodiversity, Temperate Ecosystems, and Global Change*. Heidelberg. S. 61–76.
- TORRAS M., BOYCE J. K. 1998: *Income, inequality and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve*. In: *Ecological Economics* 25, 147–160.
- UNEP 1995: Heywood, V.H., Watson, R.T. (Hrsg.): *Global biodiversity assessment*. Cambridge.
- UNRUH G.C., MOOMAW W.R. 1998: *An alternative analysis of apparent EKC-type transitions*. In: *Ecological Economics* 25, 221–229.
- VINCENT J.R. 1997: *Testing for environmental Kuznets curves within a developing country*. In: *Environment and Development Economics* 2, 417–431.
- VOGEL M.P. 1999: *Environmental Kuznets Curves: A Study on the Economic Theory and Political Economy of Environmental Quality Improvements in the Course of Economic Growth*. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 469. Berlin und Heidelberg: Springer.
- WANG P., BOHARA A.K., BERRENS R.P., GAWANDE K. 1998: *A Risk-based Environmental Kuznets Curve for US hazardous Waste Sites*. In: *Applied Economics Letters* 5, 761–763.
- WILLIAMS ROBERT H., LARSON ERIC D. 1987: *Materials, Affluence and Industrial Energy Use*. In: *Annual Review of Energy* 12: 99–144.
- WU P. 1998: *Economic Development and Environmental Quality: Evidence from Taiwan*. In: *Asian Economic Journal* 12 (4), 395–412.
- WÜEST & PARTNER 2001a: *Immo-Monitoring 2001: Wohnungsmarkt*.
- WÜEST & PARTNER 2001b: *Immo-Monitoring 2001: Baumarkt*.

## 2 Datenquellen

### Für das Kapitel 2.1: Schweiz

- ARE, BUWAL 2001: Landschaft unter Druck. 2. Fortschreibung. Bern.
- ARE 2003: Lärmexpositionsbericht. 2. Zwischenbericht (unveröffentlicht). Bern.
- BAZL (Bundesamt für Zivilluftfahrt: Schweizerische Zivilluftfahrt. Jahresstatistik 2002 (und diverse andere Jahrgänge). Neuchâtel 2003 und andere Jahre.
- BFS 2002A: Umwelt Schweiz. Statistiken und Analysen. Neuchâtel.
- BFS 2002B: Bundesamt für Statistik: Statistisches Jahrbuch 2002. Verlag Neue Zürcher Zeitung. Neuchâtel und Zürich.
- BFS: Philippe Kuettel, E-Mail vom 10. November 2003, Datenlieferung der Datensätze «PIBNR80-02.xls» und «HAUPTAG.XLS».
- BUWAL-Schriftenreihe Umwelt, Nr. 256.
- BUWAL-Umweltmaterialien Nr. 22 (Daten zum Gewässerschutz in der Schweiz), 1994.
- BUWAL-Umweltmaterialien Nr. 52 (Abfallstatistik 1994), 1996.
- BUWAL-Umweltmaterialien Nr. 90 (Abfallstatistik 1996), 1998.
- BUWAL-Umweltmaterialien Nr. 119 (Abfallstatistik 1998), 1999.
- BUWAL 2000: NABO Nationales Boden-Beobachtungsnetz. Veränderungen von Schadstoffgehalten nach 5 und 10 Jahren. BUWAL Schriftenreihe Umwelt Nr. 320.
- BUWAL 2001: Abfallerhebung 2000.
- BUWAL 2002: Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz, Farn- und Blütenpflanzen.
- BUWAL 2003: Geschützte Flächen in der Schweiz – Bundesinventare 1961 bis 2001. Jürg Schenker, E-Mail vom 17. November 2003, Datenlieferung der Datensätze.
- BUWAL 2003: Reduktion der Umweltrisiken von Düngern und Pflanzenschutzmitteln. Cemsuisse (2001). Kennzahlen 2001.
- SCHWEIZERISCHER FACHVERBAND FÜR SAND UND KIES 2001: Die Kiesbranche in Zahlen, Sonderausgabe zur Mitgliederumfrage.
- SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR CHEMISCHE INDUSTRIE 2001: Absatz von Pflanzenbehandlungsmitteln (in Tonnen) von Herbiziden, Fungiziden, Wachstumsregulatoren.

### Für das Kapitel 2.2: Internationaler Vergleich

- EUROSTAT JAHRBUCH (2001) (Daten aus 1989 bis 1999). Luxembourg.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) 2002: Energy Handbook. Energy Balances of OECD Countries. Paris.
- OECD INTERNET 2002: OECD Environmental Data. Compendium 2002. OECD, Paris.
- OECD 1999: Umweltprüfbericht Schweiz. OECD, Paris.
- OECD 1998: Environmental Indicators. OECD, Paris.
- WELTBANK 2003: World Development Indicators. CD-Rom. Washington.