

# **Nachhaltigkeit: Kriterien und Indikatoren für den Energiebereich**

im Auftrag von:

**Bundesamt für Energie**

**Forschungsprogramm**

**Energiewirtschaftliche Grundlagen (EWG)**

**Schlussbericht  
Juli 2001**

**Arbeitsgemeinschaft  
ECOPLAN & Factor Consulting + Management AG**



CH-3005 Bern - Thunstr. 22 - Tel. 031 356 61 61  
CH-6460 Altdorf - Postfach - Tel. 041 870 90 60



Factor Consulting + Management AG  
Binzstrasse 18, 8045 Zürich, Tel. 01 - 455 6100

# Impressum

**Auftraggeber:**

Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen des Bundesamtes für Energie

**Auftragnehmer:**

Arbeitsgemeinschaft ECOPLAN, Bern, und FACTOR Consulting + Management AG, Zürich

**Autoren:**

Felix Walter (ECOPLAN)

Florian Gubler (ECOPLAN)

Urs Brodmann (Factor Consulting + Management AG)

Lukas Heer (Factor Consulting + Management AG)

**Begleitgruppe:**

D. Altwegg, Bundesamt für Statistik

F. Andrist, Bundesamt für Energie

M. Beck, Bundesamt für Energie

P. Eichenberger, Entec AG / Vertretung Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit

R. Meier, Programmleiter

N. Perritaz, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (korrespondierendes Mitglied)

U. Seewer, Bundesamt für Raumentwicklung

D. Spreng, Centre for Energy Policy and Economics, ETH Zürich

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungsprogrammes „Energiewirtschaftliche Grundlagen“ des Bundesamtes für Energie erarbeitet. Für den Inhalt sind allein die Autoren verantwortlich.

---

# Inhaltsübersicht

Kurzfassung.....	K-1
Résumé .....	R-1
Inhaltsverzeichnis .....	I
1 Einführung .....	1
2 Nachhaltigkeit: Konzept, Politik und Stellenwert der Energie .....	5
3 Methodik und Systemabgrenzung.....	21
4 Nachhaltigkeitsindikatoren: bestehende Systeme.....	33
5 Energieindikatoren: bestehende Systeme.....	45
6 Kriterien für den Energiebereich .....	59
7 Indikatoren für den Energiebereich .....	93
8 Synthese und Empfehlungen.....	127
9 Literaturverzeichnis.....	137
A1 Nachhaltigkeitsindikatoren Verkehr (EBP / NFP 41) .....	A1-1
A2 Ausgewählte Systeme von Energieindikatoren .....	A2-1



# Kurzfassung

## ***K-1 Ausgangslage und Zielsetzung***

Seit dem Erdgipfel von Rio 1992 hat sich der Begriff der Nachhaltigkeit zu einem viel beachteten Konzept entwickelt. Für den Erfolg in der politischen Praxis ist seine Konkretisierung und Operationalisierung von entscheidender Bedeutung. Dafür braucht es repräsentative Indikatoren, welche die Entwicklung in den einzelnen Politikbereichen aufzeigen und aus Sicht der Nachhaltigkeit interpretierbar machen.

Die vorliegende Studie verfolgt zwei Hauptziele:

- Aufzeigen des Stellenwertes der Energie im Rahmen des Nachhaltigkeitskonzeptes unter Angabe der wichtigsten Bezugspunkte und Querbezüge.
- Entwicklung eines Konzeptes für ein griffiges, quantitatives Indikatorensystem, mit dem die Nachhaltigkeit der Energiepolitik, der Energieversorgung und -nutzung erfasst werden kann.

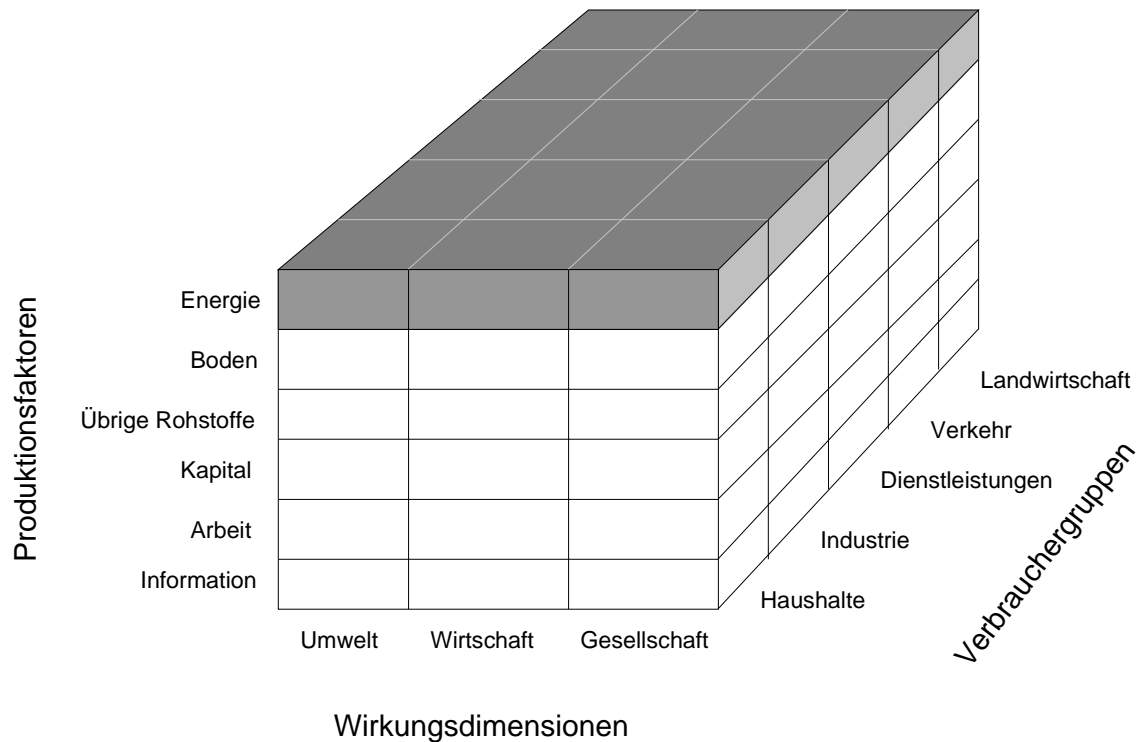
## ***K-2 Nachhaltigkeit: Konzept, Politik und Stellenwert der Energie***

Der moderne Nachhaltigkeitsbegriff ist geprägt durch Definition der Brundtland-Kommission, welche die Gleichberechtigung der gegenwärtigen und zukünftigen Generationen betont. Nachhaltigkeit wird verstanden als ein „Dreigestirn“ aus ökologischer Verträglichkeit, wirtschaftlicher Effizienz und sozialer Gerechtigkeit.

Die Konkretisierung des Begriffs mit allgemeinen Leitsätzen blieb bislang vor allem im gesellschaftlich-sozialen und wirtschaftlichen Bereich ungenügend, doch auch im ökologischen Bereich sind einzelne Punkte nach wie vor strittig (z.B. Umgang mit nichterneuerbaren Ressourcen, Substituierbarkeit von Natur- und wirtschaftlichem Kapital). Die Hauptbedeutung der Nachhaltigkeit liegt in der umfassenden Offenlegung von Interessenkonflikten, als Grundlage für eine transparente und „zukunftsfähige“ Interessenabwägung. Dazu ist die Konkretisierung des Nachhaltigkeitskonzepts in den einzelnen Politikbereichen mittels Kriterien, Indikatoren und Zielwerten unerlässlich.

Der Energiebereich nimmt wegen seiner Bedeutung für die Wirtschaftstätigkeit und Entwicklung sowie wegen seinen Umweltauswirkungen eine zentrale Stellung im Nachhaltigkeitskonzept ein. Die Energiepolitik hat die verantwortungsvolle Aufgabe, die Randbedingungen des Energiesystems so auszugestalten, dass eine nachhaltige Entwicklung möglich wird. Die Energiepolitik des Bundes ist im Grundsatz bereits in hohem Masse auf die Erfordernisse einer nachhaltigen Entwicklung ausgerichtet. In der Praxis sind jedoch noch sehr grosse Probleme zu lösen, z.B. die Belastung des globalen Klimas durch Treibhausgasemissionen.

Figur K-1 zeigt, welchen Stellenwert ein Indikatorensystem für den Energiebereich im Rahmen anderer (denkbarer oder bereits publizierter) sektoraler Indikatorensysteme einnehmen kann:



Figur K-1 Ineinandergreifen der Ebenen „Verbrauchergruppen“, „Produktionsfaktoren“ und „Wirkungsdimensionen“ zur Illustration der Abgrenzung sektoraler Indikatorensysteme

### K-3 Systemabgrenzung und Methodik

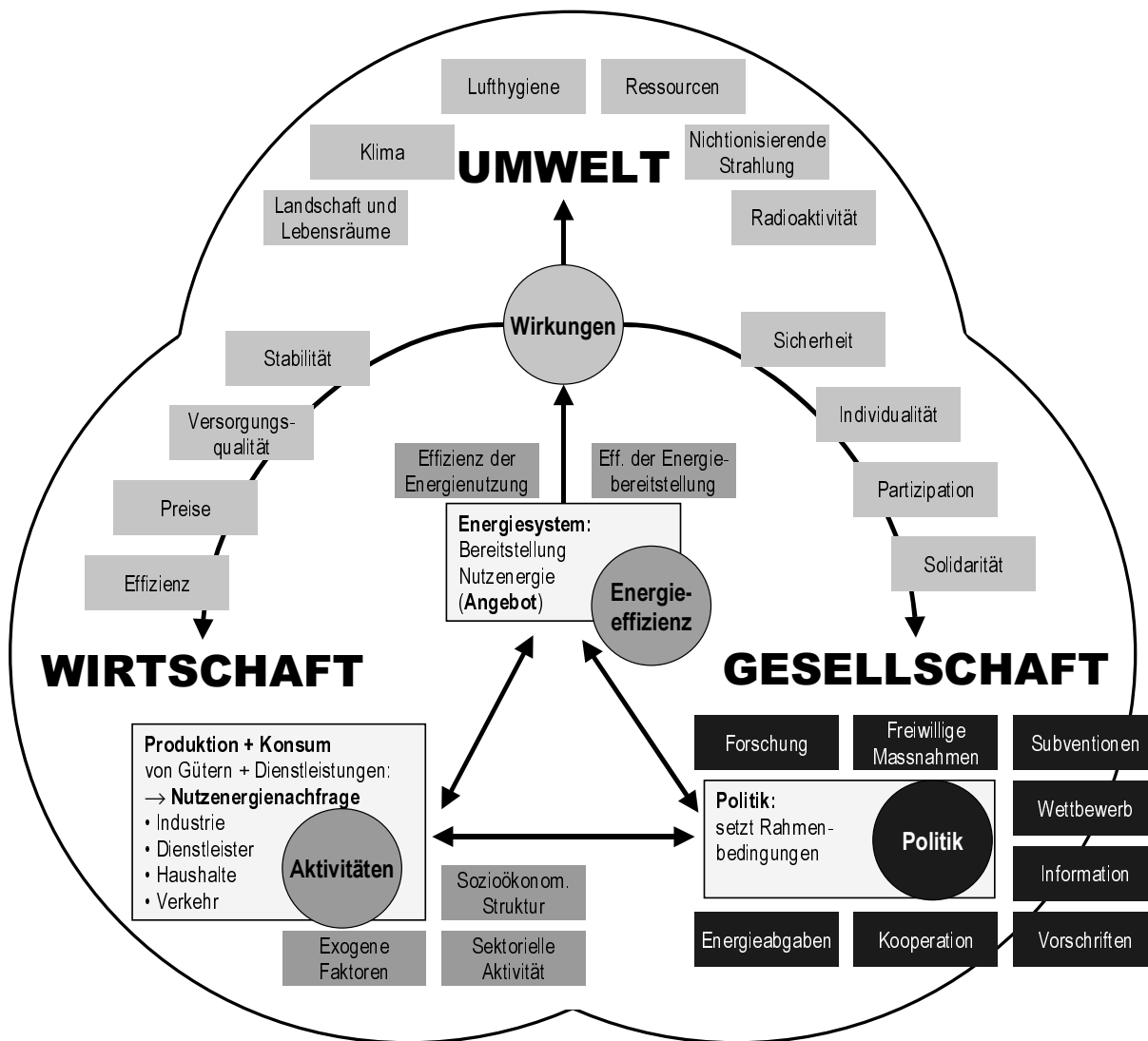
Das Indikatorenset soll die aus Sicht der Nachhaltigkeit zentralen Aspekte des Energiesystems beschreiben. Ziel der Arbeit ist somit nicht die Abbildung komplexer Kausalketten, sondern vielmehr die Auflösung derselben anhand einer beschränkten Anzahl von Indikatoren. Diese sollen der Politik im Sinne eines „Frühwarnsystems“ aufzeigen, wie sich das Energiesystem im Zeitverlauf bezüglich ausgewählter Nachhaltigkeitskriterien entwickelt.

Wir unterscheiden vier Typen von Indikatoren (vgl. Figur K-2):

- **Wirkungsindikatoren** bezeichnen die Wirkungen des Energiebereichs auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. Dazu zählen wir auch Größen wie die Quantität und Qualität des Energieangebots, d.h. die zentrale Wirkung „Befriedigung der Nachfrage nach Nutzenergie bzw. Energiedienstleistungen“.
- **Aktivitätsindikatoren** beschreiben die Produktion und den Konsum von Gütern und Dienstleistungen in den vier klassischen Verbrauchergruppen Industrie, Dienstleistung, Haushalte und Verkehr. Deren Aktivitätsniveau ist die zentrale Triebkraft der Nachfrage nach Nutzenergie.

- **Energieeffizienzindikatoren** bezeichnen die technisch-energetische Effizienz der Energiegewinnung, -umwandlung und -nutzung.
- **Politikindikatoren** bilden die Reaktionen ab, mit denen die Energiepolitik auf die nachhaltige Gestaltung des Energiebereichs hinwirkt. Meist wollen diese Reaktionen Einstellungs- und vor allem Verhaltensänderungen bewirken, die ihrerseits den Zustand des Systems verbessern sollen (z.B. Ökologische Steuerreform).

Analog zu früheren Arbeiten verfolgen wir ein zweistufiges Vorgehen: Im ersten Schritt werden die Kriterien für die Nachhaltigkeit des Energiesystems hergeleitet. Im zweiten Schritt werden Indikatoren gesucht, welche diese Kriterien optimal abbilden. Die Herleitung der Kriterien erfolgt – in einem teilweise iterativen Verfahren – sowohl *bottom-up* aufgrund der Analyse bestehender Indikatorensysteme wie auch *top-down* aus den allgemeineren Definitionen und Handlungsregeln für Nachhaltigkeit.



Figur K-2: Darstellung der verwendeten Indikatortypen (Wirkungen, Aktivitäten, Energieeffizienz und Politik). Für jeden Indikatortyp werden Nachhaltigkeitskriterien vorgeschlagen.

Die Wirkungen des Schweizer Energiesystems reichen deutlich über die Landesgrenzen hinaus. Das Indikatorensystem wird wie folgt abgegrenzt:

- **Energiestatistisches Erfassungsprinzip:** Aufgrund der Datenlage sollen die Nachhaltigkeitsindikatoren grundsätzlich auf dem Territorialprinzip aufbauen. Das heisst, dass z.B. der gesamte Energieverbrauch und die resultierenden Umweltwirkungen in der Schweiz erfasst werden, unabhängig davon, ob sie durch die Schweizer Wohnbevölkerung oder durch Ausländer (z.B. Transitverkehr) verursacht werden. Im Sinne des Verursacherprinzips sollen ausgewählte Elemente zusätzlich berücksichtigt werden, namentlich die grauen Umweltwirkungen im Ausland (siehe unten) sowie die mit den weltweiten Flugreisen der Schweizer Bevölkerung verbundene, energiebedingte Umweltbelastung.
- **Graue Energie und graue Umweltwirkungen:** Die Bereitstellung importierter Energieträger und energieintensiver Güter ist mit Energieverbrauch und Umweltbelastungen im Ausland verbunden. Das Indikatorensystem soll diese „grauen“ Umweltwirkungen weitgehend abbilden und so dem Verursacherprinzip Rechnung tragen.
- **Graue wirtschaftliche und soziale Wirkungen:** Analog zu den grauen Umweltwirkungen verursacht der Schweizer Energiebereich auch wirtschaftliche und soziale Wirkungen im Ausland, welche aus Sicht der Nachhaltigkeit teils erwünscht, teils aber auch unerwünscht sind. Beispiele sind die Innovations- und Beschäftigungseffekte des Energiehandels sowie Menschenrechtsprobleme und Umweltexternalitäten bei der Förderung von Energierohstoffen. Aufgrund der mangelhaften Datenlage werden diese Aspekte durch das Indikatorensystem nicht erfasst.

#### K-4 Kriterien und Indikatoren für den Energiebereich

Die folgende Tabelle zeigt die total 27 Kriterien und 60 Indikatoren (10 Umwelt, 10 Wirtschaft, 6 Gesellschaft, 16 Aktivitäts- und 10 Energieeffizienz-Indikatoren sowie 8 Politikindikatoren), die wir vorschlagen.

Kriterien	Indikatoren	Ziel- richtung	Erhebungs- aufwand
<b>1. Wirkungen auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft</b>			
Ressourcen	Primärenergieverbrauch [PJ/a, nach Energieträgern]	↓	gering *
Landschaft & Lebensräume	Konfliktpotenzial von Übertragungsleitungen [km Leitungen mit geringem / mittlerem / hohem Konfliktpotenzial]	↓	mittel - gross
	Belastung der Fließgewässer durch Wasserkraftnutzung [km ungenutzte, leicht, mittel, stark genutzte Gewässer]	↓	mittel - gross
Klima	Treibhausgasemissionen [t CO <sub>2</sub> -Äquivalente /a]	↓	gering *
Lufthygiene	NO <sub>x</sub> -, PM <sub>10</sub> - und NMVOC-Emissionen [t/a]	↓	gering *
Radioaktivität	Radioaktive Emissionen in Luft und Gewässer [Bq über Zeitraum X]	↓	mittel *
	Radioaktive Abfälle [m <sup>3</sup> /a, differenziert nach notwendigen Einschlusszeiten]	↓	gering
Nichtionisierende Strahlung	Belastung durch Übertragungsleitungen [Anzahl Personen]	↓	mittel - gross
Versorgungsqualität	Zuverlässigkeit (Ausgefallene Energielieferungen differenziert nach Energieträgern) [MJ]	↓	mittel
	Selbstversorgung (Anteil des Schweizerischen Energieverbrauchs, der aus inländischen Quellen gedeckt werden kann) [%]	↑	gering
	Diversifikationsgrad des schweizerischen Energiesystems [--];	↑	gering
Preise	Endenergiepreisindex der Haushalte [Indexpunkte]	↓	gering
	Energiepreise für Unternehmungen: Energiepreisindex für Schweizer Produzenten im Vergleich zu OECD Ländern [Indexpunkte]	↓	mittel
	Volatilität der Elektrizitätspreise, gemessen am Swiss Electricity Price Index (SWEP) [--]	↓	gering
	Volatilität der Ölpreise [--]	↓	gering
Effizienz	Internalisierungsbedarf: Nicht-internalisierte externe Kosten differenziert nach Energieträgern [CHF]	↓	gross
	Innovation: Aktivität der energierelevanten schweizerischen Forschung [Anzahl Zitierungen gemäss SCI]	↑	mittel

Stabilität	Arbeitslose aus der Energiebranche: Anzahl Personen, die ALV beziehen oder ausgesteuert sind und zuletzt in der Energiebranche gearbeitet haben [Anzahl Personen]	↓	gering - mittel
Solidarität (Service Public)	Regionale Preisdifferenzen: Durchschnittlicher Preis im teuersten Dezil in Prozent des durchschnittlichen Preises im günstigsten Dezil [%];	↓	mittel - gross
Partizipation	Zufriedenheit mit Partizipationsmöglichkeiten: Anteil der erwachsenen Bevölkerung, der mit den Mitbestimmungsmöglichkeiten im Energiebereich (Politik, Planung, Projekte) zufrieden ist [%];	↑	mittel - gross
Individualität	Öko-Strom-Bezugsmöglichkeit: Anteil der Schweizer Bevölkerung, die vom lokalen Stromanbieter ein Angebot haben, Öko-Strom zu beziehen [%]	↑	mittel - gross
	Datenschutzprobleme: Meldungen an den Datenschutzbeauftragten, die im Zusammenhang mit der Energiewirtschaft stehen [Anzahl Meldungen];	↓	mittel
Sicherheit	Personenschäden durch Unfälle [Anzahl verletzte und getötete Personen im Zusammenhang mit Energienutzung im Haushalt oder am Arbeitsplatz in der Schweiz]	↓	mittel
	Gesamtsystemrisiko [--]	↓	gross
<b>2. Aktivitäten der Verbrauchergruppen</b>			
Sektorielle Aktivität	Energiebezugsfläche der Haushalte [m <sup>2</sup> ]	--	gering
	Elektrogeräte pro Haushalt [Anzahl]	--	?
	Energiebezugsfläche des Dienstleistungssektor [m <sup>2</sup> ]	--	gering
	ev. Indikator zu Elektrogeräten im Dienstleistungssektor	--	?
	Index der Industrieproduktion [--]	--	gering
	Fahrleistungen Personenwagen [Fzkm/a]	--	gering
	Fahrleistungen Last- und Lieferwagen [Fzkm/a]	--	gering
	Flugreisen der Bevölkerung [Anzahl/a]	--	gering
	Endenergieverbrauch [PJ, nach Verbrauchergruppen]	↓	gering
Sozioökonomische Struktur	Durchschnittliche Haushaltgrösse [Anzahl Personen]	--	gering
	Wertschöpfung im Dienstleistungssektor [Fr.]	--	gering
	Import/Export-Saldo energieintensiver Güter [Einheiten]	--	mittel
	Personenwagenbestand [--]	--	gering
Exogene Faktoren	Wohnbevölkerung [--]	--	gering
	Bruttoinlandprodukt [Fr.]	--	gering
	Klimatische Bedingungen [Anzahl Heizgradtage]	--	gering

<b>3. Energieeffizienz</b>			
Effizienz der Energie-nutzung	Spezifischer Heizenergiebedarf Haushalte [J/m <sup>2</sup> ]	↓	gering
	Energieverbrauchsindex Elektrogeräte in Haushalten [--]	↓	gross?
	Spezifischer Heizenergiebedarf DL-Sektor [J/m <sup>2</sup> ]	↓	gering
	Energieverbrauchsindex Elektrogeräte im DL-Sektor [--]	↓	gross?
	Energieverbrauchsindex Industrieproduktion [--]	↓	gross?
	Spezifischer Verbrauch Personenwagen [J/Fzkm]	↓	gering
	Spezifischer Verbrauch Last- und Lieferwagen [J/Fzkm]	↓	gering
	Spezifischer Verbrauch Flugreisen [J/Pkm]	↓	gering
Effizienz der Energie-versorgung	Anteile der erneuerbaren Energieträger am Endenergieverbrauch [%]	↑	gering
	Wirkungsgrad der Endenergiebereitstellung [%; nach Energieträgern]	↑	gering
<b>4. Politikmassnahmen</b>			
Kooperation	Energiestadt-Bevölkerung (Anteil der Schweizer Bevölkerung, die in Energiestadt-Gemeinden lebt) [%]	--	gering
Information	Informationsaufwendungen (gesamte Aufwendungen des Staates für Weiterbildung und Informationskampagnen in der Energiepolitik), in Fr. gemessen am BIP [%]	--	mittel
Forschung	Staatliche Gelder, die für Forschungsprojekte im Zusammenhang zur Nachhaltigkeit des Energiebereichs eingesetzt werden, gemessen am BIP [%]	--	mittel
Energieabgaben	Anteil Abgaben an Energiepreisen (gesamtes Abgabevolumen aus staatlichen Energieabgaben gemessen an den Gesamtausgaben für Energie von Haushalten und Unternehmen) [%]	--	gering
Wettbewerb	Liberalisierter Strommarkt (Anteil des Stromverbrauchs, der unter den Bedingungen des freien Wettbewerbes gehandelt wird) [%]	--	gering - mittel
Subventionen	Energiepolitische Subventionen (Staatliche Subventionen, welche die Förderung der Energieeffizienz oder der Verwendung einheimischer und/oder erneuerbarer Energieträger bezwecken) in CHF, gemessen am BIP [%]	--	gering - mittel
Freiwillige Massnahmen	Durch freiwillige Vereinbarungen gesparte Energie: Gesamtenergiemenge [GJ] in den nächsten zehn Jahren	--	mittel
Vorschriften (Verbrauchsstandards)	Durch Verbrauchsvorschriften i.w.S. gesparte Energie: Gesamtenergiemenge [GJ] in den nächsten zehn Jahren	--	mittel

*Tabelle K-1: Zusammenfassung der vorgeschlagenen Kriterien und Indikatoren. „Erhebungsaufwand“ bezeichnet den Zusatzaufwand der Erhebung und Fortschreibung im Rahmen des Systems Nachhaltigkeitsindikatoren.  
\* Annahme: Graue Emissionen ausserhalb der Schweiz können anhand Ecoinvent-Datenbank periodisch aktualisiert werden.*

**Wirkungsindikatoren Umwelt:** Diese Indikatoren beschreiben die Entwicklung des Energiebereichs in Bezug auf seine wichtigsten Umweltprobleme. Bei den Verbrauchs- und Emissionsindikatoren sollen die „grauen“, im Ausland anfallenden Anteile separat ausgewiesen werden.

**Wirkungsindikatoren Wirtschaft:** In diesem Bereich wurden die Kriterien und Indikatoren mangels anderer Grundlagen neu aus dem Oberziel „effiziente Befriedigung der Bedürfnisse“ hergeleitet. Die Bedürfnisbefriedigung wird dabei mit der Versorgungsqualität und den Preisen gemessen, während die Effizienz, die Innovation und die Stabilität primär dem gesamtwirtschaftlichen Effizienzziel dienen. Kriterien, die sektoriell (d.h. für die Energiesektor) kein Ziel sein können und daher keinen Sinn machen, wie z.B. „Zahl der Beschäftigten“, wurden weggelassen.

**Wirkungsindikatoren Gesellschaft:** Auch hier gehen wir vom Oberziel aus, hier von Gerechtigkeit und Solidarität, fügen aber Kriterien wie Partizipation, Individualität und Sicherheit ein. Diese Kriterien sind noch mehr als im Bereich Wirtschaft stark von gesellschaftlich-politischen Wertvorstellungen abhängig. Wir beschränken uns wiederum auf Kriterien, die sektorspezifisch Sinn machen (wie z.B. regionale Preissolidarität), und lassen allgemeine Kriterien (wie z.B. Ausgleich zwischen Einkommensgruppen) weg.

**Aktivitätsindikatoren:** Diese Indikatoren illustrieren, zusammen mit den Indikatoren zur Energieeffizienz, die Bestimmungsgründe der Energieverbrauchsentwicklung. Die Aktivitätsindikatoren beschreiben das Niveau von Produktion und Konsum in den vier Verbrauchergruppen Haushalte, Dienstleistungen, Industrie und Verkehr. Die Indikatoren beziehen sich auf ausgewählte Verbrauchskomponenten, welche massgeblich für die Verbrauchsentwicklung mitverantwortlich sind. Zudem illustrieren sie exogene Faktoren (z.B. klimatische Bedingungen) und ausgewählte sozioökonomische Strukturaspekte (z.B. Personenwagenbestand), welche die Aktivitätsniveaus in den Verbrauchergruppen beeinflussen.

**Energieeffizienzindikatoren:** Diese Indikatoren bilden die Effizienz der Bereitstellung und Nutzung von Endenergie ab. Wegen der Vielfalt der Energieanwendungen ist eine Beschränkung auf ausgewählte Kenngrößen erforderlich. Diese sollen möglichst auf die oben ausgewählten Aktivitätsindikatoren abgestimmt werden und den Endenergiebedarf pro Aktivität beschreiben. Auf Indikatoren zur Effizienz der Umwandlung von End- in Nutzenergie wird wegen der mangelnden Erfassbarkeit verzichtet.

Die Aktivitäts- und Effizienzindikatoren sollen auf den Energieverbrauchsmodellen des BFE für die vier Verbrauchergruppen aufbauen. Die Struktur dieser Modelle und die umfangreichen Vorarbeiten dazu konnten im Rahmen der vorliegenden Studie nicht genügend berücksichtigt werden. Die aufgelisteten Aktivitäts- und Energieeffizienzindikatoren sind deshalb als provisorische Vorschläge zu betrachten. Ihre Eignung sollte mit den betreffenden Instituten vertieft diskutiert werden, insbesondere bezüglich Aussagekraft und Erhebungsaufwand.

**Politikindikatoren:** Ausgehend von den oben ermittelten Wirkungszielen sowie den aktuellen Zielen der Energiepolitik haben wir die wichtigsten Typen von Massnahmen eruiert. Diese werden je mit einem Indikator charakterisiert. Sie stellen grobe Kenngrössen für die Intensität der politischen Aktivitäten dar, können aber kein Ersatz sein für vertiefte Evaluationen der Wirkung bestimmter Massnahmen.

### **K-5 Diskussion und Empfehlungen**

**Was ist neu?** Neu ist die Einteilung in die Kriterien- resp. Indikatoren-Typen (Aktivitäten, Politik, Energieeffizienz, Wirkungen Umwelt/Wirtschaft/Gesellschaft). Diese empfehlen wir, da zwar in letzter Zeit eine Vielzahl von Indikatorensystemen vorgeschlagen wurde, diese aber für den vorliegenden Zweck nicht durchwegs zu überzeugen vermögen. Ebenfalls neu sind unseres Wissens einige der Vorschläge für sektoriell zweckmässige Indikatoren in den Bereichen Wirtschaft und Gesellschaft.

**Was bleibt zu tun?** Die Indikatoren sind auftragsgemäss als erster Vorschlag zu betrachten. Bei einigen Indikatoren müssten vor einer allfälligen regelmässigen Erhebung weitere Abklärungen über die Aussagekraft und die Erhebbarkeit getroffen werden. Die Festlegung von Zielwerten und die Aggregation von Indikatoren erachten wir als nicht zweckmässig; falls dies aus politischen Gründen oder für die Kommunikation gewünscht wird, wären entsprechende Festlegungen noch zu treffen.

**Wozu dient das System – und wozu nicht?** Das System eignet sich für eine nationale Bestandesaufnahme und die Erstellung von Zeitreihen. Klammert man den Erhebungsaufwand aus, so wären grundsätzlich auch internationale Vergleiche und Vergleiche mit anderen Sektoren denkbar. Eine Anwendung auf kantonaler oder lokaler Stufe sowie für die Beurteilung von einzelnen Projekten wäre grundsätzlich möglich, würde aber eine Reihe von Ergänzungen und Anpassungen erfordern. Ohne ergänzende politische Festlegungen ist es hingegen weder für einen Vergleich mit Zielwerten noch für eine aggregierte Gesamtbewertung geeignet. Auch kann es vertiefte Evaluationen und Wirkungsüberprüfungen nicht ersetzen.

**Wie weiter?** Zu den empfohlenen weiteren Schritten gehören ein Workshop zur breiteren Abstützung in der Fachwelt, gezielte Vertiefungen, die Erhebung der Daten, die Darstellung in einer leicht lesbaren Broschüre sowie die engere Zusammenarbeit mit weiteren Stellen, die sich mit Indikatorensystemen befassen.



## Résumé

### ***R-1 Situation initiale et objectifs***

Depuis le Sommet de Rio, en 1992, la notion de «développement durable» s'est progressivement établie dans le langage. Toutefois, comme il s'agit de lui assurer une large reconnaissance politique, sa concrétisation et son application au plan opérationnel revêtent une importance cruciale. Des indicateurs représentatifs sont donc nécessaires, qui puissent être interprétés et mettre en évidence l'évolution enregistrée, du point de vue du développement durable, dans les divers domaines politiques.

La présente étude poursuit essentiellement deux objectifs:

- mettre en lumière l'importance prépondérante de l'énergie dans le concept du «développement durable», en indiquant les principales données de référence ainsi que les rapports transversaux;
- concevoir un système d'indicateurs quantifiés significatifs permettant de saisir les qualités de la politique énergétique, de l'approvisionnement et de l'utilisation de l'énergie dans l'optique du développement durable.

### ***R-2 Développement durable: concept, politique et importance de l'énergie***

La notion moderne du développement durable est marquée par la définition qu'en a esquissée la Commission Brundtland en insistant sur l'égalité des droits des générations présentes et futures. Dans ce contexte, le développement durable constitue une trilogie de la compatibilité écologique, de l'efficacité économique et de la justice sociale.

A ce jour, la formulation concrète de cette notion sous forme de préceptes généraux est restée insuffisante, surtout dans les secteurs social et économique; même dans le domaine écologique, différents points (recours aux ressources non renouvelables, substituabilité du capital naturel et économique) font toujours l'objet de controverses. La signification première du développement durable est de mettre à nu les conflits d'intérêts afin d'apprécier les intérêts porteurs d'avenir, et cela dans la transparence. Dans cette optique, il est indispensable de formuler concrètement le concept de développement durable dans les divers domaines politiques à l'aide de critères, d'indicateurs et d'objectifs chiffrés.

En raison de sa grande importance dans toutes les activités économiques et dans le développement, et vu ses répercussions sur l'environnement, l'énergie occupe une position capitale dans le concept du développement durable. La politique énergétique remplit une mission à responsabilité consistant à aménager les conditions-limites du système qui autorisera un tel développement. La politique énergétique de la Confédération est déjà passablement axée sur les exigences posées par le développement durable. Dans la pratique, toutefois, de gros

problèmes restent à résoudre, comme la pollution du climat global par les émissions de gaz à effet de serre.

La figure R-1 illustre bien l'importance, pour le domaine énergétique, de la mise au point d'un système d'indicateurs s'inscrivant dans d'autres systèmes (envisageables ou déjà publiés) d'indicateurs sectoriels:

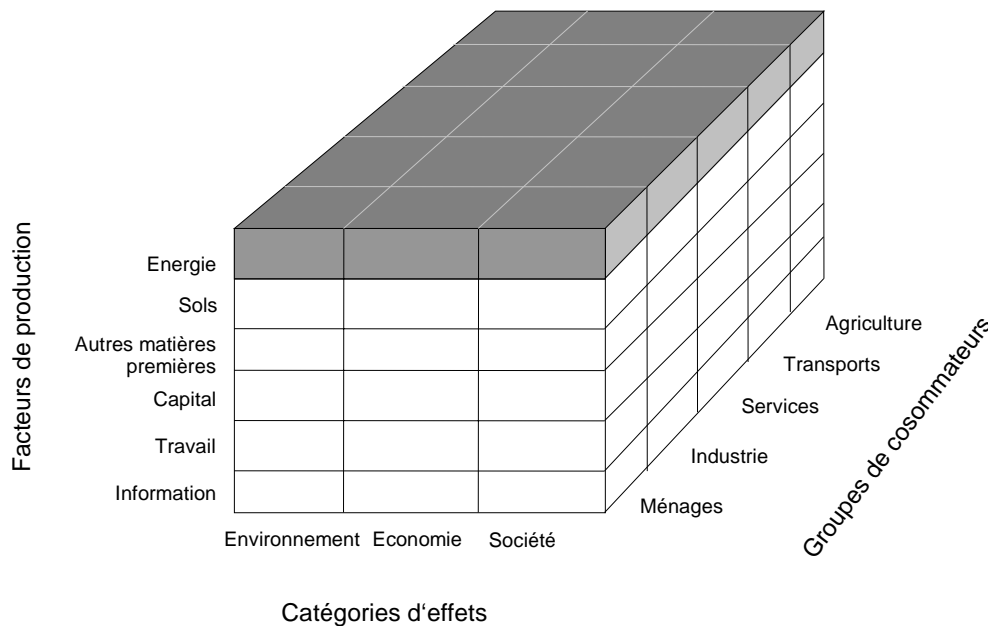


Fig. R-1 Interaction entre les niveaux «Groupes de consommateurs», «Facteurs de production» et «Dimensions des effets», illustrant les frontières entre les systèmes d'indicateurs sectoriels.

### R-3 Délimitation du système et méthodologie

La série d'indicateurs mise au point devrait décrire les aspects essentiels du système énergétique du point de vue du développement durable. Le but n'est donc pas d'illustrer de complexes chaînes de causalité, mais plutôt de les résoudre en se fondant sur un nombre restreint d'indicateurs démontrant aux milieux politiques comment le système énergétique évolue au fil du temps par rapport à des critères de durabilité spécifiques.

Nous distinguons quatre types d'indicateurs (cf. fig. R-2):

- Les **indicateurs d'effets** se réfèrent aux effets du secteur énergétique sur l'environnement, l'économie et la société. En font notamment partie des dimensions telles que la quantité et la qualité de l'offre énergétique, c.-à-d. l'effet essentiel « couverture de la demande d'énergie utile ».
- Les **indicateurs d'activité** se réfèrent à la production et à la consommation de marchandises et de services par les quatre groupes de consommateurs que sont l'industrie, les services, les ménages et les transports. Leur niveau d'activité constitue le principal moteur de la demande d'énergie utile.

- Les **indicateurs de rendement énergétique** se réfèrent au rendement technico-énergétique de la production, de la transformation et de l'utilisation de l'énergie.
- Les **indicateurs politiques** illustrent les réactions entraînées par la politique énergétique sur l'aménagement durable du secteur énergétique. La plupart de ces réactions visent une évolution des mentalités et, surtout, des comportements, susceptible d'améliorer la condition du système (p. ex. par une réforme fiscale dans le domaine de l'énergie).

Tout comme dans les précédents travaux, nous poursuivons notre démarche à deux niveaux. Dans une première phase, nous déterminons les critères propres à favoriser un développement durable du système énergétique. Puis, au cours de la seconde phase, nous recherchons des indicateurs illustrant ces critères de manière optimale. La détermination des critères – résultant d'un processus partiellement itératif – est effectuée tant *bottom-up* (de bas en haut), en fonction de l'analyse des systèmes d'indicateurs existants, que *top-down* (de haut en bas), à partir des définitions générales ainsi que des règles pratiques du développement durable.

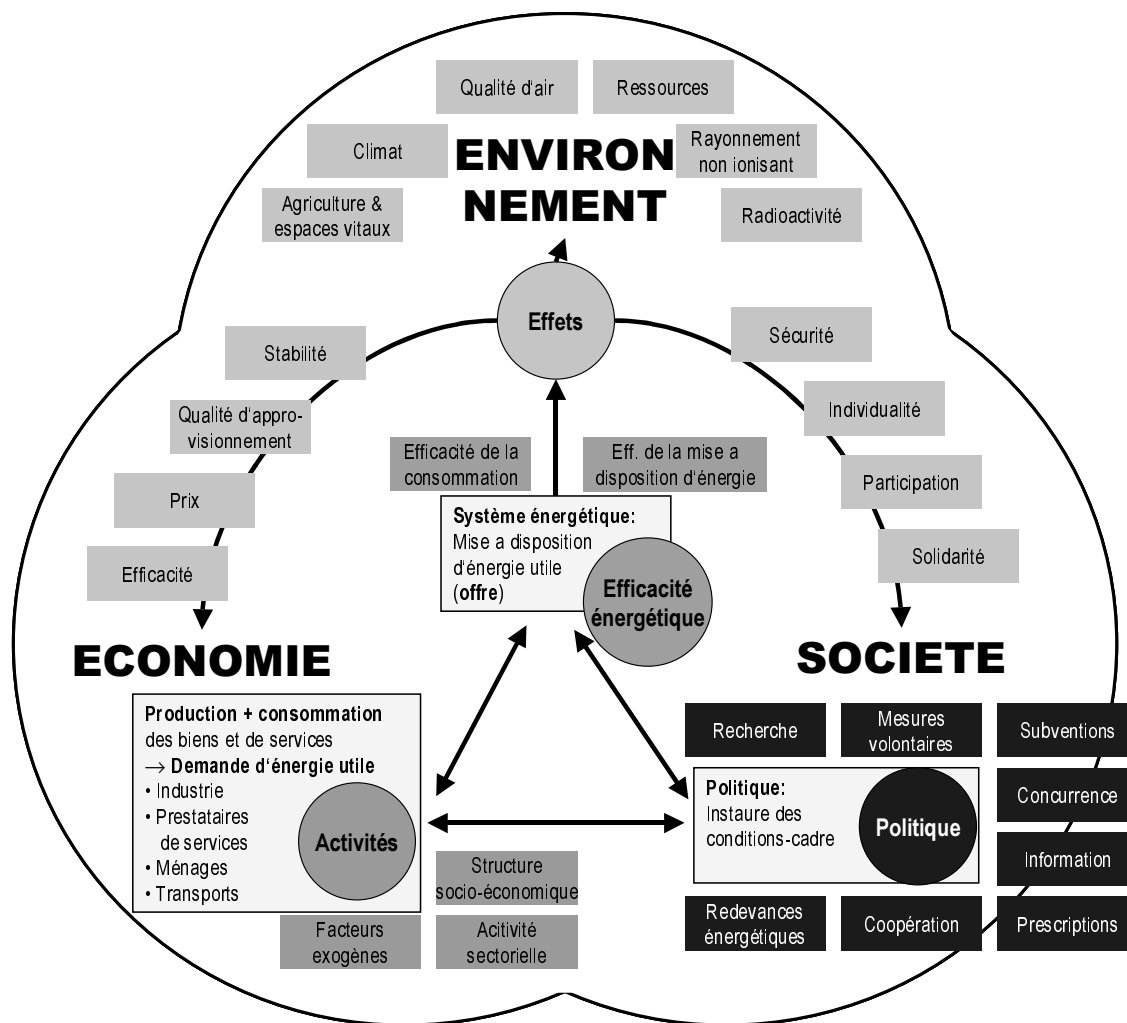


Fig. R-2 Illustration des types d'indicateurs et critères utilisés.

Les effets du système énergétique suisse s'étendent bien au-delà de nos frontières nationales. Le système d'indicateurs est délimité de la manière suivante:

- **Principe de l'enregistrement des statistiques énergétiques:** Au vu des données disponibles, les indicateurs de durabilité doivent en principe respecter le principe de territorialité. A titre d'exemple, on enregistre la consommation totale d'énergie et ses effets sur l'environnement en Suisse et ce, qu'elle soit le fait de la population domiciliée dans le pays ou de personnes étrangères (p. ex. trafic de transit). Conformément au principe de causalité, des éléments spécifiques doivent en outre être pris en compte, notamment les effets parallèles sur l'environnement à l'étranger (cf. ci-dessous), de même que la pollution de l'environnement imputable à l'énergie des voyages aériens de la population suisse dans le monde entier.
- **Energie grise et effets parallèles sur l'environnement:** L'importation de matières énergétiques et de marchandises à forte consommation énergétique implique une consommation d'énergie avec pollution de l'environnement à l'étranger. Afin de tenir compte du principe de causalité, le système d'indicateurs doit par conséquent – dans la mesure du possible – refléter ces effets «parallèles» sur l'environnement.
- **Effets parallèles aux plans économique et social:** Le secteur de l'énergie en Suisse entraîne également à l'étranger, tout comme dans le cas des effets parallèles sur l'environnement, des effets économiques et sociaux dont une partie est souhaitable, mais l'autre nuisible du point de vue du développement durable. A titre d'exemple, citons les répercussions, sur l'innovation et l'emploi, du commerce de l'énergie, de même que les problèmes de droits de l'homme et les effets externes environnementaux, liés à la production des énergies non renouvelables. Faute de données suffisantes, ces aspects ne sont pas pris en compte dans notre système d'indicateurs.

#### R-4 Critères et indicateurs dans le secteur de l'énergie

Le tableau ci-après présente un total de 27 critères et de 60 indicateurs (10 pour l'environnement, 10 pour l'économie, 6 pour la société, 16 pour l'efficacité des activités, 10 pour le rendement énergétique, de même que 8 indicateurs politiques) que nous proposons d'adopter.

Critères	Indicateurs	Tendance souhaitable	Coûts des relevés
<b>1. Effets sur l'environnement, l'économie et la société</b>			
Ressources	Consommation énergétique primaire [PJ/a, par matière énergétique]	↓	faibles *
Agriculture & espaces vitaux	Potentiel conflictuel des lignes de transport d'énergie [km de lignes à faible / moyen / haut potentiel conflictuel]	↓	moyens à élevés
	Pollution des eaux vives par l'exploitation de la puissance hydraulique [km d'eaux inutilisées, de même que d'eaux faiblement / moyennement / fortement utilisées]	↓	moyens à élevés
Climat	Emissions de gaz à effet de serre [t équivalents CO <sub>2</sub> /a]	↓	faibles *
Qualité de l'air	Emissions de NO <sub>x</sub> , PM <sub>10</sub> et NMVOC [t/a]	↓	faibles *
Radioactivité	Emissions radioactives dans l'air et dans les eaux [Bq par période X]	↓	moyens *
	Déchets radioactifs [m <sup>3</sup> /a, différenciés selon leur durée d'inclusion]	↓	faibles
Rayonnement non ionisant	Pollution par lignes électriques aériennes [nombre de personnes]	↓	moyens à élevés
Qualité d'approvisionnement	Fiabilité (livraisons d'énergie défaillantes, différenciées par agent énergétique) [MJ]	↓	moyens
	Auto-approvisionnement (proportion de la consommation énergétique suisse pouvant être couverte par des sources nationales) [%]	↑	faibles
	Degré de diversification du système énergétique suisse [--]	↑	faibles
Prix	Indice des prix de l'énergie de consommation pour les ménages [points d'indice]	↓	faibles
	Prix de l'énergie pour les entreprises: indice des prix de l'énergie pour les producteurs suisses, comparé à ceux de l'OCDE [points d'indice]	↓	moyens
	Volatilité du prix de l'électricité mesurée d'après le Swiss Electricity Price Index (SWEP) [--]	↓	faibles
	Volatilité du prix du pétrole [--]	↓	faibles
Efficacité	Besoins d'internalisation: coûts externes non internalisés différenciés par agent énergétique [CHF]	↓	élevés
	Innovation : Activité de la recherche en Suisse en matière d'énergie [nombre de citations selon SCI]	↑	moyens
Stabilité	Chômeurs dans la branche de l'énergie: nombre de personnes au bénéfice de l'AC ou en fin de droit ayant exercé leur dernière activité dans la branche de l'énergie [nombre de personnes]	↓	faibles à moyens
Solidarité (ser-	Différences de prix entre régions: prix moyen du décil le	↓	moyens à

vice public)	plus cher exprimé en pour cent du prix moyen du décil le plus avantageux [%]		élevés
Participation	Satisfaction quant aux possibilités de participation: proportion de la population adulte satisfaite des possibilités de cogestion dans le secteur de l'énergie (politique, planification, projets) [%]	↑	moyens à élevés
Individualité	Possibilité d'approvisionnement en courant électrique écologique: proportion de la population suisse à laquelle le fournisseur local d'énergie a soumis une offre d'achat de courant électrique écologique [%]	↑	moyens à élevés
	Problèmes de protection des données: cas annoncés au responsable de la protection des données en relation avec l'économie énergétique [nombre de cas]	↓	moyens
Sécurité	Lésions aux personnes dues à un accident [nombre de personnes blessées et tuées en relation avec l'utilisation d'énergie dans les ménages ou au travail en Suisse]	↓	moyens
	Risques inhérents à l'ensemble du système [...]	↓	élevés
<b>2. Activités des groupes de consommateurs</b>			
Activité sectorielle	Surface énergétique de référence énergétique des ménages [m <sup>2</sup> ]	--	faibles
	Appareils électriques par ménage [nombre]	--	?
	Surface de référence énergétique dans le secteur des services [m <sup>2</sup> ]	--	faibles
	Indicateur éventuel des appareils électriques dans le secteur des services	--	?
	Indice de production industrielle [--]	--	faibles
	Prestations kilométriques des voitures privées [Fzkm/a]	--	faibles
	Prestations kilométriques des poids lourds et des véhicules de livraison [Fzkm/a]	--	faibles
	Trajets aériens de la population [nombre/a]	--	faibles
	Consommation finale d'énergie [PJ, par groupes de consommateurs]	↓	faibles
Structure socio-économique	Grandeur moyenne des ménages [nombre de personnes]	--	faibles
	Valeur ajoutée dans le secteur des services [CHF]	--	faibles
	Bilan import/export des biens à forte consommation énergétique [unités]	--	moyens
	Parc de voitures privées [--]	--	faibles
Facteurs exogènes	Population [--]	--	faibles
	PIB [CHF]	--	faibles
	Conditions climatiques [nombre de degrés-jours de chauffage]	--	faibles
<b>3. Rendement énergétique</b>			
Rendement énergétique	Besoins spécifiques des ménages en énergie de chauffage [J/m <sup>2</sup> ]	↓	faibles
	Indice de consommation d'énergie des appareils électriques des ménages [--]	↓	élevés?
	Besoins spécifiques du secteur des services en énergie de chauffage [J/m <sup>2</sup> ]	↓	faibles

	Indice de consommation d'énergie des appareils électriques dans le secteur des services [--]	↓	élevés?
	Indice de consommation d'énergie dans la production industrielle [--]	↓	élevés?
	Consommation spécifique des voitures privées [J/Fzkm]	↓	faibles
	Consommation spécifique des poids lourds et des véhicules de livraison [J/Fzkm]	↓	faibles
	Consommation spécifique des vols aériens [J/Pkm]	↓	faibles
	Proportions respectives des énergies renouvelables par rapport à la consommation finale d'énergie finale [%]	↑	faibles
	Degré d'efficacité de la fourniture d'énergie de consommation [%, par agent énergétique]	↑	faibles
<b>4. Mesures politiques</b>			
Coopération	Population des cités de l'énergie (proportion de la population suisse vivant dans des cités de l'énergie) [%]	--	faibles
Information	Dépenses en matière d'information (total des dépenses que l'Etat consacre au perfectionnement professionnel et à des campagnes d'information sur sa politique énergétique), en CHF par rapport au PIB [%]	--	moyens
Recherche	Fonds engagés par l'Etat dans des projets de recherche en rapport avec le développement durable dans le secteur de l'énergie, calculés par rapport au PIB [%]	--	moyens
Redevances énergétiques	Proportion des redevances dans le prix de l'énergie (volume total des redevances sur l'énergie perçues par l'Etat, calculé par rapport au total des redevances énergétiques payées par les ménages et les entreprises) [%]	--	faibles
Concurrence	Libéralisation du marché de l'électricité (proportion de la consommation de courant électrique négocié dans des conditions de libre concurrence) [%]	--	faibles à moyens
Subventions	Subventions liées à la politique énergétique (subventions de l'Etat visant à promouvoir l'efficacité énergétique ou l'utilisation des matières énergétiques indigènes et/ou renouvelables), en CHF par rapport au PIB [%]	--	faibles à moyens
Mesures volontaires	Economies d'énergie résultant de conventions volontaires: quantité d'énergie totale [GJ] pour les 10 prochaines années	--	moyens
Prescriptions (normes de consommation)	Economies d'énergie résultant de prescriptions (au sens large) en matière de consommation énergétique: quantité d'énergie totale [GJ] pour les 10 prochaines années	--	moyens

*Tableau R-1: Récapitulation des critères et indicateurs proposés. La colonne «Coûts des relevés» indique les dépenses (et autres efforts) supplémentaires induites par les relevés et la mise à jour des données statistiques dans le système des indicateurs de durabilité. \* Hypothèse: les données relatives aux émissions parallèles en dehors de Suisse peuvent être actualisées périodiquement grâce à la banque de données Ecoinvent.*

**Indicateurs d'effets écologiques:** Ces indicateurs décrivent l'évolution du secteur de l'énergie par rapport aux principaux problèmes écologiques qu'il pose. Parmi les indicateurs de consommation et d'émission, les portions «parallèles», c'est-à-dire relatives à l'étranger, doivent être indiquées dans une rubrique distincte.

**Indicateurs d'effets économiques:** Faute d'autres bases, les critères et indicateurs classés dans ce secteur découlent désormais de l'objectif principal consistant à « couvrir efficacement les besoins ». La couverture des besoins y est mesurée en termes de qualité de fourniture et de prix, tandis que le rendement, l'innovation et la stabilité poursuivent essentiellement des objectifs d'efficacité dans le contexte économique. Les critères qui ne peuvent constituer un objectif sectoriel (parce qu'ils sont situés hors du secteur énergétique) et qui n'ont, en conséquence, aucune raison d'être, p. ex. «Nombre de personnes actives», ont été délibérément abandonnés.

**Indicateurs d'effets sociaux:** Une fois encore, nous partons d'un objectif principal (ici, la justice et la solidarité), mais en y ajoutant des critères supplémentaires tels que la participation, l'individualité et la sécurité. Plus encore que dans le secteur économique, ces critères sont fortement tributaires de valeurs sociopolitiques. Une fois de plus, nous nous limitons aux seuls critères ayant un sens dans le secteur spécifique de l'énergie (comme la solidarité régionale en matière de prix), abandonnant ainsi délibérément des critères généraux (tels que les compensations entre catégories de revenus).

**Indicateurs d'activité:** Tout comme les indicateurs d'efficacité énergétique, ces indicateurs illustrent les motivations sous-jacentes à l'évolution de la consommation d'énergie. Les indicateurs d'activité décrivent le niveau de la production et de la consommation au sein des quatre catégories de consommateurs que sont les ménages, les services, l'industrie et les transports. Ils se réfèrent à des composants spécifiques de la consommation qui concourent de manière déterminante à l'évolution de la consommation. En outre, ils mettent en lumière les facteurs exogènes (tels qu'interdépendances climatiques) ainsi que divers aspects spécifiques aux structures socio-économiques (p. ex. parc des voitures privées) influant sur le niveau d'activité des différentes catégories de consommateurs.

**Indicateurs de rendement énergétique:** Ces indicateurs se réfèrent à l'efficacité d'utilisation des énergies. En raison des multiples emplois de l'énergie, nous avons inévitablement dû nous limiter à un nombre restreint de paramètres, qu'il s'agit (autant que possible) de coordonner en fonction des indicateurs d'activité exposés précédemment, lesquels décrivent les besoins d'énergie finale par activité. Par ailleurs, faute de pouvoir relever des données fiables quant à l'efficacité de transformation des énergies utile et finale, nous y avons renoncé.

Les facteurs d'activité et d'efficacité doivent se fonder sur les modèles de consommation énergétique des quatre catégories de consommateurs élaborés par l'OFEN. La structure de ces modèles et l'étendue des travaux préparatoires y relatifs n'ont toutefois pas pu être pris suffisamment en compte dans le cadre de la présente étude. Ces indicateurs d'activité et

d'efficacité énergétiques doivent par conséquent être considérés comme provisoires. Leurs qualités et leur caractère approprié doivent encore faire l'objet de discussions approfondies avec les institutions concernées, en particulier quant à leur force probante ainsi qu'aux coûts qu'implique leur relevé.

**Indicateurs politiques:** En se fondant sur les objectifs d'efficacité déterminés précédemment ainsi que sur les objectifs poursuivis dans le cadre de la politique énergétique actuelle, nous avons identifié les principaux types de mesures, chacun d'entre eux étant caractérisé par un indicateur donné. De fait, ces types de mesures représentent des paramètres assez grossiers de l'intensité des activités politiques; ils ne peuvent toutefois en aucun cas remplacer une évaluation approfondie des effets de certaines mesures.

### **R-5 Discussion et recommandations**

**Qu'est-ce qui a changé?** La classification par types de critères, resp. d'indicateurs (activités, politique, rendement énergétique, effets environnement/économie/société) est nouvelle. Nous la recommandons vivement, puisque parmi la multitude de systèmes d'indicateurs proposés ces derniers temps, aucun ne s'est finalement avéré convaincant eu égard aux objectifs actuels. De même, nous avons pris connaissance des nouvelles propositions en matière d'opportunité des indicateurs sectoriels dans les secteurs économique et social.

**Que reste-t-il à faire?** Conformément au mandat qui nous a été confié, ces indicateurs sont à considérer comme une première proposition. Avant de pouvoir être relevés de manière régulière, certains d'entre eux nécessitent en outre des éclaircissements complémentaires quant à leur force probante et à la possibilité de saisie. Il ne nous semble pas opportun de fixer des objectifs chiffrés ni de procéder à des regroupements d'indicateurs; toutefois, au cas où cette démarche serait souhaitée (pour des raisons politiques ou à des fins de communication), il conviendrait alors de prendre des dispositions.

**A quoi sert le système? A quoi n'est-il pas destiné?** Ce système convient bien à un enregistrement de type «inventaire national» et à l'élaboration de «séries chronologiques». Abstraction faite du coût des relevés, on pourrait envisager aussi des comparaisons internationales ainsi que des comparaisons avec d'autres secteurs. L'utilisation du système à l'échelon cantonal ou local ainsi qu'une évaluation des divers projets seraient en principe possibles même si elles impliquent une série de compléments et d'adaptations. Cependant, en l'absence d'engagements politiques complémentaires dans ce sens, le système d'indicateurs proposé ne convient ni à des comparaisons d'objectifs chiffrés, ni à un regroupement dans le cadre d'une évaluation globale. De même, ce système ne prétend remplacer ni les études et évaluations approfondies, ni les contrôles d'efficacité.

**Et ensuite?** Les prochaines étapes recommandées comprennent un atelier (workshop) en vue d'élargir le soutien des milieux techniques, des approfondissements ciblés, le relevé des données, la présentation dans une brochure aisée à lire ainsi que l'intensification de la collaboration avec d'autres services travaillant avec des systèmes d'indicateurs.



# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b> .....	<b>K-1</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>R-1</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>I</b>
<b>1 Einführung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Ausgangslage.....	1
1.2 Zielsetzung und Abgrenzung .....	1
1.3 Gliederung der Studie.....	2
<b>2 Nachhaltigkeit: Konzept, Politik und Stellenwert der Energie</b> .....	<b>5</b>
2.1 Nachhaltigkeit: Konzeptioneller Hintergrund .....	5
2.1.1 Entstehung des Begriffs und heutige Definition .....	5
2.1.2 Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung.....	7
2.1.3 Anwendung und Nutzen in der politischen Praxis.....	10
2.2 Nachhaltigkeit in der Bundespolitik .....	11
2.3 Stellenwert der Energie im Konzept der nachhaltigen Entwicklung .....	13
2.3.1 Fragestellung und Ansatz.....	13
2.3.2 Nachhaltige Entwicklung: Rolle der Energie.....	13
2.3.3 Nachhaltigkeit in der Schweizer Energiepolitik .....	17
2.4 Fazit.....	20
<b>3 Methodik und Systemabgrenzung</b> .....	<b>21</b>
3.1 Methodik.....	21
3.1.1 Indikatorensystem: Auflösung komplexer Kausalketten.....	21
3.1.2 Anforderungen an Indikatoren.....	23
3.1.3 Indikatorensystematik .....	23
3.1.4 Erarbeitung des Systems .....	27
3.2 Systemabgrenzung.....	27
3.2.1 Sektorale Abgrenzung.....	27
3.2.2 Territoriale Abgrenzung.....	29
<b>4 Nachhaltigkeitsindikatoren: bestehende Systeme</b> .....	<b>33</b>
4.1 International.....	33
4.1.1 Indikatorensysteme zwischenstaatlicher Organisationen .....	33
4.1.2 Indikatorensysteme der Europäischen Union (EU).....	35
4.1.3 Indikatoren auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene.....	39
4.2 Schweiz .....	40
4.2.1 Sektorübergreifende Nachhaltigkeitsindikatoren .....	40
4.2.2 Sektorielle Aktivitäten und Indikatorensysteme .....	41
4.3 Fazit.....	43

<b>5</b>	<b>Energieindikatoren: bestehende Systeme .....</b>	<b>45</b>
5.1	International.....	45
5.1.1	Energieindikatorensysteme internationaler Organisationen.....	45
5.1.2	Energieindikatorensysteme ausgewählter Länder .....	47
5.1.3	Exkurs: Exergie .....	49
5.2	Schweiz .....	51
5.2.1	Schweizerische Gesamtenergiestatistik .....	51
5.2.2	Ökoinventare für Energiesysteme; Projekt Ecoinvent .....	51
5.2.3	Indikatoren zur Bewertung von Energieerzeugungsanlagen / Projekt GaBE .....	53
5.2.4	Forschungsarbeiten des Centre for Energy Policy and Economics (CEPE).....	53
5.2.5	Kantonale Energieindikatoren .....	54
5.2.6	Fallstudie „Sustainable Energy Development in Switzerland“ .....	55
5.2.7	Weitere Arbeiten .....	56
5.3	Fazit.....	57
<b>6</b>	<b>Kriterien für den Energiebereich .....</b>	<b>59</b>
6.1	Wirkungen auf die Umwelt .....	59
6.1.1	Problemstellung und methodischer Ansatz.....	59
6.1.2	Übersicht und Diskussion der Umweltwirkungen .....	61
6.1.3	Fazit „Wirkungen auf die Umwelt“ .....	69
6.2	Wirkungen auf die Wirtschaft .....	70
6.2.1	Problemstellung und methodischer Ansatz.....	70
6.2.2	Wirtschaftliche Bedürfnisse befriedigen.....	72
6.2.3	Wirtschaftliche Effizienz der Energieversorgung und –nutzung .....	74
6.2.4	Wirtschaftliche Stabilität des Sektors.....	76
6.2.5	Fazit „Wirkungen auf die Wirtschaft“ .....	77
6.3	Wirkungen auf die Gesellschaft .....	78
6.3.1	Problemstellung und methodischer Ansatz.....	78
6.3.2	Gerechtigkeit und Ausgleich (Solidarität).....	79
6.3.3	Partizipation .....	80
6.3.4	Individualität .....	80
6.3.5	Sicherheit .....	81
6.3.6	Weitere Kriterien .....	82
6.3.7	Fazit „Wirkungen auf die Gesellschaft“ .....	82
6.4	Aktivitäts- und Energieeffizienzkriterien .....	83
6.4.1	Zielsetzung und Vorgehen .....	83
6.4.2	Bestimmungsgründe des Energieverbrauchs .....	83
6.4.3	Fazit „Aktivitäts- und Energieeffizienzkriterien“ .....	85
6.5	Politikkriterien .....	86
6.5.1	Problemstellungen .....	86
6.5.2	Herleitung der Kriterien .....	87
6.5.3	Auswahl der relevanten Politikkriterien .....	89
6.5.4	Fazit „Politikkriterien“ .....	92
<b>7</b>	<b>Indikatoren für den Energiebereich.....</b>	<b>93</b>
7.1	Wirkungen auf die Umwelt .....	93
7.1.1	Ressourcen.....	93

7.1.2	Flächen, Landschaft, Lebensräume .....	94
7.1.3	Klima.....	97
7.1.4	Lufthygiene .....	98
7.1.5	Radioaktivität .....	99
7.1.6	Nichtionisierende Strahlung .....	100
7.1.7	Graue Umweltwirkungen und Erfassungsprinzip .....	102
7.2	Wirkungen auf die Wirtschaft .....	104
7.2.1	Versorgungsqualität .....	104
7.2.2	Preise.....	105
7.2.3	Effizienz .....	107
7.2.4	Stabilität .....	108
7.3	Wirkungen auf die Gesellschaft .....	109
7.3.1	Solidarität (Service Public) .....	109
7.3.2	Partizipation .....	109
7.3.3	Individualität.....	110
7.3.4	Sicherheit.....	111
7.4	Aktivitäts- und Energieeffizienzindikatoren.....	113
7.4.1	Zielsetzung und Vorgehen .....	113
7.4.2	Exogene Faktoren.....	113
7.4.3	Private Haushalte.....	114
7.4.4	Dienstleistung und Landwirtschaft.....	115
7.4.5	Industrie .....	116
7.4.6	Verkehr .....	117
7.4.7	Energiewirtschaft; sektorübergreifende Indikatoren.....	118
7.5	Politikindikatoren .....	119
7.5.1	Kooperation .....	119
7.5.2	Information.....	120
7.5.3	Forschung.....	120
7.5.4	Energieabgaben.....	121
7.5.5	Wettbewerb.....	121
7.5.6	Subventionen .....	122
7.5.7	Freiwillige Massnahmen.....	122
7.5.8	Vorschriften (Verbrauchsstandards).....	124
<b>8</b>	<b>Synthese und Empfehlungen.....</b>	<b>127</b>
8.1	Zusammenfassung der vorgeschlagenen Kriterien und Indikatoren.....	127
8.2	Möglichkeiten und Grenzen des vorgeschlagenen Systems .....	131
8.2.1	Was ist neu? .....	131
8.2.2	Was bleibt zu tun? .....	131
8.2.3	Zur Datenlage .....	132
8.2.4	Wozu kann das Indikatorensystem dienen - wozu nicht? .....	133
8.3	Empfehlungen .....	136
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>137</b>
<b>A1</b>	<b>Nachhaltigkeitsindikatoren Verkehr (EBP / NFP 41) .....</b>	<b>A1-1</b>
<b>A2</b>	<b>Ausgewählte Systeme von Energieindikatoren.....</b>	<b>A2-1</b>



# 1 Einführung

## 1.1 Ausgangslage

Seit dem Erdgipfel von Rio 1992 hat sich der Begriff der Nachhaltigkeit zu einem vielbeachteten Konzept entwickelt. Für den Erfolg in der politischen Praxis ist seine Konkretisierung und Operationalisierung von entscheidender Bedeutung. Dafür braucht es repräsentative Indikatoren, welche die Entwicklung in den einzelnen Politikbereichen aufzeigen und aus Sicht der Nachhaltigkeit interpretierbar machen.

In der Schweiz wurden in jüngster Zeit Indikatorensysteme oder entsprechende Grundlagen für mehrere Politikbereiche entwickelt, darunter der Verkehr, die Landwirtschaft, die Landwirtschaft sowie der Bereich Wohnungsbau. Der Stellenwert der Energie im Nachhaltigkeitskonzept wurde jedoch erst in Ansätzen untersucht. Entsprechend fehlen geeignete Indikatoren, welche die Nachhaltigkeit des Energiebereichs und der Energiepolitik umfassend darlegen.

Aus diesem Grund hat das Bundesamt für Energie (BFE) im Rahmen des Forschungsprogramms *Energiewirtschaftliche Grundlagen* das vorliegende Projekt gestartet. Insbesondere sind die folgenden Fragen zu beantworten:

- Welchen Stellenwert nimmt die Energiepolitik im Konzept einer nachhaltigen Entwicklung ein?
- Wie kann die Energiepolitik in einem Nachhaltigkeitskonzept erfasst und dargestellt werden?
- Welche Indikatoren sind konkret für die Nachhaltigkeit im Rahmen der Energiepolitik zu verwenden?
- Welche Indikatoren sind für die Energiepolitik in der Schweiz verfügbar?
- Welche Indikatoren sollen zusätzlich entwickelt werden? Mit welchem Aufwand ist dabei zu rechnen? Welche Aussagekraft haben die Indikatoren?

## 1.2 Zielsetzung und Abgrenzung

Die vorliegende Studie verfolgt zwei Hauptziele:

- Aufzeigen des Stellenwertes der Energie im Rahmen des Nachhaltigkeitskonzeptes unter Angabe der wichtigsten Bezugspunkte und Querbezüge.
- Entwicklung eines Konzeptes für ein griffiges, quantitatives Indikatorensystem, mit dem die Nachhaltigkeit der Energiepolitik, der Energieversorgung und -nutzung erfasst werden kann.

Die Studie berücksichtigt die diversen bestehenden Indikatorensysteme in den Bereichen Energie sowie Nachhaltigkeit. Bezüge des Energiebereichs zu diesen nationalen (z.B. Gesamtenergiestatistik, Verkehrsindikatoren) und internationalen Systemen (z.B. EU, IEA, OECD, UNO) werden aufgezeigt. Eine eigentliche Abstimmung wird hingegen nicht vorgenommen; statt dessen will die vorliegende Studie bewusst Neuland beschreiten, soweit dies inhaltlich gerechtfertigt ist. Die Konsolidierung sektorieller Indikatorensysteme und die internationale Abstimmung bleibt somit zukünftigen Arbeitsschritten vorbehalten.

Als Anwendung steht die periodische, überblicksartige Gesamtevaluation der schweizerischen Energiepolitik im Vordergrund, z.B. im Rahmen der Vollzugstätigkeit und öffentlichen Berichterstattung des BFE sowie im Rahmen der Legislaturplanung des Bundes. Angestrebt wird deshalb ein übersichtliches, leicht verständliches Indikatorenset.

Zusätzlich soll das Indikatorensystem auch einen groben Orientierungsrahmen für die einheitliche Beurteilung einzelner Massnahmen und Projekte im Energiebereich liefern. Ein fertiges Werkzeug für vertiefte Evaluationen wird hingegen nicht verfolgt, weil dies ein viel detaillierteres System erfordert und die Übersichtlichkeit gefährden würde. Vielmehr soll das Indikatorensystem im Sinne eines *Basissets* später nach Bedarf angepasst, ausgebaut und verfeinert werden können.

Aus Sicht der Nachhaltigkeit sind die absoluten (Neben-)Wirkungen des Energiebereichs auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft letztlich entscheidend. Aus diesem Grund war ursprünglich eine Beschränkung auf Wirkungsindikatoren vorgesehen. Zur Vervollständigung wurden im Projektverlauf zwei kleine Zusatzmodule ausgelöst: eines zu den Triebkräften, welche der Wirkungsentwicklung zu Grunde liegen (Aktivitäts- und Energieeffizienzindikatoren), und eines zur Abbildung der energiepolitischen Massnahmen (Politikindikatoren).

Folgende weiteren Arbeiten wurden parallel zum vorliegenden Bericht gestartet und werden in separaten Berichten dokumentiert:

- CUEPE, Genève: „Procédure d'aide à la décision en matière politique“
- ENTEC, St. Gallen, im Auftrag der DEZA: Zusatzmodul „Internationales“

### 1.3 Gliederung der Studie

Kapitel 2 enthält eine Einführung in den Nachhaltigkeitsbegriff. Die Bedeutung des Konzeptes für die politische Praxis und die gegenwärtige Verankerung in der Bundespolitik werden dargelegt. Zur Verortung der Energie im Rahmen des Nachhaltigkeitskonzepts wird einerseits die Bedeutung der Energie für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft erläutert und andererseits der Stellenwert aufgezeigt, welche die Nachhaltigkeit in der Schweizer Energiepolitik heute bereits einnimmt.

Kapitel 3 geht auf methodische Fragen und die Systemabgrenzung ein. Ein neuer Ansatz zur systematischen Einteilung von Indikatoren in Wirkungs-, Aktivitäts-, Energieeffizienz- und

Politikindikatoren wird entwickelt und mit bestehenden Systematiken verglichen. Die Bezüge zwischen verschiedenen sektoralen Indikatorensystemen werden diskutiert, ebenso Fragen der territorialen Abgrenzung.

Kapitel 4 analysiert bestehende Systeme von Nachhaltigkeitsindikatoren („Bottom-Up-Analyse“), und leitet Folgerungen zur Wahl der Kriterien und Indikatoren für den Energiebereich ab.

Kapitel 5 nimmt, analog zu Kapitel 4, eine Bottom-Up-Analyse bestehender Indikatorensysteme für den Energiebereich vor.

Kapitel 6 leitet die ökologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Kriterien für ein nachhaltiges Energiesystem her. Diese Kriterien bezeichnen die aus Sicht der Nachhaltigkeit wesentlichen Aspekte des Energiesystems, z.B. die Wirkung auf das globale Klima oder die Versorgungsqualität. Zusätzlich zu den Wirkungskriterien werden Aktivitäts-, Energieeffizienz- und Politikkriterien entwickelt.

Kapitel 7 entwickelt Indikatoren, welche die Nachhaltigkeitskriterien des Energiebereichs möglichst optimal abbilden. Für jedes Kriterium werden verschiedene Indikatoren bezüglich Aussagekraft und Erhebungsaufwand geprüft und daraus Empfehlungen abgeleitet.

Kapitel 8 fasst die empfohlenen Indikatoren zusammen. Es diskutiert Anwendungsmöglichkeiten sowie Grenzen des Systems und formuliert Empfehlungen zum weiteren Vorgehen.



## 2 Nachhaltigkeit: Konzept, Politik und Stellenwert der Energie

### 2.1 Nachhaltigkeit: Konzeptioneller Hintergrund

#### 2.1.1 Entstehung des Begriffs und heutige Definition

Der Begriff der Nachhaltigkeit entstammt der Forstwirtschaft des 18. Jahrhunderts. Er bezeichnete ursprünglich eine Form der Bewirtschaftung, bei der nicht mehr Holz genutzt wird als gleichzeitig wieder nachwachsen kann. Das Ziel der nachhaltigen Forstwirtschaft ist die Erhaltung des Grundbestandes zur Sicherung der zukünftigen Nutzung. In einer ökonomischen Deutung kann man sagen, dass von den Zinsen und nicht vom Kapital zu leben sei.

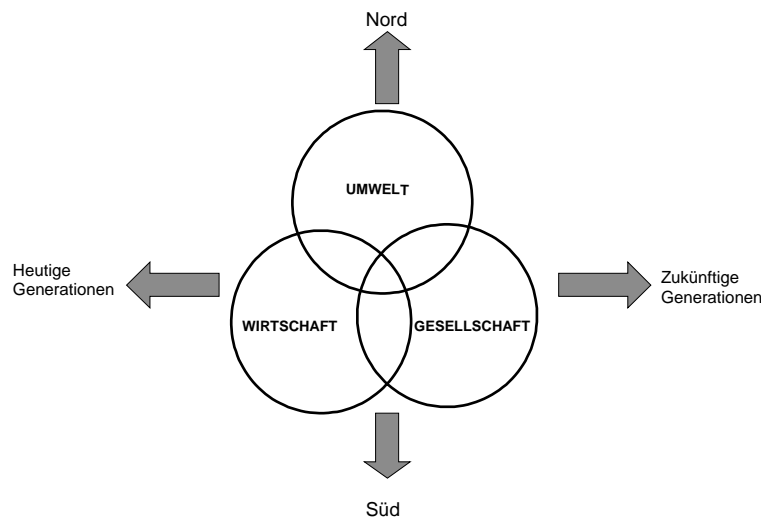
Vor dem Hintergrund der zunehmenden globalen Umwelt- und Entwicklungsprobleme wurde der Begriff der Nachhaltigkeit in jüngerer Zeit aufgenommen und umfassender interpretiert. Die – oft nach ihrer damaligen Präsidentin Brundtland benannte – Kommission der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung (UNCED) legte 1987 ihren Bericht „Unsere gemeinsame Zukunft“ vor“, in dem sie die Problematik einer weltweit nachhaltigen Entwicklung umfassend darstellt. Darin wird nachhaltige Entwicklung definiert als

*„... eine Entwicklung, welche die heutigen Bedürfnisse zu decken vermag, ohne für künftige Generationen die Möglichkeiten zu schmälern, ihre eigenen Bedürfnisse zu decken.“*

Dank ihrer allgemeinen und knappen Formulierung stiess diese Definition auf grosse Zustimmung. Verbreitung fand sie namentlich mit dem UNCED-Weltgipfel von Rio 1992. Heute wird sie weit häufiger zitiert als andere Definitionen. Massgebend für dieses Nachhaltigkeitsverständnis sind vor allem zwei Aspekte:

- **Verteilungsgerechtigkeit:** Eine nachhaltige Entwicklung muss die vorherrschenden Verteilungsprobleme lösen. Dies gilt einerseits für Verteilungsfragen innerhalb der heutigen Generation, z.B. das enorme Wohlstandsgefälle zwischen Nord und Süd (*intragenerationelle* Gerechtigkeit). Andererseits sind auch die Bedürfnisse der zukünftigen Generationen gleichwertig zu berücksichtigen (*intergenerationelle* Gerechtigkeit). Letzteres verlangt eine konsequente Orientierung an langfristigen und globalen Zielen. Die heute gängige Abdiskontierung zukünftiger Schäden und Nutzen wird hinterfragt.
- **Vernetzte Betrachtung:** Umwelt- und Entwicklungsprobleme, ob global oder lokal, können nicht isoliert von ihrem jeweiligen Umfeld gelöst werden. Verlangt sind gesamtheitliche Betrachtungen, welche ökologische, wirtschaftliche und gesellschaftliche (= soziale und kulturelle) Anforderungen nach Möglichkeit gleichberechtigt berücksichtigen. Zielkonflikte zwischen den drei Dimensionen Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft sind von Anfang an offenzulegen.

Ausgehend von diesen Überlegungen besteht heute überwiegender Konsens, dass Nachhaltigkeit ein „Dreigestirn“ aus ökologischer Verträglichkeit, wirtschaftlicher Effizienz und sozialer Gerechtigkeit darstellt. Die Bundesverwaltung teilt diese Auffassung,<sup>1</sup> und auch die vorliegende Studie nimmt diese Definition als Ausgangspunkt. Die nachstehende Figur illustriert dieses Nachhaltigkeitsverständnis:



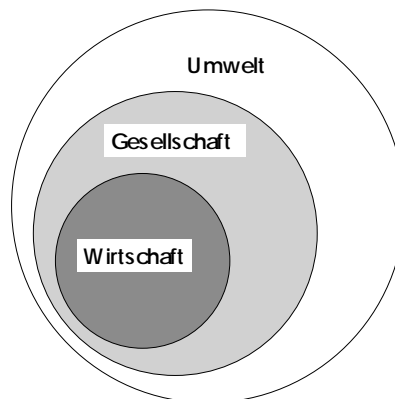
Figur 1: Symbolische Darstellung der zentralen Aspekte der Nachhaltigkeitsvision.  
Quelle: SIA 2000, p.26

Die Gleichberechtigung der drei Dimensionen Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft ist jedoch keineswegs unumstritten. Beispielsweise kritisiert Levett (1999) das „Drei-Kreise“-Modell aus zwei Gründen:

- Eine intakte Umwelt sei eine Vorbedingung für das Bestehen und Funktionieren der beiden anderen Sphären, Wirtschaft und Gesellschaft.
- Wirtschaft sei nicht ein Ziel in sich selbst, sondern ein *soziales* Konstrukt und ein Mittel zur Befriedigung eines Teils der menschlichen Bedürfnisse.

Darauf aufbauend schlägt Levett das „Russian-Doll“-Modell vor, um die Beziehung der drei Nachhaltigkeitsdimensionen zu visualisieren (Figur 2). Aus dieser Perspektive bedeutet Nachhaltigkeit, dass sich die menschliche Gesellschaft innerhalb der Grenzen der Natur (Umwelt) entwickeln muss und dass die Wirtschaft die gesellschaftlichen Bedürfnisse zu befriedigen hat – nicht umgekehrt! Die Respektierung der ökologischen Grenzen („Tragfähigkeit“) wird damit zu *der* Schlüsselfrage der Nachhaltigkeit. Für eine vertiefte Diskussion verschiedener Nachhaltigkeitskonzepte verweisen wir auf Levett (1999), OECD (1997), Renn & Kastenholz (1996), sowie INFRAS (1996, mit speziellem Energiebezug), für eine Diskussion nachhaltiger Politikkonzepte zudem auf OECD (1998b).

<sup>1</sup> Vgl. zum Beispiel IdaRio 1996, pp.8ff.



Figur 2: „Russian Doll“-Modell der Nachhaltigkeit. Quelle: nach Levett 1999

### 2.1.2 Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung

Die vorstehenden Überlegungen zur Definition und Interpretation von Nachhaltigkeit sind ein erster Schritt auf dem Weg zu einer praktischen Anwendung des Konzeptes. Zur weiteren Konkretisierung hat der Interdepartementale Ausschuss Rio (IDA-Rio) Anforderungen innerhalb der drei Dimensionen formuliert, die wir hier – auszugsweise und stellvertretend für die Vielzahl anderer Konkretisierungsansätze – wiedergeben (zur Rolle der Energie im Nachhaltigkeitskonzept, vgl. Abschnitt 2.3):<sup>2</sup>

#### Umwelt

Ziel ist die Erhaltung des beschränkten natürlichen Kapitals (Arten, Ökosysteme, Boden, Mineralien, Wälder, Wasser, Atmosphäre). Daraus ergeben sich folgende ökologischen Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung:

- Die Natur muss in ihrer dynamischen Vielfalt erhalten bleiben. Jede Beeinträchtigung ist deshalb durch Massnahmen zu kompensieren, welche die Erhaltung der biologischen Vielfalt sowie die Qualität und Kontinuität der Ökosysteme gewährleisten.
- Erneuerbare Ressourcen, wie z.B. Tier- und Pflanzenpopulationen, Äcker, Weiden und Wald oder Grundwassersysteme, sind so zu nutzen, dass ihre Regenerationsfähigkeit auf die Dauer erhalten bleibt.
- Nichterneuerbare Ressourcen – beispielsweise fossile Energieträger – dürfen nicht erschöpft werden und sind nach Möglichkeit durch erneuerbare Ressourcen zu ersetzen.
- Bei der Belastung der Umwelt durch abbaubare Abfälle und Emissionen ist sicherzustellen, dass die Verschmutzung unter der Absorptionsfähigkeit der Ökosysteme liegt.

<sup>2</sup> Vgl. IDA-Rio 1997, pp.10ff

- Nicht abbaubare Schadstoffe dürfen nur soweit in die Umwelt emittiert werden, als deren Akkumulation nicht zu einer Schadstoffkonzentration führt, welche Menschen, Flora und Fauna gefährdet.
- Unfallrisiken mit grossräumigen Auswirkungen auf Mensch und Biosphäre sind nur soweit zulässig, als sie auch beim grössten möglichen Schadenereignis keine dauerhaften Schäden über eine Generation hinaus verursachen.<sup>3</sup>

### **Wirtschaft**

Eine leistungsfähige Wirtschaft ist die Voraussetzung für die umfassende Befriedigung der ökologischen und sozialen Bedürfnisse. Dabei sollten sich Wirtschaft und Umwelt idealerweise in einem dynamischen Gleichgewichtszustand befinden.

Für ein nachhaltiges wirtschaftliches Wachstum müssen die Ressourcen aus ökonomischer und ökologischer Sicht effizient genutzt werden. Eine Erhöhung der Ressourcenproduktivität ist nicht nur sinnvoll in bezug auf eine Verringerung des „Naturverbrauchs“ und der Reduktion schädlicher Emissionen, sondern wirkt sich auch positiv auf die volkswirtschaftliche Leistungsfähigkeit aus.

Damit die Ressourcen in einer mit dem Ökosystem verträglichen Art und Weise genutzt werden, müssen die Preise für Rohstoffe, Güter und Dienstleistungen die ökologische Wahrheit ausdrücken. Es ist die Aufgabe des Staates, die dazu notwendigen Rahmenbedingungen zu schaffen, so dass Anreize für eine erhöhte Ressourceneffizienz entstehen. Optimal kann dies nur dann erreicht werden, wenn durch marktkonforme Massnahmen die direkten und indirekten umweltrelevanten Kosten internalisiert werden. Mit anderen Worten: Das Verursacherprinzip muss konsequent angewendet werden.

Bei der Einführung neuer Massnahmen ist darauf zu achten, dass dies in transparenter und voraussehbarer Art geschieht. Der wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit sowie der Standortqualität sind dabei gebührend Rechnung zu tragen.

### **Gesellschaft**

Bei den gesellschaftlichen Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung ist der Bericht der IDA-Rio am wenigsten konkret. Auf der internationalen Ebene verweist er auf die enormen Ungleichheiten zwischen den reichen und den armen Ländern. Die reichen Länder sind für die meisten globalen Umweltschäden und den Grossteil des Ressourcenverbrauchs verantwortlich. Sie müssen einerseits die Effizienz ihrer Produktion steigern und andererseits ihre Konsummuster ändern. Die armen Länder haben ihrerseits ein Anrecht auf Entwicklung. Zudem stellt extreme Armut selbst ein Hindernis für nachhaltige Entwicklung dar, weil ein re-

---

<sup>3</sup> Anmerkung der Autoren: Gemäss dieser Definition ist namentlich der Betrieb von Kernkraftwerken nicht mit der Nachhaltigkeit vereinbar.

spektvoller Umgang mit Ressourcen wie Brennholz, Wasser, wilder Fauna und Flora unmöglich ist, wenn das Überleben im Vordergrund steht.

Als Folgerung wird verlangt, dass die internationale Solidarität und Zusammenarbeit zur Linderung der weltweiten Armut substanziell zu fördern sei. Auf nationaler Ebene sollten grösste Anstrengungen unternommen werden, damit sich die Einkommensschere zwischen den Reichsten und den Ärmsten nicht weiter öffnet und damit die soziale Ausgrenzung verschwindet, namentlich in Zusammenhang mit der Arbeitslosigkeit.

### **Würdigung; Alternativmodelle**

Die vorstehenden Handlungsregeln für ökologische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Nachhaltigkeit sind, wie einleitend erwähnt, keine abschliessende Interpretation und auch keineswegs unumstritten. Auffällig ist, dass die gesellschaftlichen Anforderungen bedeutend vager umschrieben sind als die ökologischen. Die wirtschaftlichen Anforderungen liegen bezüglich Konkretisierungsgrad etwa dazwischen.

Ein Ansatz zur Konkretisierung der Nachhaltigkeit, der als gedankliches Modell gute Dienste leistet, ist das so genannte Kapitalstockmodell.<sup>4</sup> Dabei werden die Bereiche Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft als separate „Kapitalstöcke“ betrachtet, die es in Analogie zum oben erwähnten Wald oder zum finanziellen Kapital zu erhalten gilt. Im übertragenen Sinn soll auch hier von den Zinsen statt vom Kapital gelebt werden, wobei praktikable Regeln nicht ganz einfach zu formulieren sind.

Das Modell führt zur Frage nach der Komplementarität und Substituierbarkeit der verschiedenen „Kapitalien“. Die so genannte *schwache Nachhaltigkeit* postuliert eine vollständige Substituierbarkeit. Demnach könnten z.B. Verluste an Naturkapital durch einen Zuwachs an wirtschaftlichem Kapital aufgefangen werden. Die *starke Nachhaltigkeit* schliesst diese gegenseitige Substituierbarkeit aus. Entsprechend müssten aus der Sicht der starken Nachhaltigkeit vermutlich schärfere Handlungsregeln abgeleitet werden als es dies IDA-Rio bisher getan hat. Die Auslegung der Nachhaltigkeit ist somit entscheidend von Werthaltungen geprägt. Dies zeigt sich bei Interessenabwägungen, auf die wir nachstehend kurz eingehen.

Vielversprechend ist das Konzept „Schwache Nachhaltigkeit PLUS“, welches Mauch et al. (2001) kürzlich vorgeschlagen haben. Dabei wird das Grundmodell der schwachen Nachhaltigkeit mit Zusatzbedingungen ergänzt, um ungenügend funktionierende Substitutionsprozesse sowie Schwellenwerte zu berücksichtigen. Beispiele sind minimale Standards für Umwelt, Menschenrechte sowie den Umgang mit Grossrisiken.

---

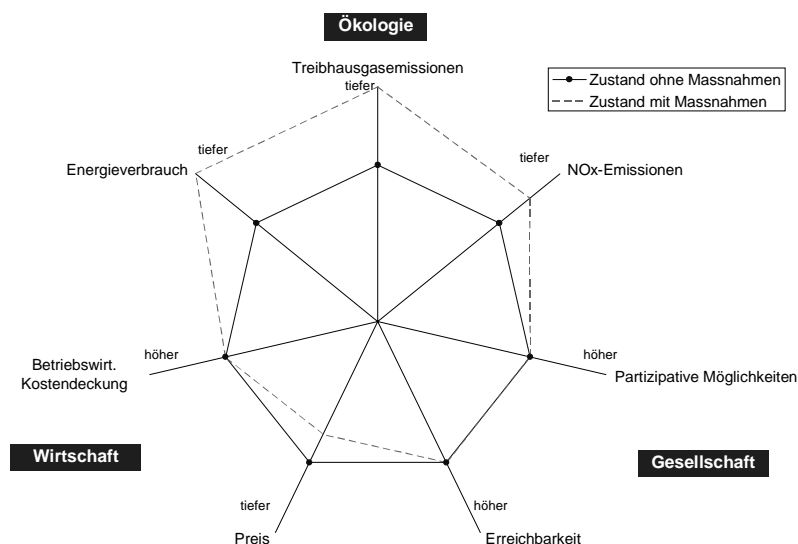
<sup>4</sup> Vgl. auch SIA 2000 p.28

### 2.1.3 Anwendung und Nutzen in der politischen Praxis

Als Rahmen für die Operationalisierung der Nachhaltigkeit hat sich, neben der Herleitung von Handlungsregeln, die Unterscheidung von Kriterien, Indikatoren und Zielwerten bewährt.

- Nachhaltigkeitskriterien sind Aspekte oder Merkmale von Nachhaltigkeit, wie z.B. ein intaktes globales Klima.
- Nachhaltigkeitsindikatoren sind einem Kriterium zugeordnete Messgrößen, z.B. die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Energiebereichs für das Kriterium „Klima“.
- Jedem Indikator wird idealerweise ein quantitativer Zielwert zugeordnet; mindestens aber wird die gewünschte Entwicklungsrichtung definiert.

Solche Kriterien, Indikatoren und Zielwerte können und müssen für die einzelnen Politikbereiche definiert werden, um den Nachhaltigkeitsbegriff fassbar zu machen und einer praktischen Anwendung zuzuführen. Damit wird eine Grundlage für die Offenlegung der Zielkonflikte zwischen Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft sowie für eine transparente Interessenabwägung geschaffen. Eine mögliche Darstellungsform für die Wirkung von Massnahmen und Projekten ist die „Nachhaltigkeitsrose“. Diese gibt anschaulich Aufschluss über die Entwicklungsrichtungen verschiedener Indikatoren. Allerdings darf von der Fläche der Rose nicht auf eine „Gesamtnachhaltigkeit“ geschlossen werden, dies käme einer Aggregation der Indikatoren gleich. Figur 3 zeigt ein Illustrationsbeispiel mit einer Reihe von Indikatoren aus dem Verkehrsbereich. Die Herleitung entsprechender Indikatoren für den *Energiebereich* ist das Hauptziel der vorliegenden Arbeit.



Figur 3: Darstellung der Auswirkungen verschiedener Massnahmen anhand der „Nachhaltigkeitsrose“ (illustratives Beispiel). Für jeden Indikator wird die nachhaltige Entwicklungsrichtung angegeben: Eine Entwicklung der Indikatorwerte weg vom Zentrum („Aufblühen der Rose“) bedeutet einen Schritt in Richtung Nachhaltigkeit. Quelle: Ernst Basler + Partner 1998

Als weiterer Konkretisierungsschritt wurde auch die Möglichkeit einer Aggregation von Indikatoren zu einem „Nachhaltigkeitsindex“ verschiedentlich diskutiert. Aggregation bedeutet, verschiedene Indikatoren gegeneinander zu gewichten. Für die Aggregation ökologischer Indikatoren sind heute vielversprechende Ansätze vorhanden (Ökobilanzierung). Eine wissenschaftlich abgesicherte Methode zur Aggregation ökologischer, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Grössen existiert jedoch nicht; vielmehr müssen die verschiedenen Indikatoren im Einzelfall gegeneinander abgewogen werden.

Intransparente Aggregationen sind zu vermeiden, weil sie die relative Bewertung der verschiedenen Indikatoren im politischen Prozess verunmöglichen, bzw. vorwegnehmen. Modelle für vollständige Aggregation können aber nützliche Hilfsmittel sein, wenn die Grundlagen und Annahmen zur Gewichtung der Indikatoren deklariert und ihre Einflüsse durch Sensitivitätsanalysen untersucht werden. Solche Modelle sind politischen Willkürabwägungen in jedem Fall vorzuziehen.

## 2.2 Nachhaltigkeit in der Bundespolitik

Am Erdgipfel von Rio 1992 hat sich die Schweiz dazu verpflichtet, auf nationaler Ebene eine Politik nachhaltiger Entwicklung auszuarbeiten und umzusetzen und sich aktiv an den entsprechenden Anstrengungen auf internationaler Ebene zu beteiligen. Die neue Bundesverfassung sieht vor, dass der Bund die nachhaltige Entwicklung fördert (Art. 2 Abs. 2). Artikel 73 besagt zudem:

*„**Nachhaltigkeit:** Bund und Kantone streben ein auf Dauer ausgewogenes Verhältnis zwischen der Natur und ihrer Erneuerungsfähigkeit einerseits und ihrer Beanspruchung durch den Menschen andererseits an.“*

In der Formulierung der Bundesverfassung steht somit „Nachhaltigkeit“ primär für "dauerhafte Umweltverträglichkeit". Bereits in seiner Nachhaltigkeitsstrategie von 1997 stellte der Bundesrat aber klar, dass Nachhaltigkeit auf den drei Pfeilern gesellschaftliche Solidarität, wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und ökologische Verantwortung basiert. Diese Pfeiler seien gleichwertig zu behandeln, weil ökologische, ökonomische und soziale Ziele langfristig nicht auf Kosten der jeweils anderen Ziele erreicht werden können.<sup>5</sup>

Die Strategie des Bundesrates formulierte konkrete Aktionen und Massnahmen zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung. Im Bereich Energie wurde namentlich die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 10% im Zeitraum 1990–2010 als Ziel gesetzt, welche mittlerweile im CO<sub>2</sub>-Gesetz festgelegt ist. Zu nennen ist zudem das Bekenntnis zu einer ökologischen Steuerreform.

---

<sup>5</sup> Vgl. Bundesrat 1997 sowie IDA-Rio 1997

Ein aktueller Bericht der IdaRio beleuchtet den Stand der Umsetzung der Strategie „Nachhaltige Entwicklung“ des Bundesrates.<sup>6</sup> Er zeigt insbesondere auf, welche Fortschritte in den definierten Aktionsbereichen erzielt wurden. Erwähnt seien an dieser Stelle drei methodisch-konzeptionelle und institutionelle Entwicklungen:

- Im Februar 1998 setzte der Bundesrat einen Rat für nachhaltige Entwicklung ein, welcher Regierung und Verwaltung beraten sollte. Aus verschiedenen Gründen wurde dieser Rat per Anfang 2001 mit dem Rat für Raumordnung zusammengelegt.
- Das Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) ist neu die massgebende Plattform auf Bundesebene für Fragen der nachhaltigen Entwicklung. So erarbeitet das ARE im Augenblick die Strategie 2002 des Bundesrats zur nachhaltigen Entwicklung und beteiligt sich am Projekt des BUWAL und des BFS zu allgemeinen Nachhaltigkeitsindikatoren.
- Das UVEK gab sich 2000 eine neue Departementsstrategie, welche explizit auf Nachhaltigkeit ausgerichtet ist.<sup>7</sup> Auf die Sachziele der UVEK-Strategie im Bereich Energie gehen wir im Abschnitt 2.3.3 näher ein.

Zur weiteren Umsetzung der Nachhaltigkeit in der Schweiz haben BUWAL und DEZA gemeinsam die Studie „Politik der nachhaltigen Entwicklung in der Schweiz: Standortbestimmung und Perspektiven“ in Auftrag gegeben, welche kürzlich abgeschlossen wurde. Die Studie zielt schweremässig darauf ab, die Stossrichtungen für eine nachhaltige Politik in allen relevanten Politikfeldern darzulegen. Es wurde ein Kriterienraster mit folgenden Kriterien zu Grunde gelegt:<sup>8</sup>

- Umwelt: Artenvielfalt, Klima/ Ozonschicht, Emissionen (Lärm/ Luft), Landschaft/ Natur-/ Kulturraum, Wasser, Stoffe/ Organismen / Abfälle, Energie, Boden/ Fläche/ Fruchtbarkeit;
- Wirtschaft: BIP pro Kopf, Qualität und Effizienz der Dienstleistungen der öff. Hand, Wertvermehrende Investitionsquote, Langfristig tragbare Staatsverschuldung, Ressourceneffizienz, Wettbewerbsfähigkeit, Qualitatives und quantitatives Arbeitskräftepotenzial, Innovationsfähigkeit und leistungsfähige Forschung, Ordnungspolitische Rahmenbedingungen zum Wohle der Gesamtwirtschaft, Wirtschaftliche Entwicklung des Südens und Ostens;
- Gesellschaft: Bildung/ Lernfähigkeit; Gesundheit/ Wohlbefinden/ Sicherheit; Freiheit/ Unabhängigkeit/ Individualität/ Identität/ Selbstverantwortung; Werthaltung; Solidarität/ Gemeinschaft/ sozialer Zusammenhalt/ Gerechtigkeit; Offenheit/ Toleranz/ Wandlungsfähigkeit; Soziale Sicherheit/ Armut, Chancengleichheit/ Gleichstellung/ Partizipation.

Die diversen Fortschritte zur Konkretisierung des Nachhaltigkeitsbegriffs in den Sektoralpolitiken werden im Abschnitt 4.2 vorgestellt.

<sup>6</sup> IDA-Rio 2000

<sup>7</sup> UVEK 1999a

<sup>8</sup> Quelle: Mauch et al. 2001, p.73

## 2.3 Stellenwert der Energie im Konzept der nachhaltigen Entwicklung

### 2.3.1 Fragestellung und Ansatz

Eine der Leitfragen für die vorliegende Arbeit lautet: „*Welchen Stellenwert nimmt die Energiepolitik im Konzept einer nachhaltigen Entwicklung ein?*“

Im Folgenden nähern wir uns dieser Frage von zwei Seiten: Zum einen gehen wir auf den Zusammenhang zwischen Energie und Entwicklung ein, sowohl im globalen wie im nationalen Kontext. Zum andern sprechen wir den Stellenwert an, den die Nachhaltigkeit heute in der Schweizer Energiepolitik bereits einnimmt, um so Rückschlüsse auf den Zusammenhang zwischen Energie und Nachhaltigkeit zu ziehen.

### 2.3.2 Nachhaltige Entwicklung: Rolle der Energie

#### Globale Dimension

Im 20. Jahrhundert wuchs die Weltbevölkerung um das 6fache, der Energieverbrauch hingegen um das 80fache. Dennoch hat heute etwa ein Drittel der Menschheit keinen Zugang zu kommerzieller Energie. Das Sammeln von Holz oder anderer organischer Substanz erfordert in den Entwicklungsländern häufig mehrere Stunden pro Tag und Familie, um allein die Nahrung zu garen und zu entkeimen. Im Gegenzug nehmen die Industrieländer, mit einem Sechstel der Weltbevölkerung, drei Viertel des Weltenergiebedarfs in Anspruch.<sup>9</sup>

#### **Box 1: Globaler Pro-Kopf Energieverbrauch**

„Der heutige weltweite primäre Energieverbrauch pro Kopf beträgt 2'000 Watt. In Europa sind dies 5'000 Watt, in USA/Kanada 10'000 Watt, während der grosse Rest (inkl. 1.3 Milliarden Chinesen) immer noch weniger als 1'000 Watt pro Kopf beansprucht“ (aus ETH Bulletin Nr. 276, Januar 2000)

Historisch betrachtet kam der Gewinnung, dem Transport und der Verwendung von Energie schon immer eine spezielle Bedeutung zu. Die Energieträger – von Holz über Kohle und Erdöl bis zur Elektrizität – haben ganze Epochen geprägt und die gesellschaftlichen und wirtschaftlichen

Verhältnisse stark beeinflusst. Gleichzeitig hatte und hat die jeweils vorherrschende Form von Energiegewinnung und -verbrauch grosse Auswirkungen auf die natürliche Umwelt. Beispiele hierfür sind die Luftverschmutzung und die Klimaerwärmung infolge der Verbrennung fossiler Energieträger, aber auch die Übernutzung von Wäldern in Entwicklungsländern zur Deckung des Brennholzbedarfs.

<sup>9</sup> ETH Bulletin Nr. 276, Januar 2000

In Bezug auf die *Umwelt* ist die Energie im Kontext der Nachhaltigkeit *die* Schlüsselgrösse schlechthin. Dies lässt sich anhand der anthropogenen Treibhausgasemissionen besonders gut verdeutlichen: Die globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger betragen gegenwärtig über 20 Milliarden Tonnen pro Jahr. Dies ist rund fünf mal mehr als die aus der Land- und Forstwirtschaft (change in land use) stammenden jährlichen Nettoemissionen.<sup>10</sup> Mit anderen Worten: Eine nachhaltige Ausgestaltung des globalen Energiebereichs würde zumindest aus Umweltsicht einen sehr grossen Schritt in Richtung einer ganzheitlichen, sektorübergreifenden Nachhaltigkeit bedeuten.

Auch aus *wirtschaftlicher* und *sozialer* Sicht spielt die Energie – und damit die Energiepolitik – im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion eine zentrale Rolle. Der Energieverbrauch nahm in den letzten 30 Jahre in allen Weltregionen mit steigenden Wohlstand zu. Die Energieintensität der wirtschaftlichen Produktion (Bruttoinlandprodukt, BIP) wurde zwar verbessert, doch dies reichte nicht aus, um den Mehrverbrauch aufgrund der gesteigerten Aktivitäten zu kompensieren. Beispiel: In den OECD-Ländern sank die Energieintensität des BIP im Zeitraum 1970-80 um durchschnittlich 1.2% pro Jahr, und 1980–97 um 1.5% pro Jahr. Der absolute Primärenergieverbrauch der OECD-Länder stieg hingegen zwischen 1970 und 1997 um rund 50%.<sup>11</sup> Eine vollständige Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch wurde somit bei weitem nicht erreicht.

Hauptsächliche Triebkräfte für den Energieverbrauch sind – neben dem globalen Bevölkerungswachstum – die individuellen Mobilitäts-, Raum- und Komfortbedürfnisse der Bevölkerung, die in der Vergangenheit parallel zum persönlichen Einkommen gestiegen sind. Hier stellt sich die Frage, ob dieser wachsende Konsum durch mehr Energieeffizienz kompensiert werden kann, oder ob in Zukunft allenfalls eine gewisse „spontane“ Sättigung zu erwarten ist. Die Erfahrungen und Prognosen, beispielsweise für den Verkehrsbereich in der Schweiz, weisen darauf hin, dass weder das eine noch das andere ohne wesentliche zusätzliche Politikmassnahmen eintreffen wird. Der Energieverbrauch droht in den Industrieländern weiterzuwachsen. Dies gilt in noch viel stärkerem Mass für die weniger entwickelten Länder. Entsprechend prognostiziert die Internationale Energieagentur für den Zeitraum 1997–2020 einen weiteren Anstieg des globalen Primärenergieverbrauchs um 57% oder 2% pro Jahr.<sup>12</sup>

Das globale Spannungsfeld zwischen der mangelhaften Energieversorgung weiter Bevölkerungskreise und den unerwünschten Auswirkungen des steigenden Energieverbrauchs widerspiegelt sich u.a. im energiepolitischen Programm des Weltenergieerates (vgl. Box 2). Auch eine jüngst erschienene Publikation der Internationalen Energieagentur vermittelt diesbezüglich einen guten Überblick.<sup>13</sup>

---

<sup>10</sup> Quelle: IPCC 1996b, p.17. Die Daten repräsentieren den Durchschnitt der 80er-Jahre.

<sup>11</sup> Quelle: OECD 2000b, p. 305

<sup>12</sup> IEA 2000b, p.47f. Der Verbrauch nicht-kommerzieller Energie ist in dieser Prognose nicht enthalten.

<sup>13</sup> IEA 2001a, *Towards a Sustainable Energy Future*

**Box 2: Energiepolitisches Programm des Weltenergiesrates**

Der Weltenergiesrat (WEC) ist nicht-gouvernementales und nicht-kommerzielles Forum für globale und regionale Energiefragen. In einem kürzlich publizierten Programm<sup>14</sup> legt der WEC ein Schwergewicht auf die Schaffung einer erschwinglichen und zuverlässigen Energieversorgung für jene rund 2 Milliarden Menschen, welche noch heute ohne kommerzielle Energie auskommen müssen.

Eine besondere Chance sieht der WEC darin, im Rahmen der Klimapolitik Finanzierungspartnerschaften zwischen industrialisierten und Entwicklungsländern zu fördern. Damit sind insbesondere die marktbasierenden, internationalen Klimaschutzmechanismen wie Joint Implementation und Clean Development Mechanism gemeint. Als weitere Chancen nennt der WEC u.a. marktwirtschaftliche Reformen sowie sachgerechte Regulierungen. Das zusammenfassende Zehn-Punkte-Programm des WEC lautet:

1. Nutzen aus marktwirtschaftlichen Reformen und sachgerechter Regulierung ziehen
2. Alle energiepolitischen Optionen offen halten
3. Das politische Investitionsrisiko wichtiger Energieprojekte verringern
4. Energiepreise kostendeckend gestalten und Zahlung gewährleisten
5. Höhere Energieeffizienz fördern
6. Finanzierungspartnerschaften in Verbindung mit Umweltschutzziele fördern
7. Bezahlbare Energieversorgung für die Armen sicherstellen
8. Forschung, Entwicklung und Einsatz neuer Technologien fördern
9. Wissensstand und Information der Öffentlichkeit fördern
10. Ethik zum festen Bestandteil des Energiegeschäftes machen

**Nationale Dimension; Energie als Teil der Wirtschaft**

Die oben skizzierten, globalen Sachverhalte gelten im Wesentlichen auch für die Schweiz. Auch hierzulande trägt der Energiebereich die Hauptverantwortung für verschiedene, kritische Umweltbelastungen. Beispielsweise entfallen 92% der Schweizer CO<sub>2</sub>-Emissionen und 95% der NO<sub>x</sub>-Emissionen auf den Energiebereich.<sup>15</sup>

In der Schweizer Wirtschaft spielt die Energie eine ausgeprägte Doppelrolle: Zum einen ist sie unabdingbarer Produktionsfaktor, das heisst Input für Produktionsprozesse. Andererseits trägt die Energiebranche selbst wesentlich zur nationalen Wertschöpfung bei. Die folgenden Zahlen mögen dies verdeutlichen: Im Jahr 1999 gaben die Endverbraucher in der Schweiz 21 Milliarden Fr. für Energie aus. Dies entspricht rund 9% des privaten Konsums und rund 5.5% des Bruttoinlandprodukts.<sup>16</sup>

Die Leistungsfähigkeit des Energiesektors ist für die Gesamtwirtschaft sehr wichtig. Die Anforderungen der Wirtschaft ans Energiesystem sind deshalb in einem Nachhaltigkeitskonzept aufzunehmen. Die Unternehmungen und die Haushalte fordern in wirtschaftlicher Hinsicht vom Energiesystem, dass das Angebot qualitativ, quantitativ und preislich möglichst gut ist.

<sup>14</sup> Vgl. die Medienmitteilung des Schweizerischen Energierates (2000)

<sup>15</sup> Quelle: Swiss Confederation 2000, p.41

<sup>16</sup> Quelle: Energieausgaben der Endverbraucher aus Gesamtenergiestatistik (BFE 2000d)

Aus volkswirtschaftlicher Sicht müssen zudem die Rahmenbedingungen für innovative Lösungen und verursachergerechte Preise sorgen. Bei der Einführung neuer Massnahmen ist, wie im Abschnitt 2.1.2 bereits angesprochen, auf Transparenz und Vorsehbarkeit zu achten, ferner auf die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit sowie die Standortqualität.

Die Herausforderung an die Energiepolitik besteht darin, diese Rahmenbedingungen zu optimieren und so zu einer möglichst effizienten Energieversorgung beizutragen, d.h. darauf hinzuwirken, dass der Bedarf der Volkswirtschaft an Energiedienstleistungen auf lange Frist mit möglichst geringem Einsatz von Arbeit, Kapital und anderen Inputfaktoren bereitgestellt werden kann. Dazu sind auch Umweltressourcen zu zählen, welche durch externe Effekte des Energieverbrauchs übermässig belastet werden.

Umweltschutz ist somit als eine notwendige Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit des Energiesystems zu verstehen. Das Ziel einer *langfristigen* Wirtschaftlichkeit schliesst auch Aspekte der Ressourcenschonung für künftige Generationen im Sinne der Nachhaltigkeit ein. Hinzu kommt die Forderung nach Sicherheit, d.h. eine ausreichende und zuverlässige Energiebereitstellung durch Vorkehrungen gegenüber technischen, organisatorischen oder politischen Störungen, welche für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt gleichermassen bedeutsam sind.

### **Folgerung**

Als Folgerung ist festzuhalten, dass die Energie im Nachhaltigkeitskonzept eine zentrale Rolle einnimmt, sowohl auf globaler wie auch auf nationaler Ebene. Zum einen stellt die Verfügbarkeit von Energie eine zwingende Voraussetzung für wirtschaftliche Aktivitäten dar. Andererseits ist die Gewinnung, Umwandlung und Nutzung von Energie für einen grossen Teil der vom Menschen verursachten Umweltbelastung verantwortlich. Aus gesellschaftlich-sozialer Sicht kommt insbesondere die Anforderung hinzu, dass verschiedene Bevölkerungsgruppen, auf der nationalen wie der globalen Ebene, gleichberechtigten Zugang zu Energieressourcen und -dienstleistungen erhalten müssen. Ferner muss die Frage der Verteilung zwischen Generationen gelöst werden. Der Energiepolitik kommt die verantwortungsvolle Aufgabe zu, die Randbedingungen des Energiesystems so auszugestalten, dass eine nachhaltige Entwicklung möglich wird.

### 2.3.3 Nachhaltigkeit in der Schweizer Energiepolitik

Welchen Stellenwert nimmt die Nachhaltigkeit in der gegenwärtigen Energiepolitik der Schweiz ein? Im Folgenden gehen wir dieser Frage auf der Ebene des Bundes nach.

#### Energiepolitik in der Bundesverfassung

Gemäss Bundesverfassung Art. 89 setzen sich Bund und Kantone im Rahmen ihrer Zuständigkeiten für *eine ausreichende, breit gefächerte, sichere, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung sowie für einen sparsamen und rationellen Energieverbrauch* ein.

Der Bund *fördert die Entwicklung von Energietechniken, insbesondere in den Bereichen des Energiesparens und der erneuerbaren Energien*. Er trägt in seiner Energiepolitik den Anstrengungen der Kantone und Gemeinden sowie der Wirtschaft Rechnung und berücksichtigt die Verhältnisse in den einzelnen Landesgegenden und die wirtschaftliche Tragbarkeit.

Im Weiteren fallen die Gesetzgebung auf dem Gebiet der Kernenergie (Art. 90) und über den Transport und die Lieferung sowohl elektrischer als auch flüssiger oder gasförmiger Energie (Art. 91) in die Kompetenz des Bundes. Für Massnahmen, die den Verbrauch von Energie in Gebäuden betreffen sind hingegen vor allem die Kantone zuständig.

Anzumerken ist, dass alle drei Dimensionen der Nachhaltigkeit im Verfassungsartikel 89 vertreten sind: die Umwelt („umweltverträglich“) ebenso wie die Wirtschaft und Gesellschaft („ausreichend, sicher, wirtschaftlich“).

#### Energiegesetz

Das Energiegesetz (EnG) nimmt die Ziele des Verfassungsartikels auf und konkretisiert sie.<sup>17</sup> Aus Sicht der Nachhaltigkeit sind insbesondere die folgenden, zusätzlichen Grundsätze erwähnens- und begrüssenswert:

- die verstärkte Nutzung einheimischer und erneuerbarer Energien (Art. 1)
- das Gebot der Kostenwahrheit in der Energieversorgung (Art. 5)

Im Weiteren konkretisiert das EnG den Begriff der sparsamen und rationellen Energienutzung (Art. 3). Er bedeutet:

- den Energieeinsatz so tief als möglich zu halten
- die Energie bestmöglich einzusetzen
- die eingesetzte Energie möglichst vollständig zu nutzen (hoher Energiewirkungsgrad)
- verwendbare Abwärme zu nutzen

---

<sup>17</sup> Energiegesetz vom 26. Juni 1998 (Stand 19. Januar 1999), SR 730.0

### UVEK-Departementsstrategie

Die Departementsstrategie des UVEK formuliert Grundsätze der Energiepolitik, welche explizit dem Hauptziel einer „Nachhaltigen Energieversorgung“ untergeordnet sind und sich direkt auf den Energieartikel in der Bundesverfassung abstützen.<sup>18</sup> Box 3 zeigt die Sachziele des UVEK für einen nachhaltigen Energiebereich.

Erste Priorität geniessen *die Steigerung der Energieeffizienz und die Entwicklung und Verwendung von erneuerbaren Energien*. Das UVEK befürwortet deshalb eine befristete Förderabgabe auf nichterneuerbaren Energien sowie eine ökologische Steuerreform.<sup>19</sup>

Der Energieverbrauch *soll zunehmend vom Wirtschaftswachstum abgekoppelt werden*. Dazu soll die Nachfrage nach dem Jahr 2000 bei den fossilen Energieträgern reduziert, beim Strom stabilisiert werden. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sollen bis 2010 gegenüber 1990 um 10 Prozent reduziert und die Voraussetzungen für weitergehende Emissionsenkungen nach 2010 frühzeitig geschaffen werden.

Die energiepolitischen Ziele sollen durch ein ausgewogenes Paket von freiwilligen Massnahmen, Anreizen und Vorschriften erreicht werden. Neue Ansätze wie Vereinbarungen zwischen privaten Organisationen und Behörden und marktwirtschaftliche Instrumente, sollen vermehrt zum Zuge kommen.

#### **Box 3: Nachhaltige Energiepolitik in der Schweiz: Die Ziele des UVEK**

Die UVEK-Strategie formuliert die folgenden Sachziele für einen nachhaltigen Energiebereich:

##### **Ökologische Nachhaltigkeit:**

Die Senkung folgender Umweltbelastungen auf ein langfristig unbedenkliches Niveau: Luftschadstoffe und Beeinträchtigung des Klimas; Nichtionisierende Strahlen; Belastung von Landschaften und Lebensräumen

Die sichere Lagerung nuklearer Abfälle

Die Senkung des Energieverbrauchs, insbesondere der nicht-erneuerbaren Energien

##### **Wirtschaftliche Nachhaltigkeit** im Energiebereich bedeutet im Einzelnen:

Die Bereitstellung einer ausreichenden, sicheren und preislich konkurrenzfähigen Energieversorgung

Die Internalisierung externer Kosten

Die effiziente Leistungserbringung und die Förderung des Wettbewerbs

Die Wahrung der komparativen Vorteile der schweizerischen Energiewirtschaft (Stromtransitnetze und Wasserkraft, insbesondere Pumpspeicherung)

##### **Soziale Nachhaltigkeit:**

Die landesweite Grundversorgung (Service Public)

Den Schutz von Gesundheit und Wohlbefinden der Menschen und die Verhinderung von Unfällen

<sup>18</sup> Vgl. UVEK 1999 sowie Abschnitt 2.2

<sup>19</sup> Erste Anläufe zur Umsetzung dieser beiden Mechanismen sind mit der Ablehnung der Förderabgabe und der so genannten Grundnorm in der Volksabstimmung vom 24. Sept. 2000 gescheitert

Das UVEK formuliert im Weiteren konkrete Massnahmen zum Bereich Energie, wie z.B.:

- Vollzug der neuen Energie- und CO<sub>2</sub>-Gesetzgebung: Umsetzung der neuen Instrumente (Globalbeiträge, ökonomische Instrumente wie Contracting usw., Vereinbarung und Zusammenarbeit mit privaten Organisationen)
- Umsetzung der Strommarktliberalisierung und der Liberalisierung des Gasmarktes.
- Ökologische Steuerreform
- EnergieSchweiz (siehe unten)
- Aufrechterhaltung eines hohen Sicherheitsstandards bei den Kernanlagen

### **EnergieSchweiz**

EnergieSchweiz ist das Nachfolgeprogramm des Bundes zum Programm Energie2000.<sup>20</sup> Die Ziele von EnergieSchweiz für das neue Jahrzehnt sind vorgegeben durch die Bundesverfassung, das Energie- und das CO<sub>2</sub>-Gesetz sowie die schweizerischen Verpflichtungen im Rahmen der internationalen Klimakonvention. Sie lauten wie folgt:

- Zwischen 2000 und 2010 sollen der Verbrauch fossiler Energien und der CO<sub>2</sub>-Ausstoss um zehn Prozent sinken.
- Der Elektrizitätsverbrauch darf höchstens um fünf Prozent wachsen.
- Der Anteil der Wasserkrafterzeugung am Endverbrauch darf nicht sinken – trotz der Öffnung des Elektrizitätsmarktes.
- Der Anteil der übrigen erneuerbaren Energien soll weiter steigen, und zwar um 0,5 Terawattstunden (TWh) oder 1 Prozentpunkt an der Stromerzeugung und um 3 TWh oder 3 Prozentpunkte an der Wärmeerzeugung.

Wichtige nicht quantifizierbare Ziele von EnergieSchweiz sind die Entwicklung eines ausgeprägteren Energiebewusstseins in der Bevölkerung als Voraussetzung für freiwillige Massnahmen, die engere Zusammenarbeit aller Akteure, Innovationen in allen Bereichen und damit die Stärkung der schweizerischen Wirtschaft.

Im Einklang mit der UVEK-Strategie setzt EnergieSchweiz zuerst auf freiwillige Massnahmen. Zusätzlich sind unter anderem die Zusammenarbeit mit Agenturen, Förderprogramme, Information und Beratung, Vorschriften sowie nötigenfalls eine CO<sub>2</sub>-Abgabe vorgesehen.

---

<sup>20</sup> Quelle: [www.energie-schweiz.ch](http://www.energie-schweiz.ch)

## Folgerung

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Nachhaltigkeit bereits heute auf allen Ebenen der Energiepolitik des Bundes einen hohen Stellenwert einnimmt. Das UVEK hat selbst massgeblich zur Konkretisierung des Nachhaltigkeitsbegriffs im Energiebereich beigetragen.

## 2.4 Fazit

Im vorstehenden Kapitel 2 haben wir einen Überblick über den Stand des Nachhaltigkeitskonzepts vermittelt und den Stellenwert der Energie und Energiepolitik in der Nachhaltigkeit diskutiert. Als Fazit halten wir Folgendes fest:

**Konzeptioneller Hintergrund:** Leitend ist nach wie vor die Nachhaltigkeitsdefinition der Brundtland-Kommission, welche die Gleichberechtigung der gegenwärtigen und zukünftigen Generationen betont. Nachhaltigkeit ist ein „Dreigestirn“ aus ökologischer Verträglichkeit, wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit und sozialer Gerechtigkeit. Die Konkretisierung mit allgemeinen Leitsätzen blieb bislang vor allem im gesellschaftlich-sozialen und wirtschaftlichen Bereich ungenügend, doch auch im ökologischen Bereich sind einzelne Punkte nach wie vor strittig (z.B. Umgang mit nichterneuerbaren Ressourcen, Substituierbarkeit von Natur- und wirtschaftlichem Kapital). Die Hauptbedeutung der Nachhaltigkeit liegt in der umfassenden Offenlegung von Interessenkonflikten, als Grundlage für eine transparente und „zukunfts-fähige“ Interessenabwägung. Dazu ist die Konkretisierung des Nachhaltigkeitskonzepts in den einzelnen Politikbereichen mittels Kriterien, Indikatoren und Zielwerten unerlässlich.

**Bundespolitik:** Die Nachhaltigkeit ist in der Bundesverfassung verankert. Der Bundesrat hat seine Auffassung der Nachhaltigkeit in seinem Strategiebericht verdeutlicht, und kürzlich Bericht über den Stand der Umsetzung erstattet. Bei der institutionellen Verankerung der Nachhaltigkeit sind einige Fortschritte zu verzeichnen, z.B. die Orientierung der UVEK-Strategie an der Nachhaltigkeit oder der Rat für Raumordnung und nachhaltige Entwicklung.

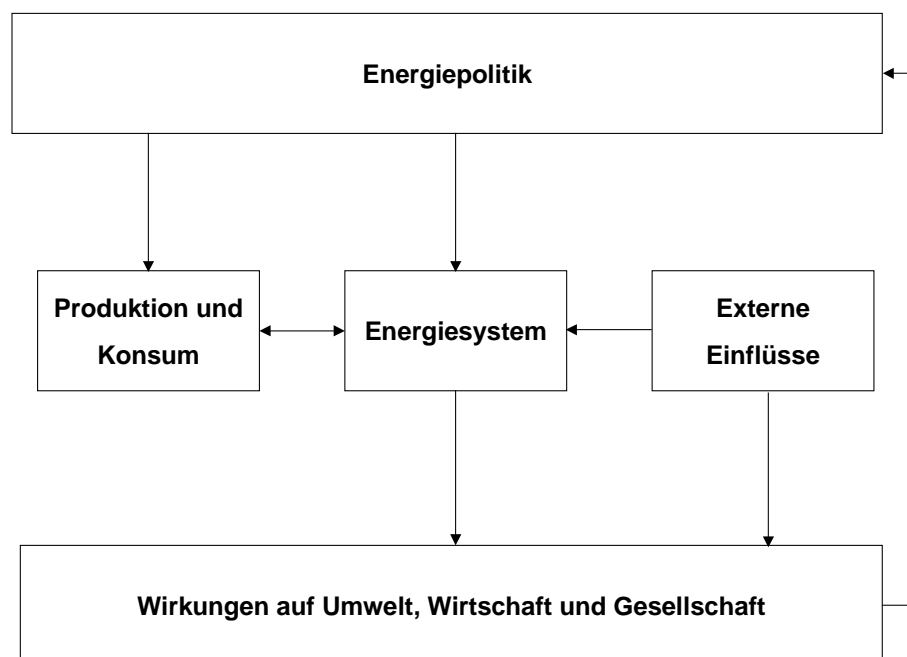
**Stellenwert der Energie:** Der Energiebereich nimmt wegen seiner Bedeutung für die Wirtschaftstätigkeit und Entwicklung sowie wegen seinen Umweltauswirkungen eine zentrale Stellung im Nachhaltigkeitskonzept ein. Die Energiepolitik hat die verantwortungsvolle Aufgabe, die Randbedingungen des Energiesystems so auszugestalten, dass eine nachhaltige Entwicklung möglich wird. Die Energiepolitik des Bundes ist im Grundsatz bereits in hohem Masse auf die Erfordernisse einer nachhaltigen Entwicklung ausgerichtet. In der Praxis sind jedoch noch sehr grosse Probleme zu lösen, z.B. die Belastung des globalen Klimas durch Treibhausgasemissionen.

## 3 Methodik und Systemabgrenzung

### 3.1 Methodik

#### 3.1.1 Indikatorensystem: Auflösung komplexer Kausalketten

Ziel dieser Arbeit ist es nicht, den gesamten Politikzyklus mit allen seinen Wirkungen in einem Indikatorensystem abzubilden und zu bewerten; dies wäre die Aufgabe einer eigentlichen Erfolgskontrolle.<sup>21</sup> Nicht untersucht, sondern implizit vorausgesetzt werden also die Kausalitäten zwischen den verschiedenen Ebenen, die in Figur 4 durch Pfeile dargestellt sind. Ein Indikatorensystem löst demnach komplexe Kausalketten auf, versucht aber, durch geschickte Auswahl der betrachteten Glieder dieser Kette dennoch die wichtigsten Informationen über das Gesamtsystem zu gewinnen. Damit beschränkt sich das zu erarbeitende Indikatorensystem zwangsläufig auf die Funktion eines „Frühwarnsystems“ zuhanden der Politik, welches aufzeigt, wie sich das Energiesystem im Zeitverlauf entwickelt und ob die eingesetzten Instrumente den Anforderungen der nachhaltigen Entwicklung entsprechen oder nicht.

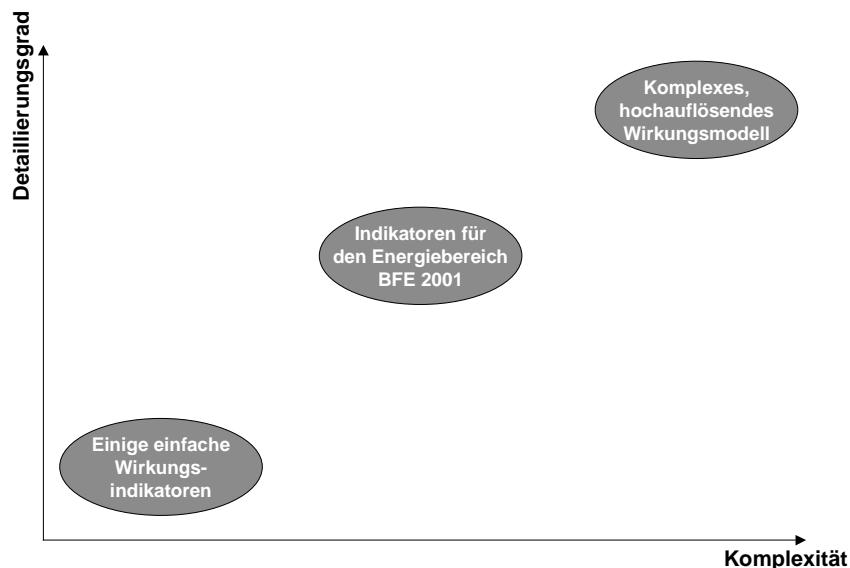


Figur 4: Vereinfachtes Wirkungsmodell des Energiebereichs (eigene Darstellung). Die Energiepolitik beeinflusst nebst dem Energiesystem z.T. auch direkt die Nachfrage und wirkt deshalb auch auf Produktion und Konsum. Externe Einflüsse (z.B. Naturkatastrophen, andere sektorielle Politiken) haben ebenfalls Wirkungen und „stören“ so das Wirkungsmodell.

<sup>21</sup> Vgl. Ledergerber/Neuenschwander et al. (1998), Erfolgskontrolle von Staatsbeiträgen im Kanton Bern; für Evaluationen im Energiebereich vgl. Balthasar (2000), Energie2000.

Doch ein Indikatorensystem kann die Kausalkette eines Wirkungsmodells **mehr oder weniger stark auflösen**. Dieser Positionierungsprozess, vor dem jedes Indikatorensystem steht, lässt sich anhand zweier Dimensionen beschreiben (siehe Figur 5).

Einerseits unterscheiden sich verschiedene Indikatorensysteme durch ihren **Detaillierungsgrad**. Darunter verstehen wir die Anzahl der Indikatoren sowie ihre räumliche und zeitliche Differenzierungskraft. Andererseits muss sich jedes Indikatorensystem hinsichtlich seiner **Komplexität** positionieren. Werden nur die Wirkungen auf das Gesamtsystem betrachtet, so bedeutet dies eine maximale Reduktion der Komplexität. Durch den Einbezug von weiteren Indikatoren, welche auch den politischen Kontext, wirtschaftliche Aktivitäten und deren Effizienz abbilden, kann die Komplexität des Indikatorensystems schrittweise erhöht werden. Am Schluss der Skala steht ein komplexes Wirkungsmodell (bis hin zu computergestützten Modellrechnungen).



Figur 5: Positionierung des Indikatorensystems für den Energiebereich.

Durch die Kombination dieser beiden Dimensionen ergibt sich eine klare Positionierung eines Indikatorensystems. Wer sich im unteren linken Bereich von Figur 5 bewegt, der beschreibt den Zustand eines Systems anhand einiger weniger Wirkungsindikatoren. Ein Beispiel für diesen Ansatz liefert der Human Development Index des Entwicklungsprogramms der Vereinten Nationen (UNDP), welcher aufgrund von nur vier Wirkungsindikatoren (Lebenserwartung, Alphabetisierungsgrad, durchschnittliche Schuldauer sowie BIP/Kopf) eine Aussage über den Stand der menschlichen Entwicklung in allen Ländern der Erde trifft. Im oberen rechten Bereich positioniert sich hingegen, wer ein System mit bis zu mehreren hundert Indikatoren, die verschiedene Glieder der Kausalkette repräsentieren, beschreibt.

Das Indikatorensystem, welches im Rahmen dieser Arbeit für den Energiebereich erarbeitet wird, positioniert sich hinsichtlich beider Dimensionen in einer mittleren Stellung. Einerseits ist sein Detaillierungsgrad aufgrund der Anzahl der Indikatoren als leicht erhöht einzuschätzen.

zen, darüber hinaus differenzieren gewisse Indikatoren zwischen den verschiedenen Energieträgern bzw. Regionen der Schweiz. Andererseits beschränkt es sich nicht nur auf Wirkungsindikatoren: Ebenfalls durch Kriterien und Indikatoren erfasst werden die Energiepolitik, das Energiesystem sowie wirtschaftliche Aktivitäten (siehe das Modell in Figur 4). Damit erhöht sich die Komplexität des vorgeschlagenen Indikatorsystems. Dennoch bleibt die ansatzweise Modellierung der Kausalitäten weit unterhalb des möglichen Komplexitätsgrads.

### 3.1.2 Anforderungen an Indikatoren

Indikatoren erfüllen idealerweise eine Reihe von Anforderungen.<sup>22</sup> Bei der Herleitung und Konstruktion der Indikatoren für den Energiebereich versuchen wir insbesondere folgenden Vorgaben gerecht zu werden:

- Relevanz im schweizerischen Kontext
- Eindeutige Interpretation
- Keine Redundanz
- Reproduzierbarkeit in regelmässigen Zeitabständen
- Sensitivität bei Veränderungen und möglichst geringe Time-Lags
- Einfache Kommunizierbarkeit
- Hoher Informationsgehalt
- Statistische Robustheit
- Kompatibilität mit den Zielen der Schweizerischen Politik
- Gleichmässige Aufteilung auf die verschiedenen Bereiche der Nachhaltigkeit

Für diese Arbeit von geringerer Bedeutung sind dagegen andernorts genannte Anforderungen wie:

- Internationale Vergleichbarkeit: Die Studie will bewusst Neuland beschreiten, soweit dies gerechtfertigt ist.
- Möglichkeit der Festlegung von "nachhaltigen" Zielwerten: Zielwerte im Sinne von „Nachhaltigkeitsgrenzen“ sind meist nur für wirkungsbezogene Indikatoren sinnvoll.

### 3.1.3 Indikatorensystematik

Aufgrund der Vielzahl der verwendeten Indikatoren ist eine systematische Einteilung hilfreich. Tabelle 1 fasst verschiedene, teils altbekannte Indikatorsystematiken zusammen und stellt ihnen die im vorliegenden Bericht verwendete Systematik gegenüber. Nachstehend gehen wir kurz auf die einzelnen Systeme ein.

---

<sup>22</sup> Vgl. Ernst Basler + Partner AG 1999, S. 64f.; Bossel 1999, S. 7.; BFS 1999, S. 11f.

OECD PSR	UNCSD DSR	EU DPSIR	BFS/BUWAL/ARE MONET	Ecoplan/Factor Energiebereich
Pressure	Driving force	Driving forces	Level	<b>Aktivitäten</b>
			Gestaltungskriterien	<b>Energieeffizienz</b>
		Pressures	Flow, Prozesse	<b>(Ein-)Wirkungen</b>
Impact				
State	State	State	Stock, Kapital	--
Response	Response	Response	Reaktion	<b>Politik</b>

*Tabelle 1: Gegenüberstellung verschiedener Indikatorensystematiken. Die Systeme sind unterschiedlich strukturiert, weisen aber einige Gemeinsamkeiten auf.*

### Bisherige Systeme

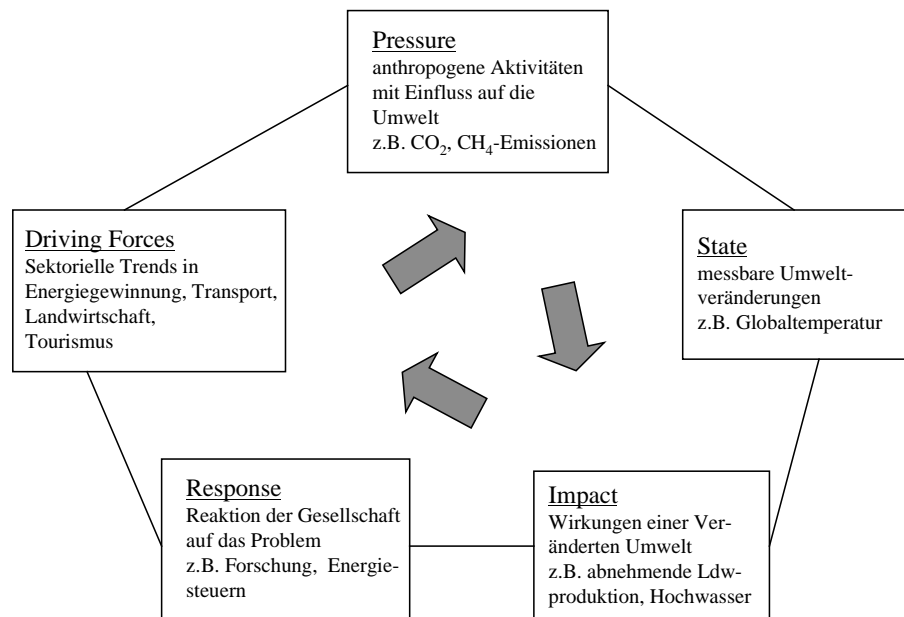
Der **Pressure / State / Response-Ansatz** (PSR) wurde von der OECD für die Einteilung von Umweltindikatoren entwickelt.<sup>23</sup> Pressure-Indikatoren drücken aus, welche Umweltbelastungen durch menschliche Aktivitäten verursacht werden. State-Indikatoren beschreiben den Zustand der Umwelt. Response-Indikatoren sollen aufzeigen, in welchem Ausmass die Gesellschaft auf die Umweltveränderungen reagiert. Dabei können die Reaktionen sowohl aus durchgeführten Umweltschutzmassnahmen bestehen als auch Verhaltens- und Einstellungsänderungen der einzelnen Individuen oder gesellschaftlicher Gruppen kennzeichnen. Beispiele für die drei Indikatorentypen sind: jährliche CO<sub>2</sub>-Emissionen (Pressure), CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre (State), und Massnahmen zur Reduktion der Emissionen (Response). Im Falle von lokalen Luftschadstoffen ermöglicht der State-Indikator den Vergleich mit bestehenden Immissionsgrenzwerten oder Luftqualitätszielen. Der Pressure-Indikator eignet sich für die Überwachung von Emissionszielen.

**Driving Force / State / Response-Ansatz** (DSR): Die Kommission für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (UNCSD) hat den PSR-Ansatz in leicht abgewandelter Form auf ihre Indikatoren angewendet. Statt Pressure wird der Begriff Driving Force gebraucht.<sup>24</sup> Damit wird die Bedeutung der gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und institutionellen Rahmenbedingungen und Aktivitäten für die nachhaltige Entwicklung hervorgehoben.

**Driving Force / Pressure / State / Impact / Response-Ansatz** (DPSIR): Dieses Modell wird in der europäischen Umweltbeobachtung verwendet. Die „Pressures“ bezeichnen dabei die Einwirkungen der menschlichen Aktivitäten auf die Umwelt, die „Impacts“ die resultierenden Auswirkungen (vgl. Figur 6).

<sup>23</sup> Vgl. OECD 1994. Der Ansatz geht auf die 70er Jahre zurück.

<sup>24</sup> Vgl. UNCSD 1996



Figur 6: *Driving Force / Pressure / State / Impact / Response-Modell am Beispiel des anthropogenen Treibhauseffekts. Quelle: Jesinghaus 1999, Kap. 1.2*

Diese Systeme haben alle den Nachteil, dass sie keine eindeutige Zuordnung der sozioökonomischen Indikatoren erlauben. BFS, BUWAL und ARE arbeiten deshalb gegenwärtig an der Entwicklung einer eigenen Systematik im Rahmen des Projektes **MONET** (Monitoring der nachhaltigen Entwicklung, vgl. Abschnitt 4.2.1). Ein erster Vergleich zeigt, dass die im vorliegenden Bericht verwendete, nachstehend erläuterte Systematik mit Ausnahme der Stock/Kapital Indikatoren recht gut mit jener des BFS korrespondiert.

### Indikatortypen für den Energiebereich (Modell ECOPLAN / Factor)

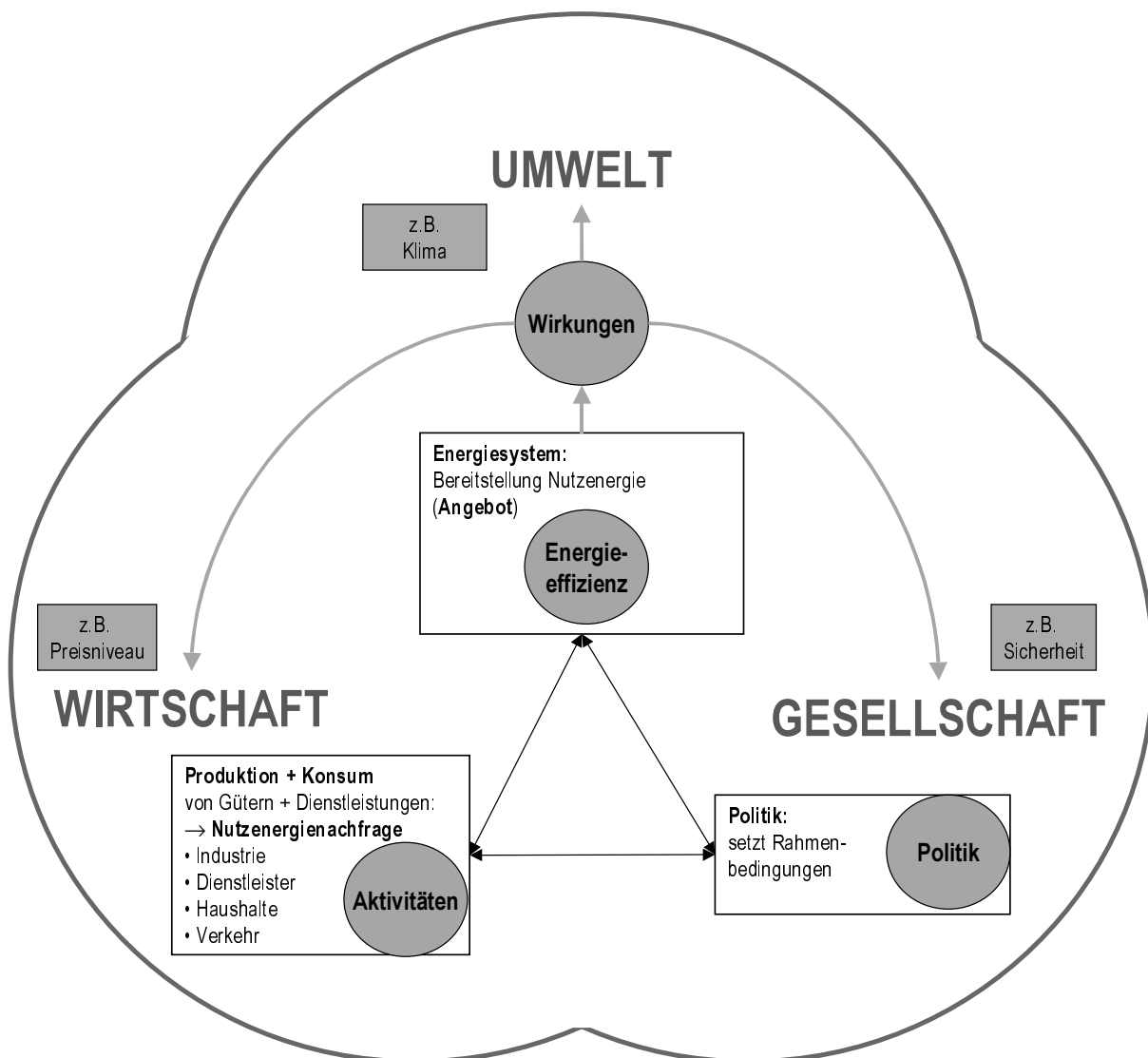
Wir unterscheiden vier Typen von Indikatoren (vgl. Figur 7).

- **Wirkungsindikatoren** bezeichnen die Wirkungen des Energiebereichs auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. Dazu zählen wir auch Größen wie die Quantität und Qualität des Energieangebots, d.h. die zentrale Wirkung „Befriedigung der Nachfrage nach Nutzenergie bzw. nach Energiedienstleistungen“.
- **Aktivitätsindikatoren** beschreiben die Produktion und den Konsum von Gütern und Dienstleistungen in den vier klassischen Verbrauchergruppen Industrie, Dienstleistung, Haushalte und Verkehr. Deren Aktivitätsniveau ist die zentrale Triebkraft der Nachfrage nach Nutzenergie.
- **Energieeffizienzindikatoren** bezeichnen die technisch-energetische Effizienz der Energiegewinnung, -umwandlung und -nutzung.
- **Politikindikatoren** bilden die Reaktionen ab, mit denen die Energiepolitik auf die nachhaltige Gestaltung des Energiebereichs hinwirkt. Meist wollen diese Reaktionen Einstel-

lungs- und vor allem Verhaltensänderungen bewirken, die ihrerseits den Zustand des Systems verbessern sollen (z.B. Ökologische Steuerreform).

Indikatoren, welche den absoluten Zustand der drei „Nachhaltigkeitskapitalien“ Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft beschreiben, sind für unsere Fragestellung nicht direkt relevant, da diese Zustände in aller Regel neben dem Energiebereich auch von anderen Sektoren beeinflusst werden. Deshalb sind „State“- oder „Kapital“-Indikatoren in unserem sektoriellen System nicht vertreten.

In der folgenden Abbildung wird der Zusammenhang zwischen den vier Indikatorarten und den Elementen unseres einfachen Wirkungsmodells hergestellt. Das System wird zusammen mit Beispielen für Kriterien in die bekannten drei Kreise der Nachhaltigkeit eingebettet.



Figur 7: Illustration der verwendeten Indikatorarten. Klima, Sicherheit und Preis des Angebots sind Beispiele für Kriterien, anhand derer die Wirkungen des Energiesystems auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft abgebildet werden.

### 3.1.4 Erarbeitung des Systems

Analog zu früheren Arbeiten<sup>25</sup> verfolgen wir ein zweistufiges Vorgehen: Im ersten Schritt werden die Kriterien für die Nachhaltigkeit des Energiesystems hergeleitet. Im zweiten Schritt werden Indikatoren gesucht, welche diese Kriterien optimal abbilden.

Die Herleitung der Kriterien erfolgt – in einem teilweise iterativen Verfahren – sowohl *bottom-up* wie auch *top-down*:

- Der Bottom-up-Ansatz beinhaltet die Identifikation nachhaltigkeitsrelevanter Bereiche (Kriterien) anhand der bekannten Wirkungen und bestehenden Indikatoren des Energiebereichs. Zu diesem Zweck diskutieren wir in den folgenden Kapiteln 4 und 5 bestehende Indikatorensysteme für Nachhaltigkeit und Energie.
- Der Top-Down-Ansatz beinhaltet demgegenüber die systematische Herleitung energie-spezifischer Kriterien aus den allgemeineren Definitionen und Handlungsregeln für Nachhaltigkeit. Dieser Ansatz kommt im Kapitel 6 zum Tragen.

Bei der Herleitung der Indikatoren (Kapitel 7) diskutieren wir jeweils auch die gewünschte Entwicklungsrichtung, soweit dies sinnvoll ist. Quantitative Zielwerte werden hingegen auftragsgemäss nicht abgeleitet. Auch die Darstellung der Indikatoren und eine mögliche Aggregation werden nicht behandelt (vgl. hierzu Abschnitt 2.1.3).

## 3.2 Systemabgrenzung

### 3.2.1 Sektorale Abgrenzung

Wie kann ein Kriterien- und Indikatorensystem für „Energie“ sinnvoll von ähnlichen Konzepten, z.B. für Verkehr oder die Landwirtschaft abgegrenzt werden? Sind Überlappungen sinnvoll? Die Figur 8 zeigt, wie die recht schwierige Abgrenzung der Energie vorgenommen werden könnte. Der Würfel zeigt in den drei Dimensionen:

- x: Die wichtigsten Verbrauchergruppen oder Aktivitäten, namentlich Haushalte, Industrie, Dienstleistungen, Verkehr; Landwirtschaft
- y: Die wichtigsten Produktionsfaktoren, namentlich Energie, Boden, übr. Rohstoffe, Kapital, Arbeit, Information
- z: Die drei Dimensionen der Wirkungen: Umwelt, Wirtschaft, Gesellschaft

---

<sup>25</sup> Insbesondere EBP 1998

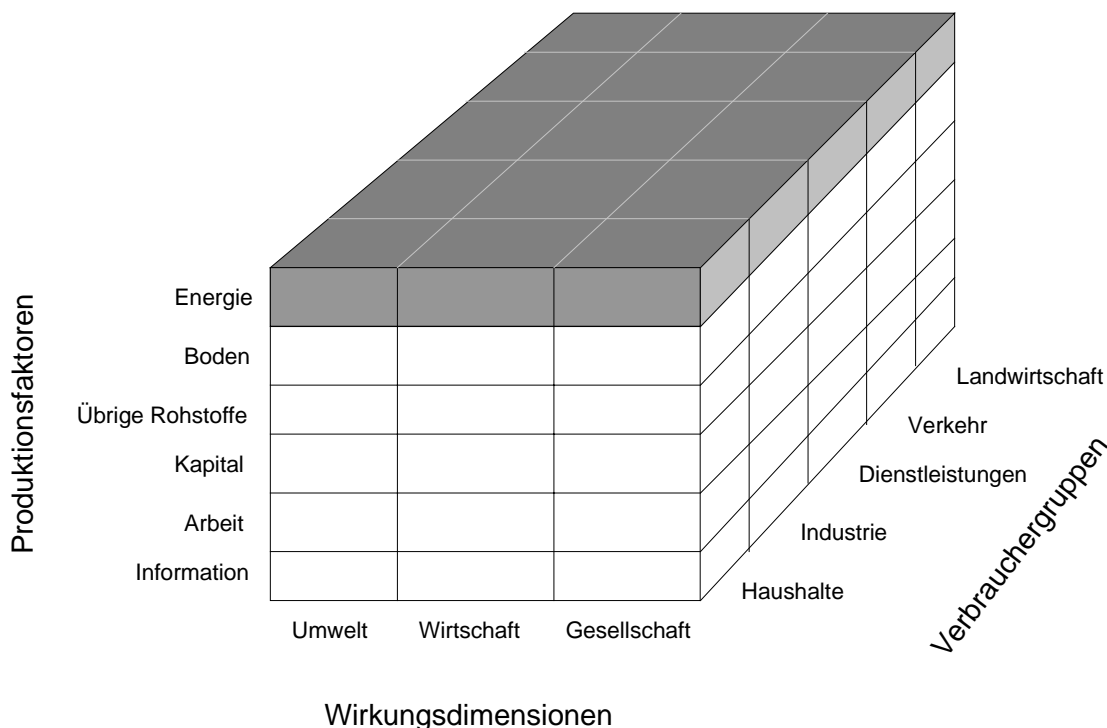
Grundsätzlich sind Indikatorensysteme auf verschiedenen Ebenen denkbar, also z.B.

- Nachhaltigkeitsindikatoren für die Verbrauchergruppen Verkehr oder Landwirtschaft (die dann alle Produktionsfaktoren und Auswirkungsdimensionen umfassen)
- Nachhaltigkeitsindikatoren für Produktionsfaktoren wie z.B. Energie, Rohstoffeinsatz oder auch Kapitaleinsatz (die dann alle Verbrauchergruppen und alle Auswirkungsdimensionen umfassen könnten)

Energie spielt für fast alle derartigen sektoralen Indikatorensysteme eine zentrale Rolle. Daher sind Überlappungen unvermeidlich und durchaus sinnvoll. So überlappen sich also die hier vorgeschlagenen Indikatoren mit jenen, die in Vorschlägen für Verbrauchergruppen wie z.B. Verkehr oder Landwirtschaft enthalten sind.

Wir nehmen diese Überlappungen bewusst in Kauf, schliessen also beispielsweise auch die energiebedingten Auswirkungen des Verkehrs in die Betrachtung mit ein, nicht aber die übrigen wie z.B. Verkehrsunfälle. Diese Abgrenzung wird in den nachfolgenden Kapiteln schrittweise verfeinert.

In einem umfassenden, sektorübergreifenden Indikatorensystem wie MONET (Abschnitt 4.2.1) laufen die Einwirkungen und Auswirkungen der verschiedenen sektoralen Konzepte quasi zusammen. Die Wirkungen können dann entweder nach den Verbrauchergruppen (Aktivitätsbereichen) oder nach den Produktionsfaktoren aufgeteilt werden.



Figur 8: Ineinandergreifen der Ebenen „Verbrauchergruppen“, „Produktionsfaktoren“ und „Wirkungsdimensionen“ zur Illustration der Abgrenzung von sektoralen Indikatorensystemen

Eine ähnliche Schlussfolgerung ergibt sich, wenn eine Abgrenzung in Anlehnung an die Systematik der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (Input-Output-Tabelle) versucht wird: Hier kann der Energiesektor sowohl von der Produktion her (Verwendung von Vorleistungen wie Rohstoffen, Arbeit, Kapital) wie auch von der Absatzseite her betrachtet werden (Lieferung von Energie an andere Sektoren, aber auch an den Endkonsumenten, d.h. die Haushalte). Diese Betrachtung macht deutlich, wie der Energiesektor mit den anderen „Sektoren“ überlappt:

- Energie ist ein Input für andere Sektoren wie Verkehr oder Landwirtschaft.
- Energie benötigt Leistungen anderer Sektoren wie Verkehr (z.B. Öltransporte etc.) als Vorleistungen.
- Energie ist ein Konsumgut (Endkonsum der Haushalte).

### 3.2.2 Territoriale Abgrenzung

Die Wirkungen des Schweizer Energiesystems reichen deutlich über die Landesgrenzen hinaus. Nachstehend treffen wir hierzu einige Abgrenzungen, welche in den folgenden Kapiteln teilweise noch verfeinert werden.

#### Energiestatistisches Erfassungsprinzip

Für die Zwecke der vorliegenden Arbeit unterscheiden wir die folgenden Erfassungsprinzipien:

- **Absatzprinzip:** Erfassung aller in der Schweiz verkauften Energieträger, inkl. der Ausfuhren ins Ausland
- **Territorialprinzip:** Erfassung aller auf dem Gebiet der Schweiz verbrauchten (oder produzierten) Energieträger
- **Inländerprinzip:** Erfassung der durch die Schweizer Wohnbevölkerung verbrauchten Energieträger im In- und Ausland

Die Unterscheidung zwischen Absatz und Verbrauch im Inland ist ein grundlegendes Element der nationalen Energiebilanz: Gewinnung, Ein- und Ausfuhren, Lagerveränderungen sowie der resultierende *Bruttoverbrauch* von Energieträgern werden explizit ausgewiesen.<sup>26</sup> Das Inländerprinzip ist hingegen eine neuartige Erfassungsart, welche bislang kaum angewendet wurde.

Bei den Treibstoffen ist die Unterscheidung zwischen den drei Erfassungsprinzipien besonders wichtig:

---

<sup>26</sup> Vgl. die Schweizerische Gesamtenergiestatistik, BFE 2000d

- Der Benzinabsatz liegt in der Schweiz höher und der Dieselaabsatz tiefer als der effektive Verbrauch. Dieser „Tanktourismus“ durch die Endverbraucher wird durch die Zollstatistiken nicht erfasst; er lässt sich nur rechnerisch bestimmen.
- Die Schweizer Wohnbevölkerung verbraucht auf ihren Reisen im Ausland Treibstoffe, welche nur bei Anwendung des Inländerprinzips erfasst werden. Besonders relevant ist dies im Fall der Flugreisen.
- Andererseits entfällt ein relevanter Teil des Treibstoffverbrauchs in der Schweiz auf ausländische Touristen und den Transitverkehr.

Welches der drei Erfassungsprinzipien ist nun für Nachhaltigkeitsindikatoren am besten geeignet? Das Inländerprinzip ist zwar „verursachergerecht“, zwei Hauptgründe sprechen aber gegen seine konsequente Anwendung:

- Die durch Ausländer in der Schweiz verursachten Umweltwirkungen (Energieverbrauch, Emissionen) sollten nicht vernachlässigt werden, da sie aus Nachhaltigkeitssicht wesentlich sind und auch im Einflussbereich der Schweizer Energiepolitik liegen.
- Die bestehenden Energie- und Umweltstatistiken basieren zumeist auf dem Territorialprinzip (Ausnahme: Treibstoffe in Gesamtenergiestatistik nach Absatz); somit fehlen für die Anwendung des Inländerprinzips die Datengrundlagen.

Die Nachhaltigkeitsindikatoren sollten deshalb grundsätzlich auf dem Territorialprinzip aufbauen. Im Sinne des Verursacherprinzips können ausgewählte Elemente zusätzlich berücksichtigt werden, namentlich die grauen Umweltwirkungen im Ausland (siehe nächster Abschnitt) sowie die mit dem Flugverkehr verbundenen Umweltwirkungen. Die Abschnitte 7.1.6 und 7.4.6 gehen anhand der vorgeschlagenen Indikatoren nochmals auf die Frage des Erfassungsprinzips ein.

### **Graue Energie und graue Umweltwirkungen**

Ein wichtiges Thema sind der so genannte „graue“ Energieverbrauch und die „graue“ Umweltbelastung des Energiebereichs. Diese umfassen:

- den Energieverbrauch und die Umweltbelastung bei der Bereitstellung importierter Energieträger bis an die Landesgrenze
- den Energieverbrauch und die damit verbundene Umweltbelastung bei der Bereitstellung sonstiger importierter Güter und Dienstleistungen bis an die Landesgrenze

Da die Schweiz einen grossen Teil ihrer Energieträger und energieintensiven Güter aus dem Ausland importiert, sind diese grauen Wirkungen nicht zu vernachlässigen. Im Sinne des Verursacherprinzips sollen sie deshalb mit dem Indikatorensystem nach Möglichkeit erfasst werden.

Analog ist auch der Export von grauer Energie und grauen Umweltwirkungen in Form von Schweizer Energieträgern (v.a. Strom), Gütern und Dienstleistungen zu berücksichtigen (Saldierung). Abschnitt 7.1.6 geht anhand der einzelnen Indikatoren näher darauf ein.

### **„Graue“ Wirkungen der Dimensionen Wirtschaft und Gesellschaft**

Das Konzept der grauen Wirkungen ist grundsätzlich auch auf die ökonomische und soziale Dimension des Energiebereichs anwendbar: So kann etwa die Bereitstellung von Energieträgern im Ausland mit kritischen Nebenwirkungen verknüpft sein. Ein prominentes Beispiel aus der jüngeren Zeit ist die Ölförderung in Nigeria, wo die Lebensgrundlagen der Volksgruppe der Ogoni durch auslaufendes Öl schwer beeinträchtigt wurden. Dabei spielten – neben der ökologischen Dimension – soziale und menschenrechtliche Aspekte wie etwa die Mitsprache der lokalen Bevölkerung eine grosse Rolle.

Weitere Beispiele für „graue“ Wirtschafts- und Gesellschaftswirkungen sind z.B. die externen Kosten, die im Ausland entstehen oder die Innovations- und Beschäftigungseffekte des Handels mit Energie resp. energieintensiven Gütern. Grundsätzlich sollten solche Effekte in ein Indikatorensystem integriert werden, sofern es sich am Inländerprinzip (Verursacherprinzip) und nicht am Territorialprinzip orientiert. In einem liberalen Wirtschaftsverständnis ist aber Zurückhaltung am Platz, wenn es um die Beurteilung von Markteffekten geht (sog. pekuniäre Effekte, auch pekuniäre Externalitäten genannt), also Verteilungseffekte (Gewinner und Verlierer) die sich gerade im Handel mit Rohstoffen und Energie ergeben können: So wäre es aus marktwirtschaftlicher Sicht fragwürdig, die Gewinne der erdölfördernden Länder aus einer Energiepreis-Hausse abschöpfen und umverteilen zu wollen: Sie sind Ausdruck einer Verknappung, und politisch unerwünschte Verteilungseffekte sollten nötigenfalls mit anderen, direkten Mitteln (Finanzhilfen usw.) korrigiert werden.

Die Erfassung von „grauen“ Wirtschafts- und Gesellschaftswirkungen wäre zwar denkbar, allerdings in den meisten Fällen mit sehr hohem Aufwand verbunden. Daher beschränken wir uns auf die territorialen Effekte (wichtige Ausnahme: externe Umwelt- und Risikokosten im Ausland, basierend auf den grauen Umwelt- und Energiewirkungen). In diesem Bereich liegt sicherlich mittel- bis langfristig ein Vertiefungsbedarf, analog zu den grauen Umweltwirkungen.



## 4 Nachhaltigkeitsindikatoren: bestehende Systeme

Dieser Abschnitt gibt einen kurzen Überblick über Nachhaltigkeitskriterien und -indikatoren auf internationaler Ebene. Aufgrund der ausserordentlich vielfältigen Aktivitäten wird keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Vielmehr geht es darum, die gegenwärtige Praxis der Umsetzung in konkrete Indikatoren zu illustrieren und einige Grundtendenzen herauszufiltern. Auf spezialisierte Energieindikatorensysteme gehen wir im Kapitel 5 ein.

### 4.1 International

#### 4.1.1 Indikatorensysteme zwischenstaatlicher Organisationen

##### **United Nation's Commission on Sustainable Development (UNCSD)**

Am Erdgipfel von Rio 1992 verabschiedeten 178 Staaten u.a. die Agenda 21, einen umfassenden Aktionsplan zur nachhaltigen globalen Entwicklung im 21. Jahrhundert. Im Anschluss daran wurde die Kommission der Vereinten Nationen für nachhaltige Entwicklung (UNCSD) gegründet, um die Umsetzung der beschlossenen Massnahmen auf internationaler, nationaler und regionaler Ebene zu begleiten und zu überwachen.

Die UNCSD startete unter anderem ein Arbeitsprogramm „Indikatoren der nachhaltigen Entwicklung“. 1995 wurde eine Liste von 134 Indikatoren erarbeitet und allen interessierten Staaten zum Experimentieren und Testen überlassen. Zur Erleichterung des Verständnisses dienen methodische Merkblätter, welche Definition, Aussagekraft und Anwendung der Indikatoren festlegen.<sup>27</sup> Das Ziel ist es, bis im Jahre 2001 ein ausgereiftes und breit abgestütztes Set von Indikatoren zu definieren, welches anschliessend von allen Staaten angewendet werden könnte.

Das Indikatorenset der UNCSD berücksichtigt soziale, ökonomische, umweltrelevante und institutionelle Aspekte und bettet die Indikatoren in ein „Driving Force-State-Response (DFR)“ Schema ein (vgl. Abschnitt 3.1.3). Die EU wie auch die Schweiz haben das Indikatorenset der UNCSD angewendet.<sup>28</sup> Dabei zeigte sich, dass die Indikatoren stark auf die Bedürfnisse und statistischen Möglichkeiten der Entwicklungsländer ausgerichtet sind und das Nachhaltigkeitsverständnis der Industrieländer nur ungenügend abzubilden vermögen.

---

<sup>27</sup> Vgl. UNCSD 1996. Die Liste der UNCSD-Indikatoren ist im Anhang 1 von BFS & BUWAL 1999 vollständig wiedergegeben.

<sup>28</sup> Vgl. Eurostat 1997 und BFS & BUWAL 1999

Der Prozess, den die UNCSO in Gang gesetzt hat, ist wertvoll für die Bewusstseinsbildung und den generellen Erfahrungsgewinn bezüglich Nachhaltigkeitsindikatoren. Darauf gehen wir im Abschnitt 4.2 am Beispiel der Schweiz näher ein. Für die vorliegende Arbeit ist das System der UNCSO aber nur beschränkt hilfreich, weil der Energiebereich lediglich mit einigen herkömmlichen Verbrauchs- und Effizienzindikatoren explizit berücksichtigt wird. 37 der Indikatoren sind nach unserer Definition den Politikindikatoren zuzuordnen; diesen liegen wiederum acht Kriterien mit einem möglichen Bezug zum Energiesektor zu Grunde.<sup>29</sup>

### Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD)

Die OECD befasst sich seit längerem mit Umwelt-, Entwicklungs- und Nachhaltigkeitsindikatoren. Unter anderem sammelt und publiziert sie Umwelt- und ausgewählte sozioökonomische Daten der OECD-Staaten.<sup>30</sup>

Die OECD arbeitet auch an der Weiterentwicklung der methodischen Grundlagen für Indikatoren. Kürzlich wurde in Rom eine Konferenz zum Thema durchgeführt, bei der unter anderem folgende Schlüssen gezogen wurden:<sup>31</sup>

- Die National Accounts (volkswirtschaftliche Gesamtrechnung) muss ausgebaut werden, indem zusätzlich zur ökonomischen auch die ökologische und soziale Dimension einbezogen wird.
- Als Basis für internationale Vergleiche sollen Schlüssel- oder Kernindikatoren festgelegt werden, wie sie für den Umweltbereich bereits bestehen.

Für den Energiebereich wurden an der Konferenz neun Kernindikatoren vorgeschlagen, welche für die vorliegende Arbeit von einigem Interesse sind:

Die OECD-Indikatoren in Tabelle 2 zu den Trends im Energiesektor sind nach unserer Terminologie als Aktivitäts- und Effizienzindikatoren zu bezeichnen (Endenergieverbrauch und Energieintensitäten). Die Indikatoren zur Interaktion mit der Umwelt sind eindeutige Wirkungsindikatoren; jene zu Wirtschafts- und Politikaspekten schliesslich sind Politikindikatoren (allerdings handelt es sich dabei eher um Kriterien). Über diese Kernindikatoren hinaus nennt die OECD eine Reihe üblicher Typen von **Politikmassnahmen** im Energiebereich.<sup>32</sup>

<sup>29</sup> Dabei handelt es sich um die folgenden Indikatoren: Förderung von Weiterbildung sowie öffentlichem Bewusstsein und Informationsstand; Förderung von Projekten mit einem Bezug zur nachhaltigen Entwicklung; Ausgaben für die Beseitigung von Umweltschäden; Integration von Strategien für nachhaltige Entwicklung in die Politikgestaltung; Beitrag der Wissenschaft zur nachhaltigen Entwicklung; Beteiligung an der internationalen Gesetzgebung; Informationen für Entscheidungsfindung (Förderung von Statistiken, welche die Beurteilung der nachhaltigen Entwicklung erleichtern/verbessern); Miteinbezug der Bevölkerung in Räte für nachhaltige Entwicklung (Breite der Diskussion; Partizipation)

<sup>30</sup> Vgl. OECD 1994 und 1998a

<sup>31</sup> Vgl. OECD 2000a, b

<sup>32</sup> OECD 2000b, p.295. Dabei handelt es sich um: Informationsprogramme; Abkommen auf freiwilliger Basis mit der Industrie; Gesetze, Regulierungen; Direkte ökonomische Anreize; Preissetzung und Besteuerung; Unterstützung von Forschung und Entwicklung; Unterstützung von Sicherheits- und Umweltschutzmassnahmen.

Sektorielle Trends von Umweltrelevanz	Energieintensitäten	Primärenergieverbrauch und -intensitäten
	Energiemix	Primärenergieversorgung nach Energieträger
	Energienutzung	Endenergieverbrauch nach Sektoren
Interaktionen mit der Umwelt	Luftverschmutzung	Energiebezogene Luftschadstoffemissionen und -intensitäten
	Wasserverschmutzung	Ölemissionen durch Unfälle
	Abfall	Radioaktive Abfälle (verbrauchter Brennstoffe) aus Stromerzeugung
Wirtschaftliche und Politikaspekte	Ausgaben	Öffentliche und private Ausgaben für Emissionsreduktion
	Preissetzung u. Steuern	Energiepreise und Steuern
	Subventionen	Subventionen an Energiewirtschaft und Energieverbraucher

Tabelle 2: OECD-Kernindikatoren für den Energiebereich. Quelle: OECD 2000b, p.291ff

Die OECD anerkennt, dass die sozialen und gesellschaftlichen Aspekte des Energiebereichs in diesen Kernindikatoren ungenügend berücksichtigt werden, und betont die Bedeutung weiterer Arbeiten auf diesem Gebiet. Gemäss einer vorläufigen Liste richtet die OECD ihre Aufmerksamkeit auf sechs Themenbereiche im Schnittpunkt von Gesellschaft, Umwelt und Energie. Neben traditionellen Themen wie Gesundheit, Beschäftigung sowie gleichwertiger Zugang zu Energiedienstleistungen berücksichtigt die OECD auch demografische Aspekte, welche die Energienachfrage beeinflussen. Mit den Begriffen „ökologisches Bewusstsein“ sowie „ökologische Demokratie“ fordert diese Liste Partizipationsmöglichkeiten der Bevölkerung an der Formulierung der Energiepolitik, Wahlfreiheit bezüglich verschiedener Energieträger sowie die Beeinflussung des Konsumentenverhaltens durch Sensibilisierung und Information.<sup>33</sup>

#### 4.1.2 Indikatorensysteme der Europäischen Union (EU)

##### Stellenwert der Nachhaltigkeit in der EU-Politik

Seit dem Abkommen von Amsterdam ist eine nachhaltige Entwicklung erklärtes Ziel der EU (Artikel 2; 6).<sup>34</sup> Umweltschutzerfordernisse sollen bei der Festlegung und Durchführung anderer Gemeinschaftspolitiken einbezogen werden. Nachhaltige Entwicklung wird dabei wie folgt umschrieben:<sup>35</sup>

*Das Wirtschaftswachstum soll sich kurz-, mittel- und vor allem langfristig im Einklang mit den gesellschaftlichen Bedürfnissen vollziehen, d.h. jeweils den Bedürfnissen der Gegenwart Rechnung tragen, ohne die Entwicklungsmöglichkeiten der kommenden Generationen zu gefährden. Konkret geht es um die Schaffung der Voraussetzungen dafür, daß die wirtschaftliche Entwicklung langfristig im Einklang mit den Umwelterfordernissen erfolgt. Auf dem Weltgipfel für soziale Entwicklung im März 1995 in Kopenhagen wurde zudem die Not-*

<sup>33</sup> OECD 2000b, p. 303.

<sup>34</sup> Vgl. <http://europa.eu.int/scadplus/leg/de/lvb/a15000.htm#a15003>

<sup>35</sup> Quelle: Glossar unter <http://europa.eu.int/scadplus/leg/de/cig/g4000n.htm>

wendigkeit unterstrichen, Maßnahmen gegen die soziale Ausgrenzung und für den Gesundheitsschutz zu treffen.

Die EU-Kommission hat in der Folge umfangreiche Arbeiten zur Entwicklung von Indikatoren in Angriff genommen. Dabei stehen zwei Typen von Indikatoren im Vordergrund:

- Indikatoren zum Zustand der Umwelt
- *Sectoral integration indicators*, welche abbilden, wie weit Umweltanliegen in den Sektorpolitiken berücksichtigt werden

Zusammen sollen diese Indikatoren aufzeigen, ob sich der allgemeine Umweltzustand verbessert, und ob eine nachhaltige Entwicklung in den Sektorpolitiken und für die Gesellschaft als Ganzes erreicht werden kann. Nachstehend geben wir einen Überblick über den Stand dieser Arbeiten.<sup>36</sup>

### Umweltindikatoren

Im Umweltbereich sind zwei neue Indikatorensets vorgesehen: ein jährlicher Bericht *Environmental Signals* und ein fokussierteres Set von *Headline Indicators*.

Der *Environmental Signals*-Bericht wird von der europäischen Umweltagentur (EEA) herausgegeben und ist im Frühjahr 2000 erstmals erschienen.<sup>37</sup> Er deckt mit rund 70 Indikatoren alle wesentlichen Umweltthemen ab und richtet sich hauptsächlich an die Entscheidungsträger im Bereich Umwelt. Der Auswahl der Indikatoren liegen zwei Hauptkriterien zu Grunde, nämlich (i) politische Relevanz und (ii) Vorhandensein einer angemessenen Datenmenge aus genügend vielen Mitgliedstaaten.

Die Indikatoren werden nach dem Drivers-Pressure-State-Impact-Response-Schema (DPSIR) eingeteilt. Allerdings wurden nicht für jede Kategorie einer Wirkungskette Indikatoren gesucht; vielmehr beziehen sich die meisten Indikatoren auf die Kategorien Drivers und Pressure. Zudem wird unterschieden zwischen *Performance Indicators*, die mit der Verfolgung eines konkreten politischen Ziels verbunden sind, und *Descriptive Indicators*, welche lediglich Veränderungen aufzeigen, ohne direkt eine Wertung der Entwicklung zuzulassen.

Zwei Kapitel von *Environmental Signals 2000* beschreiben den aktuellen Stand den Bereichen Energieerzeugung und Energienutzung. Tabelle 3 zeigt die betreffenden Indikatoren.

---

<sup>36</sup> Basierend auf einem Arbeitsbericht der Kommission zuhanden der Ministerratskonferenz in Helsinki 1999, vgl. COM 1999a  
<sup>37</sup> EEA 2000b

Indikator	Thema (politische Aktualität)	Kategorie
<b>Bereich Energieerzeugung</b>		
Energieeffizienz von thermischen Kraftwerken	Konnte der Sektor die globale Effizienz der Hauptprozesse verbessern?	Driving force
Intensität der Emissionen	Ist es dem Sektor gelungen die Emissionen von den wirtschaftlichen Aktivitäten zu entkoppeln?	Pressure
Elektrizitätserzeugung nach Produktionsarten	Konnte die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen reduzierte werden?	Driving force
Anteil erneuerbare Energie an der gesamten Elektrizitätserzeugung	Wurde der Anteil erneuerbarer Energien erhöht?	Driving force
Anteil der Wärmekraftkopplung (WKK) an der gesamten Elektrizitätserzeugung	Wurden alle Möglichkeiten für WKK ausgeschöpft?	Driving force
<b>Bereich Energienutzung</b>		
Energieintensität	Bedingt das Wirtschaftswachstum immer noch zusätzlichen Energieeinsatz?	Driving force
Energieversorgung	Wurde der Gesamtenergieverbrauch erfolgreich gesenkt?	Driving force
Anteil erneuerbarer Energie an der Energieversorgung	Ist der Anteil erneuerbarer Energien steigend?	Driving force
Energiepreise	Entwickeln sich die Preise in eine Richtung, welche den rationellen Energieverbrauch fördert?	Driving force
Steuern auf Energie	Entwickeln sich die Steuern in eine Richtung, welche den rationellen Energieverbrauch fördert?	Response

Tabelle 3: Energiebezogene Indikatoren im Bericht „Environmental Signals 2000“ der EU.  
Quelle: EEA 2000b

Die *Headline Indicators* sind ein beschränkteres Set von Umweltindikatoren, benannt nach der Erwartung, sie in Schlagzeilen von führenden Zeitungen erscheinen zu sehen. Sie sollen die Summe der Befunde bilden und die wichtigsten Trends in den Schlüsselgebieten abbilden. Das Set liegt im Entwurf vor. Der Energiebereich ist indirekt über die Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen vertreten.<sup>38</sup>

### Indikatoren für die Integration der Umweltanliegen in Sektorpolitiken

Die Indikatorensysteme zur Abbildung der *Sectoral integration* sind zumeist noch in Erarbeitung. Als erstes Set mit Pilotcharakter wurde im Frühling 2000 ein Set für den Transportbereich publiziert (*Transport and Environment Reporting Mechanism, TERM*).<sup>39</sup> TERM 2000 umfasst 31 Indikatoren, welche teils aber erst lückenhaft erfasst sind. Das Thema Energie ist mit verschiedenen Indikatoren vertreten:

- absoluter und spezifischer Energieverbrauch

<sup>38</sup> Vgl. COM 1999a, p.11

<sup>39</sup> Vgl. EEA 2000a

- CO<sub>2</sub>- und Luftschadstoffemissionen
- Treibstoffpreise und -steuern
- Anteil alternativer Energieträger

Im Energiebereich wird ein Set von *Integration indicators* gegenwärtig erarbeitet (Auskunft EEA). Bereits 1999 wurde ein Taschenbuch zu Energieindikatoren publiziert, welches vor allem in darstellerischer Hinsicht beachtenswert ist.<sup>40</sup> Die Publikation beschreibt die Entwicklung des EU-Energiebereichs anschaulich anhand von 65 kommentierten Grafiken. Dabei werden die fünf Bereiche Energieversorgung, Endenergieverbrauch, Energiewirtschaft, Energiemärkte und Umweltaspekte unterschieden. Aus Sicht der Nachhaltigkeit greift die Publikation aber deutlich zu kurz: Von den wirtschaftlichen Aspekten des Energiebereichs werden lediglich Preise, Steuern und Importanteile berücksichtigt; soziale Aspekte fehlen vollständig.

### Nachhaltigkeitsindikatoren

Die EU-Kommission anerkennt explizit, dass ihre auf Umwelt und sektorielle Integration fokussierten Indikatoren dem Nachhaltigkeitskonzept nicht umfassend gerecht werden, und beabsichtigt deshalb mittelfristig die Ausarbeitung weiterer Indikatoren. Ein Schritt in diese Richtung könnte die EUROSTAT-Publikation *Indicators of Sustainable Development* werden, welche auf Mitte 2001 angekündigt ist. Dabei handelt es sich um die überarbeitete Fassung der Indikatoren, welche 1997 im Rahmen der UNCSD-Indikatoreninitiative publiziert wurde.<sup>41</sup>

### Würdigung der EU-Resultate für die vorliegende Arbeit

Die jüngsten Indikatorensysteme der EU stellen im Sinne der Nachhaltigkeit einen Fortschritt dar, weil sie gezielt die kritischen Umweltprobleme abbilden und die Zusammenhänge mit Sektoralfolgen aufzeigen. Allerdings muss die EU auf die relativ schlechte Datenlage in einzelnen Mitgliedstaaten Rücksicht nehmen. Zudem deckt sie, wie oben erwähnt, das Nachhaltigkeitskonzept bislang nicht in seiner vollen Breite ab. Der Umweltbereich dominiert nach wie vor, und die Dimensionen Wirtschaft und Gesellschaft sind ungenügend berücksichtigt.

Eine Abstimmung der vorliegenden Arbeit mit den EU-Resultaten ist grundsätzlich erstrebenswert. Jedoch besteht auch bei den Indikatoren der EU noch Bedarf für Weiterentwicklung; die Arbeit wurde der Schweiz in diesem Sinne „nicht abgenommen“. Vielmehr kann die Schweiz bezüglich Nachhaltigkeitsindikatoren durchaus eine gewisse Vorreiterrolle spielen. Dies gilt namentlich auch für den Energiebereich.

---

<sup>40</sup> Eurostat 1999

<sup>41</sup> Quelle: COM 1999a p.4; vgl. Abschnitt 4.1.1 sowie Eurostat 1997

### 4.1.3 Indikatoren auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene

Im Zuge des Erdgipfels von Rio und der Agenda 21 wurden eine Vielzahl von Aktivitäten zur Erfassung und Realisierung von Nachhaltigkeit auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene initiiert, welche längst nicht mehr überschaubar sind. Zu den ersten gehörten z.B. die Nachhaltigkeitsindikatorensysteme für England und Baden-Württemberg.<sup>42</sup> Eine sehr umfangreiches Verzeichnis von Indikatorensystemen bietet die Website des International Institute for Sustainable Development.<sup>43</sup>

Die meisten dieser Systeme versuchen möglichst alle relevanten Politikbereiche und relevanten Nachhaltigkeitsaspekte zu erfassen. Auf die einzelnen Politikbereiche entfallen entsprechend nur wenige Indikatoren. Zudem werden zur Aufwandminimierung oft herkömmliche, wenig originelle Indikatoren verwendet. Für die vorliegende Arbeit, welche auf eine umfassende Abbildung des Energiebereichs abzielt, sind diese Indikatorensysteme deshalb wenig ergiebig.

---

<sup>42</sup> Vgl. UK Department of Environment 1996 sowie Pfister & Renn 1996

<sup>43</sup> <http://metaphor.iisd.ca/measure/compindex.asp>

## 4.2 Schweiz

### 4.2.1 Sektorübergreifende Nachhaltigkeitsindikatoren

BFS und BUWAL haben in einer Pilotstudie Indikatoren für die Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz erarbeitet. Dabei handelt es sich um die Weiterführung des von der UNCSD gestarteten Prozesses (vgl. Abschnitt 4.1.1). Von den 134 Indikatoren der UNCSD wurden 59 als für die Schweiz wesentlich und realisierbar betrachtet und schliesslich 33 realisiert. Folgende Indikatoren weisen einen direkten Bezug zum Energiebereich auf:<sup>44</sup>

- Treibstoffverbrauch pro Kopf im Strassenverkehr
- Jährlicher Energieverbrauch pro Kopf
- Verbrauch erneuerbarer Energien
- Energieverbrauch in der Landwirtschaft
- Treibhausgasemissionen
- Stickoxidemissionen
- Luftverschmutzung in urbanen Gebieten
- Erzeugung radioaktiver Abfälle

Die Autoren der Pilotstudie stellen fest, dass wirtschaftliche und soziale Aspekte des Energieverbrauchs praktisch nicht berücksichtigt sind. Auch bei der Vernehmlassung der Indikatoren wurden die Bereiche Wirtschaft und Gesellschaft generell als nur ungenügend abgebildet erachtet. In Zusammenarbeit mit dem ARE wird bis im Sommer 2002 im Rahmen des Projekts MONET (Monitoring der nachhaltigen Entwicklung) ein neues Set von Indikatoren erarbeitet.<sup>45</sup>

Die Konjunkturforschung Basel AG (BAK) hat ausgewählte Indikatoren des BFS/BUWAL-Sets weiterentwickelt und damit internationale und kantonale Nachhaltigkeitsvergleiche durchgeführt.<sup>46</sup> Innovativ ist daran unter anderem die Aggregation verschiedener Indikatoren durch Rangierung. Auch Energieverbrauch und Energieeffizienz wurden erfasst. Für die vorliegende Arbeit sind ansonsten aber keine wesentlichen Impulse ersichtlich.

---

<sup>44</sup> BFS/BUWAL 1999, Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz. Materialien für ein Indikatorensystem.

<sup>45</sup> BFS & BUWAL 2000a, b.

<sup>46</sup> Vgl. BAK 2000. Der internationale Vergleich umfasste die USA, Deutschland, Frankreich und Schweiz. Beim kantonalen Vergleich wurden AG, BE, BS, GR, LU, SO, ZG und ZH betrachtet.

## 4.2.2 Sektorielle Aktivitäten und Indikatorensysteme

### Bereich Verkehr

Ernst Basler + Partner haben im Rahmen des NFP 41-Projektes C5 erstmals explizit Kriterien und Indikatoren für die Nachhaltigkeit des Verkehrs in der Schweiz erarbeitet.<sup>47</sup> In nachfolgenden Projekten wurden Ergänzungsvorschläge formuliert, welche vor allem die wirtschaftlichen und sozialen Aspekte des Verkehrs betreffen.<sup>48</sup> Das Basissystem C5 ist im Anhang A1 wiedergegeben. Folgende Indikatoren weisen einen direkten Bezug zum Energiebereich auf:

- Treibhausgasemissionen des Verkehrs (Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente / Jahr)
- Verbrauch fossiler Energieträger (Joule / Jahr)
- Anteil erneuerbarer Energieträger (%)
- Energieintensität des Verkehrs (Joule / Personenkilometer, Joule / Tonnenkilometer)

Die Studie von Ernst Basler + Partner konzentriert sich insbesondere auf Wirkungsindikatoren. Der Anhang der Studie enthält aber einige, letztlich verworfene, Kriterien und Indikatoren auf der Ebene Massnahmen / Politik, welche auf den Energiesektor übertragbar sind:

- Forschungsanstrengungen im Energiebereich
- Umweltschutzanstrengungen im Energiebereich

Die Resultate des Projekts C5 stiessen auch ausserhalb des NFP41 auf grosses Echo und flossen in einige, teils noch laufende Arbeiten der Verwaltung ein: Das ARE koordiniert die Bestrebungen der UVEK-Ämter zur Entwicklung eines gemeinsamen Ziel- und Indikatorensystems nachhaltiger Verkehr (ZINV UVEK). Aufbauend auf dem ZINV UVEK beurteilen BAV und ASTRA im Moment Verkehrsinfrastrukturvorhaben im Rahmen von Bahn 2000/2. Etappe und Avanti-Initiative.

Die vorliegende Arbeit verfolgt in methodischer Hinsicht einen ähnlichen Kurs wie die Studie C5, z.B. was die Unterscheidung von Kriterien und Indikatoren angeht.

### Bereich Bauen

Im Auftrag des SIA hat Ernst Basler + Partner AG Kriterien für Nachhaltigkeit im Wohnungsbau erarbeitet.<sup>49</sup> Die Studie ist unter anderem als Einstieg für Baufachleute in die Nachhaltigkeitsthematik gedacht, hat gleichzeitig aber auch Pioniercharakter. Die vielschichtigen Ansprüche an den Wohnungsbau schlugen sich in einem umfangreichen Set von 46 Kriterien nieder. Indikatoren zur Abbildung dieser Kriterien wurden bislang nicht entwickelt. Folgende Kriterien weisen einen direkten Bezug zum Energiebereich auf:

---

<sup>47</sup> Ernst Basler + Partner 1998, Nachhaltigkeit: Kriterien im Verkehr

<sup>48</sup> Vgl. z.B. IKAÖ, EBP & Wuppertal Institut 2000, p.A-42ff

<sup>49</sup> Vgl. SIA 2000

- Gesamtenergie inkl. Erstellung
- Betriebsenergie
- Optimierungsmöglichkeiten im Betrieb
- Einsatz erneuerbarer Energien

Das Zentrum für Energie und Nachhaltigkeit im Bau (ZEN) der EMPA Dübendorf entwickelt Methoden zur Messung der Nachhaltigkeit von Gebäuden. Schwerpunkt ist die Bilanzierung der ökologischen Wirkungen im Baubereich und die Bestimmung entsprechender, nachhaltiger Grenzwerte (Standards). Die Energie spielt dabei naturgemäss eine zentrale Rolle.<sup>50</sup>

### **Forstwirtschaft (BUWAL)**

Aufbauend auf Beschlüssen der europäischen Ministerkonferenz von Helsinki wurden 1994 die *Pan-Europäischen Kriterien und Indikatoren für die nachhaltige Waldbewirtschaftung* angenommen, welche unter anderem auf den *Forest Principles* der UNCED basieren. Die eidg. Forstdirektion hat diese Kriterien und Indikatoren auf die Schweizer Wälder angewendet.<sup>51</sup> Ein Bezug zur vorliegenden Arbeit besteht bezüglich der Nutzung von Holz für Energiezwecke (von der Forstdirektion unter dem Stichwort „Kohlenstoffbilanz“ kurz angesprochen).

### **Landwirtschaft (BLW)**

Der Bundesrat hat das Bundesamt für Landwirtschaft in der Verordnung über die Beurteilung der Nachhaltigkeit beauftragt, die ökonomischen, sozialen und ökologischen Auswirkungen der agrarpolitischen Massnahmen zu untersuchen und über die Ergebnisse jährlich Bericht zu erstatten. Der Agrarbericht 2000 ist der erste Bericht dieser Art.<sup>52</sup>

Der ökonomische Teil des Berichts geht ausführlich auf die Bedeutung der Landwirtschaft als Teil der Volkswirtschaft, auf Märkte sowie die wirtschaftliche Lage des Sektors und der Einzelbetriebe ein. Der soziale Teil beleuchtet die Inanspruchnahme sozialer Leistungen durch Bäuerinnen und Bauern; zudem schildert er Resultate einer Studie zur Lebensqualität und Zufriedenheit in der Landwirtschaft. Der ökologischen Teil beschreibt die landwirtschaftlichen Prozesse und Praxis, die Bedeutung für abiotische und biotische Ressourcen sowie das Verhalten gegenüber Umwelt und Tieren.

Der Bericht widerspiegelt die Anstrengungen des BLW, eine umfassende Beurteilung der Landwirtschaft im Sinne der Nachhaltigkeit zu ermöglichen. Verschiedene der angeführten Indikatoren müssen in Zukunft noch erhoben werden. Eine konsequente systematische Einteilung nach Indikatorarten ist nicht ersichtlich. Wegen der geringen Bedeutung der Landwirtschaft für den Energiebereich ergibt sich für unsere Arbeit wenig Abstimmungsbedarf.

---

<sup>50</sup> Vgl. Althaus et. al. 2000

<sup>51</sup> Vgl. BUWAL 1997b

<sup>52</sup> BLW 2000

### Entwicklungszusammenarbeit (DEZA)

Die DEZA befasst sich intensiv mit dem Thema Nachhaltigkeit und hat unter anderem einige ihrer Projekte einer Pilotevaluation anhand definierter Kriterien unterzogen.<sup>53</sup> Im Energiebereich sind vor allem die *Guiding Principles in Energy Sector Interventions* von Bedeutung, welche prozessorientierte Grundsätze für die nachhaltige Ausgestaltung von Energieprojekten der DEZA aufstellen.<sup>54</sup> Eine explizite Liste von Kriterien und Indikatoren ist darin nicht enthalten. Interessant ist jedoch Folgendes:

- Unter wirtschaftlicher Nachhaltigkeit betont die DEZA den Grundsatz, wonach der Verbrauch nichterneuerbarer Energieressourcen durch gleichwertige Investitionen in erneuerbare Energien oder Energieeffizienz zu kompensieren sei.
- Unter sozialer Nachhaltigkeit wird festgehalten, dass eine zentralisierte Energieproduktion häufig mit einer Machtkonzentration in den Händen Weniger einhergeht. Energiesysteme müssten deshalb in entwickelte soziale Strukturen eingebettet werden und Beschäftigung und Entscheidungsprozesse vor Ort fördern.

## 4.3 Fazit

**Internationaler Stand der Konkretisierung:** Die Nachhaltigkeitsindikatoren der zwischenstaatlichen Organisationen (UNCSD, OECD) sind stark geprägt von den Bedürfnissen und statistischen Möglichkeiten der Entwicklungsländer. Die EU arbeitet an Indikatoren für die Integration von Umweltanliegen in die Sektorpolitiken, darunter auch der Energiebereich. Die drei Nachhaltigkeitsdimensionen werden jedoch auch von den EU-Systemen nicht ausgewogen abgedeckt; Mängel sind vor allem im wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Bereich zu verzeichnen. Eine Abstimmung der vorliegenden Arbeit auf EU-Resultate wäre an sich wünschenswert. Allerdings kann und soll die Schweiz im Indikatorbereich eine gewisse Vorreiterrolle einnehmen.

**Nationaler Stand der Konkretisierung:** BFS und BUWAL haben basierend auf internationalen Grundlagen ein erstes Set von nationalen Nachhaltigkeitsindikatoren erstellt, welches gegenwärtig weiterentwickelt wird. Ansätze zur sektoriellen Konkretisierung der Nachhaltigkeit bestehen unter anderem in den Bereichen Verkehr, Bauen, Forstwirtschaft, Landwirtschaft und Entwicklungszusammenarbeit. Die methodische Konsistenz zwischen den Systemen ist bislang gering. Trotzdem soll die vorliegende Arbeit nach Möglichkeit auf die bestehenden Systeme abgestimmt werden.

---

<sup>53</sup> Vgl. DEZA 1998

<sup>54</sup> Vgl. SDC 1999 sowie auch SDC 1998



## 5 Energieindikatoren: bestehende Systeme

### 5.1 International

#### 5.1.1 Energieindikatorensysteme internationaler Organisationen

##### International Energy Agency (IEA)

Die IEA ist ein Forum, über welches die heute 25 OECD-Staaten Energieinformationen austauschen, ihre Energiepolitik koordinieren und bei der Entwicklung von Programmen zur rationalen Energieverwendung zusammenarbeiten. Die Statistiken der IEA beruhen hauptsächlich auf Daten, die jährlich per Fragebogen an die OECD Länder ermittelt werden. Dabei wird auf vier Bereiche eingegangen: Rohöl und Benzinprodukte, Erdgas, Elektrizität und Haushalt, feste Brennstoffe und Abfälle.

Als Entscheidungsgrundlage und Orientierungshilfe für Politiker und Energieverantwortliche stellte die IEA im Rahmen eines Pilotprojektes ein umfassendes Indikatorenset zusammen welches auf bestehendem Datenmaterial basiert.<sup>55</sup> Die Indikatoren sollen Antwort geben, wie und warum sich der Energieverbrauch in den Mitgliedländern ändert. Ein weiteres Ziel ist es die Mitgliedländer bei der Entwicklung von (vergleichbaren) Energieindikatoren zu unterstützen, als Basis für eine Harmonisierung unter Mitglied- und allenfalls auch Nicht-Mitgliedländern.

Die IEA geht insbesondere der Frage nach, wie der Energieverbrauch aufgeschlüsselt werden muss, damit aussagekräftige Vergleiche zwischen Ländern möglich werden, welche z.B. Unterschiede in der Wirtschaftsstruktur berücksichtigen. Dazu wird der Gesamtenergieverbrauch in die drei Hauptsektoren Industrie, Transport und Haushalt/ Dienstleistungen unterteilt und anschliessend weiter aufgeschlüsselt. Daneben werden auch globale, d.h. Sektorübergreifende, sowie kausale Indikatoren (driving forces) hergeleitet.

Im Anhang 2 ist ein repräsentativer Überblick aus dem umfangreichen Indikatorenset aufgeführt. Die meisten dieser Indikatoren sind nach unserer Systematik Aktivitäts- oder Energieeffizienzindikatoren (vgl. Abschnitt 3.1.3); Politikindikatoren sind keine enthalten.

Der grosse Nutzen des Sets besteht unseres Erachtens darin, dass es umfassende Ländervergleiche auf einer nicht-aggregierten Basis ermöglicht. Allerdings ist zu erwähnen, dass bei der Bestimmung der Indikatoren weniger die wünschbare Aussagekraft als die aktuelle Verfügbarkeit von Daten massgeblich war.

---

<sup>55</sup> Vgl. IEA 1997

Bezüglich Politikindikatoren ist eine jährliche Publikation der IEA über die Entwicklung des Energiemarktes sowie der Energiepolitik ihrer Mitgliedsländer aufschlussreich.<sup>56</sup> Der Bericht unterteilt die Beschreibung der Energiepolitik in vier Kapitel, welche zugleich als (Ober-)Kriterien für Politik-Massnahmen interpretiert werden können:

- Verstärkung des Wettbewerbes im Energiemarkt
- Politik und Massnahmen zu Gunsten des Klimaschutzes
- Politik und Massnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz
- Politik bezüglich Technologie sowie Forschung und Entwicklung

### **Das Europäische Energie-Effizienz-Indikatoren Projekt (Odyssee Datenbank)**

ODYSSEE ist eine internationale Datenbank für vergleichbare Energie-Effizienz-Indikatoren. Mittlerweile sind 15 europäische Staaten angeschlossen (ohne Schweiz). Seit 1997 erfolgte die Finanzierung vollständig durch das SAVE II-Programm der Europäischen Union.<sup>57</sup>

Die Datenbank erlaubt es, nationale Anstrengungen zur Verbesserung der Energieeffizienz zu verfolgen. Sie unterstützt die Staaten beim Setzen von sektoralen Zielen für Energieeffizienz sowie CO<sub>2</sub>-Emissionen (Benchmarking). Verglichen mit anderen internationalen Anstrengungen im Bereich der Energie-Effizienz- Indikatoren hebt sich dieser Ansatz insbesondere durch Folgendes hervor:

- eine dezentralisierte Datensammlung durch die jeweiligen nationalen Teams (in den meisten Ländern Energieagenturen), die den besten Überblick über die Datensituation in ihren Ländern haben
- harmonisierte Grundlagendaten, deren Kompatibilität durch die technische Koordination kontrolliert wird
- ein einheitliche Methode bei der Ableitung der Energie-Effizienz-Indikatoren
- die Bereitstellung eines breiten Sets von Indikatoren zur Beurteilung der rationellen Energienutzung

Drei verschiedene Indikatortypen werden verwendet, um die Energieeffizienz-Trends zu beschreiben:

- Ökonomische Relationen, bei denen der Energieverbrauch auf eine makroökonomische Größe, z.B. die Bruttowertschöpfung, bezogen wird („Energieintensität“)
- Techno-ökonomische Relationen, bei denen der Energieverbrauch auf eine in physischen Einheiten gemessene Größe, z. B. Produktion in Tonnen, bezogen wird („Einheitsverbrauch“ oder „spezifischer Energieverbrauch“).

<sup>56</sup> IEA 2000, Energy Policies of IEA Countries.

<sup>57</sup> [www.eu.fhg.de/EEI/deutsch/EU/eeind.html](http://www.eu.fhg.de/EEI/deutsch/EU/eeind.html)

- Energieeinspar-Indikatoren, die eine mengenmässige Beurteilung der erzielten Energieeinsparung ermöglichen sollen und zwar sowohl absolut (in Mtoe) als auch relativ („Energieeffizienzindex“ und „Energiesparrate“)

Für Ländervergleiche werden die Indikatoren soweit möglich von strukturbedingten Unterschieden bereinigt („bereinigte Indikatoren“, z.B. bezüglich klimatischer Verhältnisse, struktureller Zusammensetzung der Volkswirtschaft).

### **Helio International**

Helio International ist ein Netzwerk von Nicht-Regierungsorganisationen mit Hauptsitz in Frankreich, welches Energiesysteme bezüglich ihres Beitrages zur Verbesserung der Lebensqualität bewertet und überwacht und die Umsetzung von Umweltschutzkonventionen verfolgt. Zu diesem Zweck wurde der Sustainable Energy Watch (SEW) gegründet. Ein internationales Team von Energieexperten unterzieht nationale Energiepolitiken einer qualitativen und quantitativen Bewertung anhand einheitlicher Richtlinien und Indikatoren. Aufgrund dieser Berichte werden regionale Trends ermittelt und ein jährlicher, globaler Bericht erstellt. Die Informationen des SEW sollen den öffentlichen Entscheidungsträgern als Hilfe dienen, die globalen Zusammenhänge und Implikationen ihrer Energiepolitik auf die Gesellschaft und die Umwelt zu verstehen.<sup>58</sup>

Das Energieindikatorensystem (vgl. Anhang 2) umfasst acht Indikatoren in den Kategorien Umwelt, Gesellschaft, Wirtschaft und Technologie. Das System zeichnet sich durch seine Kompaktheit aus. Einige der Indikatoren verdienen für die vorliegende Arbeit Beachtung (z.B. „energy productivity“, d.h. BIP dividiert durch den Primärenergieverbrauch). Andere Indikatoren widerspiegeln klar den globalen Fokus der Organisation (z.B. „rural electrification“) und sind deshalb primär im Rahmen des Vertiefungsmoduls „Internationales“ von Bedeutung.

### **5.1.2 Energieindikatorensysteme ausgewählter Länder**

#### **Deutschland**

Im Juli 1997 erteilte das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie dem Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) und dem Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) gemeinsam einen Forschungsauftrag mit dem Thema: „Energie-Effizienz-Indikatoren: Statistische Grundlagen, theoretische Fundierung und Orientierungsbasis für die politische Praxis“.<sup>59</sup> Ziel dieser Untersuchung war es:

1. Den Stellenwert von Energie-Effizienz-Indikatoren im Rahmen einer marktwirtschaftlich orientierten Energiepolitik zu untersuchen,

---

<sup>58</sup> Vgl. Helio International 2000

<sup>59</sup> Diekmann et al. 1999

2. Die aktuellen Bestrebungen im nationalen und internationalen Raum zur Ermittlung von Energie-Effizienz-Indikatoren im Hinblick auf energiepolitische Aussagefähigkeit und Verfügbarkeit von statistischen Daten zu diskutieren, und
3. Eine Auswahl aussage- und interpretationsfähiger Indikatoren zur Beurteilung energie-wirtschaftlicher Entwicklungen zu erarbeiten und zu bewerten.

Das für Deutschland vorgeschlagene System an Energieverbrauchsindikatoren umfasst total 26 Indikatoren (vgl. Anhang 2). Mit Ausnahme von vier Indikatoren auf der Makroebene sind die Indikatoren einem der Sektoren Verkehr, Industrie, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen, Haushalte oder dem Umwandlungssektor zugeordnet, wobei Vorschläge für jeweilige Untersektoren (mit den entsprechenden Indikatoren) gemacht werden.

Die schnelle Verfügbarkeit, und in abgeschwächter Form die Qualität der entsprechenden Daten ist auch hier wiederum ein wichtiges Kriterium bei der Auswahl der Indikatoren.

Über die effektive Anwendung der in dieser Studie vorgeschlagenen Indikatoren ist uns im Moment nichts bekannt. Bezüglich internationaler Kompatibilität verweist die Studie auf die gängigen Indikatoren auf der Makroebene (Primärenergieverbrauch pro Kopf und bezogen auf das BSP, sowie Bruttostromverbrauch pro Kopf und bezogen auf das BSP).

## USA

Die Energy Information Administration (EIA) ist die statistische Agentur des U.S. Departments für Energie. Sie befasst sich unter anderem mit Erfassung der Auswirkungen von wirtschaftlichen und sozialen Trends auf die Energie-Effizienz mittels aggregierter Indikatoren für Energieverbrauch, Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Emissionen.<sup>60</sup>

Interessant sind die Erwägungen der EIA zur Einführung eines Energieeffizienz-Indexes. Sektorielle Indices könnten, passend gewichtet, zu einem nationalen Index zusammengefasst werden. Alternativ wird ein „Warenkorb“-Index, ähnlich einem Konsumentenpreis-Index in Betracht gezogen. Solche Effizienzindices sind auch für unser Indikatorensystem von Interesse (Effizienzindikatoren, vgl. Abschnitt 7.4).

---

<sup>60</sup> Vgl. <http://eia.doe.gov>

### 5.1.3 Exkurs: Exergie

Der Begriff Exergie stammt aus der Thermodynamik. Er wird hier verwendet zur Prüfung der Qualität und Nutzung konventioneller Energieträger. Mit seiner Hilfe erhält man einen oberen Grenzwert für die Nutzbarkeit der vorhandenen Energien und eine sinnvollere Definition des Wirkungsgrades energiewandelnder Prozesse.

Die Exergie bezeichnet den Teil der Energie eines Systems, der sich unbeschränkt in jede andere Energieform umwandeln lässt. Der restliche Teil der Energie des Systems heisst Anergie.<sup>61</sup>

#### **Energie = Exergie + Anergie**

Bei Energieumwandlungsprozessen geht Exergie in Anergie über.<sup>62</sup> Bei der Umwandlung von elektrischem Strom in Wärmeenergie, z.B. bei einem elektrischen Heizkörper, ist die Exergieverminderung vollständig.

Der Exergiewirkungsgrad bezeichnet das Verhältnis von Austrittsexergie zur Eintrittsexergie. Er beschreibt, wie gut eine Energiequelle zur Verrichtung einer Aufgabe eingesetzt wird. Er ist also ein Mass für die Energie-Effizienz. Der Unterschied zum energetischen Wirkungsgrad lässt sich gut am Beispiel des elektrischen Heizkörpers zeigen: Der energetische Wirkungsgrad beträgt hier zwar Eins, sein exergetischer Wirkungsgrad jedoch, wie erwähnt, (praktisch) Null.

Generell entspricht ein kleiner exergetischer Wirkungsgrad einer schlechten thermodynamischen Anpassung von Eingangsenergieform und Nutzenergieform, oder verständlicher ausgedrückt: Es wird hochwertige Energie verschleudert.

Neben diesem klassischen, thermodynamischen Ansatz der Exergie in Energieumwandlungsprozessen wird seit kurzen die Anwendung auf grössere Systeme erprobt. Die Universität von Delft (NL) verwendet den Exergieansatz, um ganze Produktionsketten zu vergleichen. Erste quantitative Fallstudien liegen vor für Aluminium und Polystyrene.<sup>63</sup>

Andere Theorien dehnen das Anwendungsfeld noch weiter aus, auf den ganzen Planeten und die Gesellschaft.<sup>64</sup> Der Verbrauch von Ressourcen und Umweltauswirkungen sollen dadurch einheitlicher beschrieben werden können. Der physikalische Wert der Ressourcen wird dabei durch ihren Exergiegehalt bestimmt. Der Vergleich des Exergieinputs in die Gesellschaft mit ihrem Exergieoutput erlaubt eine Bewertung, wie haushälterisch mit den natürlichen Ressourcen umgegangen wird.

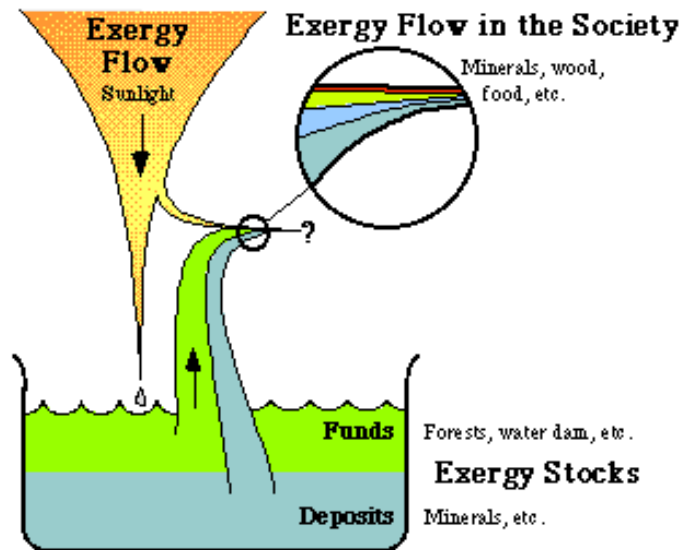
---

<sup>61</sup> [www.kph.uni-mainz.de/vorlesungen/maas/vorlesung/991027\\_vorlesung/node5.html](http://www.kph.uni-mainz.de/vorlesungen/maas/vorlesung/991027_vorlesung/node5.html)

<sup>62</sup> Eine Ausnahme sind thermodynamisch reversible Prozesse.

<sup>63</sup> [http://interduct.tudelft.nl/Projects/exer\\_ana.html](http://interduct.tudelft.nl/Projects/exer_ana.html)

<sup>64</sup> [http://exergy.se/Exergy\\_Ecology\\_and\\_Democracy](http://exergy.se/Exergy_Ecology_and_Democracy); <http://exergy.se/goran/thesis/>



Figur 9: Der Exergiefluss von der Sonne und die Exergievorräte auf der Erde bilden die Ressourcen für die menschliche Gesellschaft. Quelle: Wall 2000

Für die vorliegende Arbeit ist der Exergieansatz unseres Erachtens aus zwei Gründen von untergeordneter Bedeutung:

- Der Ansatz hat nach wie vor experimentellen Charakter. Eine umfassende Anwendung auf die Schweiz wäre sehr aufwendig, da viele Daten neu erhoben werden müssen. Die internationale Vergleichbarkeit wäre (auf absehbare Zeit) nicht gegeben.
- Eine effiziente Energienutzung ist, wie im Abschnitt 3.1 angesprochen, nicht mit Nachhaltigkeit gleichzusetzen. Die Effizienz ist vielmehr ein *Driver*, der die aus Nachhaltigkeitssicht letztlich massgebenden *Wirkungen* des Energiesystems auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft mitbestimmt. In diesem Sinne stellen exergiebasierte Indikatoren allenfalls eine interessante, ergänzende Vertiefungsmöglichkeit dar, um die Effizienz des Energiesystems Schweiz angemessener abzubilden.

## 5.2 Schweiz

### 5.2.1 Schweizerische Gesamtenergiestatistik

Die jährlich vom Bundesamt für Energie herausgegebene Schweizerische Gesamtenergiestatistik (GEST) vermittelt einen umfassenden Überblick über die in der Schweiz zur Anwendung kommenden Energieträger und Umsätze. Das Kernstück der Statistik ist die Energiebilanz, in welcher alle Stufen der Energieversorgung von der Inlandproduktion bis zum Endverbrauch, gegliedert nach einzelnen Energieträgern, aufgeführt sind.

Die GEST enthält neben technischen Daten zu Einfuhr und Ausfuhr, Produktion, Verlusten und Verbräuchen (vgl. Anhang 2) auch *ökologische und ökonomische* Kennzahlen, welche zum Teil als Nachhaltigkeitsindikatoren geeignet sein könnten. Speziell zu erwähnen sind dabei die Kennzahlen zu den CO<sub>2</sub> Emissionen:

- Energetische CO<sub>2</sub> Emissionen der Schweiz 1990-1999
- Energetische CO<sub>2</sub> Emissionen nach Energieträgern für das Jahr 1999

sowie Energiepreisentwicklungen für Konsumenten, Produzenten und Importeure:

- Entwicklung der Energiepreise für Konsumenten, absolut und in Indexform
- Entwicklung der Energiepreise für Produzenten und Importeure, absolut und in Indexform

Die GEST befasst sich mit dem Absatz und Verbrauch von Energieträgern in der Schweiz. Der graue Energieverbrauch wird deshalb nicht berücksichtigt. In der Ausgabe 1999 wurde der Endverbrauch in den verschiedenen Industrie- und Dienstleistungsbranchen erstmals verfeinert erfasst.<sup>65</sup> Hingegen sind Angaben zur Energienutzung (Wärme, mechanische Arbeit, Licht, chemische Energie, Verbrauchsverluste) aus Gründen der Datenqualität seit 1997 nicht mehr enthalten.

### 5.2.2 Ökoinventare für Energiesysteme; Projekt Ecoinvent

Im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft (BEW) und des Nationalen Energieforschungs-Fonds (NEFF) wurden ab 1990 umfassende Ökoinventare für die in der Schweiz relevanten Energiesysteme erstellt. Diese erlauben es, heutige Energiesysteme zu vergleichen. Darüber hinaus sind sie eine Grundlage für den ökologischen Vergleich von Produkten und Prozessen (Ökobilanzierung).<sup>66</sup>

Die Ökoinventare enthalten Daten zum Verbrauch energetischer und nichtenergetischer Ressourcen sowie zu den Emissionen, welche mit der Bereitstellung energetischer Produkte verbunden sind. Prozessketten werden dabei möglichst umfassend abgebildet: Beim Produkt „Strom aus ölthermischen Kraftwerken“ werden z.B. nicht nur die Emissionen aus dem ei-

---

<sup>65</sup> Vgl. BFE 2000d, p.19ff

<sup>66</sup> Vgl. Frischknecht et al. 1995

gentlichen Verbrennungsprozess berücksichtigt, sondern auch die Emissionen infolge der Rohölförderung und Raffinierung, etc.

Die Inventare decken folgende Energiesysteme ab:

Systeme	Produkte
Erdöl	Heizöl EI und S, verbleites und unverbleites Benzin, Diesel, Kerosin, Naphtha, Bitumen, Raffineriegas, Wärme ab Haus- und Industriefeuerungen, Strom aus ölthermischen Kraftwerken.
Erdgas	Erdgas ab verschiedenen Druckniveaus, Wärme ab Haus- und Industriefeuerungen, Strom aus Gaskraftwerken.
Kohle	Natürliche und künstliche Braun- und Steinkohlen, Wärme ab Haus- und Industriefeuerungen, Strom aus Braun- und Steinkohlekraftwerken.
Kernenergie	Strom ab Siede- und Leichtwasserreaktoren.
Wasserkraft	Strom aus Speicher-, Lauf- und Umwälzkraftwerken.
Holz	Wärme ab verschiedenen Feuerungen.
Erdwärme	Wärme ab typischem System mit Sonden und Wärmepumpen.
Sonnenkollektor	Warmwasser ab verschiedenen Kollektortypen für Ein- und Mehrfamilienhäuser
Photovoltaik	Strom ab integrierten/aufgesetzten Klein-/Grosskraftwerken mit verschiedene Produktionstechnologien.
Strom	Strommix CH, UCPT, je ab Hoch-, Mittel- und Niederspannung.

Tabelle 4: *Behandelte Energiesysteme in den Schweizer Ökoinventaren. Quelle: Frischknecht et al. 1995*

Als Beispiel seien die relevanten Daten für das System „Stromerzeugung aus ölthermischen Kraftwerken angegeben“:

- Emissionen Luft [kg, resp. TJ]: CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, Partikel, N<sub>2</sub>O, flüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC), Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), Spurenelemente und Halogene, Abwärme
- Emissionen Wasser [kg, resp. TJ]: Chloride, Abwärme
- Abfälle [kg]
- Flächenbedarf [m<sup>2</sup>]

Das laufende Projekt Ecoinvent hat zum Ziel, die Ökoinventare Energie sowie weitere Inventare in einer zentralen Datenbank zu konsolidieren. Zudem wird eine periodische Aktualisierung der Daten angestrebt.<sup>67</sup> Damit sollte in naher Zukunft eine Grundlage zur Verfügung stehen, um auch die grauen Umweltwirkungen des Schweizer Energiebereichs mit Zeitreihen-Indikatoren abzubilden. Vgl. hierzu Abschnitt 7.1.7.

<sup>67</sup> Persönliche Auskunft Paul W. Gilgen, EMPA St. Gallen und Rolf Frischknecht, ESU-Services Uster, März 2001

### 5.2.3 Indikatoren zur Bewertung von Energieerzeugungsanlagen / Projekt GaBE

Die ganzheitliche Betrachtung von Energiesystemen (GaBE) ist ein gemeinsames Projekt des Paul Scherrer Instituts, Villigen, und der ETH Zürich. Ziel ist es, heutige und künftige Energiesysteme umfassend und detailliert zu beurteilen. Betrachtet werden insbesondere gesundheitliche, ökologische und ökonomische Kriterien. Auf der Basis von Life Cycle Assessments (LCA), energiewirtschaftlichen Modellen, Risikoanalysen, Schadstoffausbreitungsmodellen und schliesslich einer Multikriterienanalyse sollen unterschiedliche Energieszenarien verglichen werden, um Grundlagen für politische Entscheide zu schaffen.

Zur Konkretisierung des Begriffes „Nachhaltigkeit“ in Zusammenhang mit Energiesystemen wurde ein Indikatorensystem mit 18 Indikatoren zusammengestellt (vgl. Anhang 2), wobei anhand von drei Prinzipien gemessen wird, wie weit ein Energiesystem den Anforderungen der Nachhaltigkeit entspricht:<sup>68</sup>

- „keine“ Erschöpfung von Ressourcen (im weiteren Sinne zu verstehen, umfasst auch die Gesundheit von Mensch und Natur, die Wirtschaftlichkeit und den sozialen Frieden)
- „keine“ Produktion von nicht abbaubaren Abfällen
- „keine“ hohe Empfindlichkeit gegenüber dem Umfeld

Das GaBE-Indikatorensystem bildet eine wichtige Ausgangslage für die Herleitung der ökologischen Kriterien und Indikatoren in der vorliegenden Arbeit. Allerdings scheinen die Indikatoren eher auf die Bewertung einzelner technischer Systeme ausgerichtet als auf die Gesamtbewertung eines nationalen Systems.

### 5.2.4 Forschungsarbeiten des Centre for Energy Policy and Economics (CEPE)

Die Forschungsgruppe *Energie und Nachhaltigkeit* des Centre for Energy Policy and Economics (CEPE) widmet sich Fragen der Quantifizierung und Operationalisierung von Nachhaltigkeit bzw. der Konstruktion und Anwendung von Indikatoren der Nachhaltigkeit. Eine spezielle Aufmerksamkeit wird der Bedeutung der Energienachfrage als Nachhaltigkeitsindikator geschenkt. Die Forschungsarbeiten laufen unter anderem im Rahmen eines Projektes der Alliance for Global Sustainability (AGS), einer Forschungskoooperation der ETH mit dem Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Boston USA und der Tokio-Universität in Japan. Laufende Projekte sind (Stand Mitte 2000):<sup>69</sup>

- Die Bedeutung von Nachhaltigkeitsindikatoren für Forscher bei ihrer täglichen Forschungsarbeit

---

<sup>68</sup> Quelle: Energie-Spiegel, Nr. 3, September 2000, PSI Villigen

<sup>69</sup> Einsichten in die Konstruktion von Indikatoren“, David Goldblatt, Shonali Pachauri, Andrea Scheller, Bulletin ETH Zürich, Nr.276, Januar 2000

- Die Beschreibung der Entwicklung in Indien über Indikatoren zum direkten und indirekten Verbrauch von Energie im Haushalt
- Unterstützende Modelle für „nachhaltigen Verbrauch“ und Forschung zu den bedeutendsten Varianten von Indikatoren zum Energieverbrauch im Haushalt für interessierte Laien in Industrieländern
- Indikatoren zum Energieverbrauch 1960 bis 1997 in der Schweiz

Der Fokus der Forschung liegt auf der Theorie der Indikatorkonstruktion, es wurde bis jetzt kein eigenes Indikatorensystem entwickelt. Allerdings ist eine Diplomarbeit im Gange, welche ein Set von Indikatoren zum Ziel hat.<sup>70</sup>

### 5.2.5 Kantonale Energieindikatoren

Frauenfelder (1998, 2000) hat im Auftrag des BFE-Forschungsprojektes „Indikatoren zur kantonalen Energiepolitik“ ein Set von 27 Indikatoren entwickelt, welche der laufenden Beobachtung der kantonalen Energiepolitik (Monitoring) sowie interkantonalen Vergleiche (Benchmarking) dienen sollen. Die Indikatoren sind im Anhang 2 aufgeführt. Sie stützen sich möglichst weitgehend auf vorhandene statistische Grundlagen und decken zwei Bereiche ab: Indikatoren zu den energiepolitischen Entwicklungen (*Outcome*) sowie Indikatoren der Leistungen der Energiefachstellen (*Output*).

Die Outcome-Indikatoren sind in der Regel in kWh pro Einwohner dargestellt (z.B. Erdgasverbrauch). Bei den Output-Indikatoren sind neben energiebezogenen Grössen (Energie-mengen aus kantonal geförderten Anlagen pro Einwohner) auch monetäre Grössen (Aufwand pro Einwohner in Franken) dargestellt. Die Outcome-Indikatoren sind nach unserer Terminologie vor allem als Aktivitäts- oder Energieeffizienzindikatoren einzustufen.

Die Output-Indikatoren stellen dagegen überwiegend Politik-Indikatoren dar. Allerdings beziehen sich diese auf die kantonale sowie kommunale Ebene. Übertragen auf die Bundesebene könnten folgende Kriterien für unsere Arbeit von Bedeutung sein:

- Förderung von Energieinnovationen (Pilotanlagen)
- Förderung erneuerbarer Energien
- Förderung von Energiesparmassnahmen
- Information/Beratung (Kenntnisstand der Bevölkerung in Energiefragen erhöhen)
- Weiterbildung (Stand des Wissens bei Fachleuten verbessern)
- Intensität der Energiepolitik

INFRAS & TNO (2000) haben kürzlich Indikatoren für die kantonale Energiepolitik vorgeschlagen, welche die Wirksamkeit von Förderprogrammen beurteilen sollen (energetische

---

<sup>70</sup> Telefonische Auskunft von Prof. Spreng, 24. Oktober 2000

Wirkung, ausgelöste Investitionen, Zielerreichungsgrad, Innovationswirkung, Ausgewogenheit des Programms, Stand der Energievorschriften, Qualität des Vollzugs, Vorbildfunktion der öffentlichen Hand, Wirksamkeit der Informations- und Marketingmassnahmen). Diese Indikatoren eignen sich für eine grobe Evaluation kantonaler Massnahmen.

Wüest & Partner (2000) haben die Energiekennzahlen für Neubauten (Energiebedarf in MJ/m<sup>2</sup> für Raumheizung und Warmwasser) in 13 Kantonen untersucht. Die Energiekennzahl erwies sich dabei als wichtige Messgrösse, welche allerdings schwierig und aufwendig zu erheben ist. Die Studie lässt darauf schliessen, dass im Gebäudebereich offenbar noch grosse Effizienzsteigerungspotenziale bestehen. Zwischen den Kantonen zeigten sich relativ grosse Unterschiede, welche im Rahmen der Erhebung nicht ausreichend erklärt werden konnten.

**Anmerkung:** Hier zeigt sich ein wichtiges Spannungsfeld: Die Kantone sind bemüht, aussagekräftige und vergleichbare Indikatoren für ihre Politik zu formulieren. Dazu sind teilweise recht detaillierte, weit gefächerte Indikatoren durchaus angebracht, obwohl aus Sicht der Kantone möglicherweise eine sehr kleine Zahl von Indikatoren einfacher kommunizierbar und weniger aufwendig in der Erhebung wäre. Zudem können Indikatoren auch die vertieften Wirkungsabklärungen und Evaluationen nicht ersetzen. In der vorliegenden Studie werden wir uns erstens auf die nationale Ebene konzentrieren und zweitens die Zahl der Politikindikatoren bewusst gering halten, da es nicht um ein Indikatorensystem für die Wirksamkeit der Politik, sondern für die Nachhaltigkeit des Systems geht, die sich primär an den Wirkungsindekatoren misst. Die beiden Vorschläge resp. Konzeptstossrichtungen sind somit nicht als Gegensatz zu sehen, sondern sie entspringen einer unterschiedlichen Zielsetzung dessen, was gemessen werden soll (kantonale Energiepolitik versus nationale Nachhaltigkeit des Systems).

### 5.2.6 Fallstudie „Sustainable Energy Development in Switzerland“

Im Projekt „Structural Transformation Process towards Sustainable Development“ untersuchte INFRAS (1996) Langzeit-Transformationsprozesse, welche in industrialisierten Ländern und Entwicklungsländern nötig sind, um sich einem globalen Pfad der nachhaltigen Entwicklung anzunähern.

Aufgrund des überragenden Stellenwertes der Energie im Transformationsprozess von der auf fossilen Brennstoffen basierenden globalen Gesellschaft zur „solaren“ Zivilisation, wird anhand des Energiebereichs in der Schweiz ein Szenario für das Jahr 2050 aufgezeigt. Dazu werden einfache Indikatoren zum (sektoriellen) Energieverbrauch und zu den energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen verwendet:

- Energieverbrauch total und pro Kopf im Zeitverlauf
- Verbrauch an erneuerbarer Energie pro Kopf
- Energieeffizienz: Energiekonsum pro 100 US\$ Bruttoinlandprodukt

Die Fallstudie Schweiz zeigt auf, dass das Einschwenken auf einen nachhaltigen (Energie-) Entwicklungspfad unter Einsatz von Hochtechnologie („best available technology“) und Veränderungen der Lebensgewohnheiten („lifestyle changes“) mit wirtschaftlich vertretbaren Kosten erreichbar ist. Hochentwickelte Länder müssten dazu allerdings ihren Pro-Kopf-Verbrauch an natürlichen Ressourcen um etwa eine Grössenordnung, d.h. um den Faktor 5 bis 10 reduzieren. Gemessen am CO<sub>2</sub>-Ausstoss (lead indicator) bedeutet dies eine Reduktion der Emissionen von heute 6–10 t CO<sub>2</sub> auf ca. 1–1.5 t CO<sub>2</sub> pro Kopf und Jahr.<sup>71</sup>

Für die vorliegende Arbeit ist die Studie vor allem im Rahmen des Vertiefungsmoduls „Internationales“ von Bedeutung.

### 5.2.7 Weitere Arbeiten

ECOPLAN (1998) hat in einem EU-Projekt die Nutzen, Kosten und Effekte von Energiesparprogrammen in der Schweiz mit jenen im Ausland verglichen. Dabei wurden Schlüsselinstrumente identifiziert und grob auf ihre Wirkung hin beurteilt. Die Arbeiten liefern Grundlagen für ein Monitoring oder für Evaluationen, lassen sich aber nicht direkt als Indikatorensystem verwenden. Die grobe Kategorisierung der Instrumente kann hingegen von Nutzen sein.<sup>72</sup>

- Fiskalische Massnahmen (Steuern und Subventionen, welche erneuerbare Energien bevorzugen)
- Regulatorische Massnahmen (hauptsächlich Standards und Zielwerte für energieverbrauchende Geräte und Systeme)
- Ausbildung/Information
- Forschung und Entwicklung (Förderung von Pilotprojekten)

Mit der Nachhaltigkeit eines einzelnen Energieträgers befasste sich der Conseil des Académies Scientifiques Suisses (CASS) in der Studie „Nachhaltige Elektrizitätsversorgung“. Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten wurden in zwei Zeitungsartikeln veröffentlicht.<sup>73</sup>

---

<sup>71</sup> Gemäss IPCC werden auf globaler Ebene CO<sub>2</sub> Emissionen von 1.5 t CO<sub>2</sub> pro Kopf und Jahr als nachhaltig eingeschätzt, womit eine globale Erwärmung von weniger als 0.1 Grad pro Dekade resultieren würde. Quelle: zitiert in INFRAS 1996.

<sup>72</sup> ECOPLAN 1998, S. 17f.

<sup>73</sup> Vgl. NZZ, 6.1.1999 und NZZ, 8.8.2000.

### 5.3 Fazit

International wie national liegen eine Vielzahl von Indikatoren zum Energiebereich vor. Diese sind – in unserer Terminologie – v.a. den Kategorien *Aktivität* und *Energieeffizienz* zuzuordnen und erlauben daher oft keine direkten Aussagen über die Nachhaltigkeit der Systeme (z.B. Energieintensität der Produktion, Effizienz der Umwandlung und Nutzung).

Die für unsere Arbeit entscheidenden *Wirkungsindikatoren* existieren vor allem für den Umweltbereich; die Schweiz verfügt hier mit dem Ökoinventar Energiesysteme über eine hervorragende Grundlage. Die wirtschaftlichen und sozial-gesellschaftlichen Aspekte der Energie sind hingegen nur sehr schwach vertreten und müssen vertieft untersucht werden. Im Bereich der Politikindikatoren bestehen in der Schweiz gute Vorarbeiten auf kantonaler Ebene sowie viele Evaluationen auf nationaler Ebene, jedoch noch kein Vorschlag für ein nationales Indikatorensystem, das sich auf die wichtigsten Aspekte beschränkt.



## 6 Kriterien für den Energiebereich

In den vorstehenden Kapiteln haben wir zunächst unseren systematischen Ansatz entwickelt (Kapitel 3) und anschliessend bestehende Indikatorensysteme auf ihre Bedeutung für die vorliegende Arbeit geprüft (Kapitel 4 und 5). In Folgenden leiten wir nun die *Kriterien* für die Nachhaltigkeit des Energiesystems her, um danach zu jedem Kriterium passende *Indikatoren* zu suchen (Kapitel 7). Dabei gliedern wir die Arbeit nach den in Kapitel 3 identifizierten Indikatorentypen:

- Wirkungsindikatoren, getrennt nach Umwelt, Wirtschaft, Gesellschaft
- Aktivitäts- und Energieeffizienzindikatoren
- Politikindikatoren

### 6.1 Wirkungen auf die Umwelt

#### 6.1.1 Problemstellung und methodischer Ansatz

Die Umweltwirkungen des Energiebereichs sind zahlreich und komplex. Sie reichen, beispielhaft gesprochen, von den radioaktiven Emissionen bei der Gewinnung von Uran für Schweizer Kernkraftwerke über die Stickoxidemissionen bei der Verbrennung von Erdgas bis zu den gewässerökologischen Auswirkungen der Wasserkraftnutzung.

Ziel des vorliegenden Abschnitts ist die Herleitung von Kriterien, welche die aus Sicht der Nachhaltigkeit wesentlichen Umweltwirkungen des Energiebereichs abdecken. Welche Wirkungen als „wesentlich“ zu gelten haben, kann dabei nicht allein aufgrund naturwissenschaftlicher Merkmale wie z.B. Stoffflussdaten entschieden werden. Vielmehr treten auch diverse normative und subjektive Fragen auf, z.B. über das ökologisch vertretbare Ausmass von Stoffflüssen oder die Bedeutung einer Umweltwirkung in der öffentlichen Diskussion.

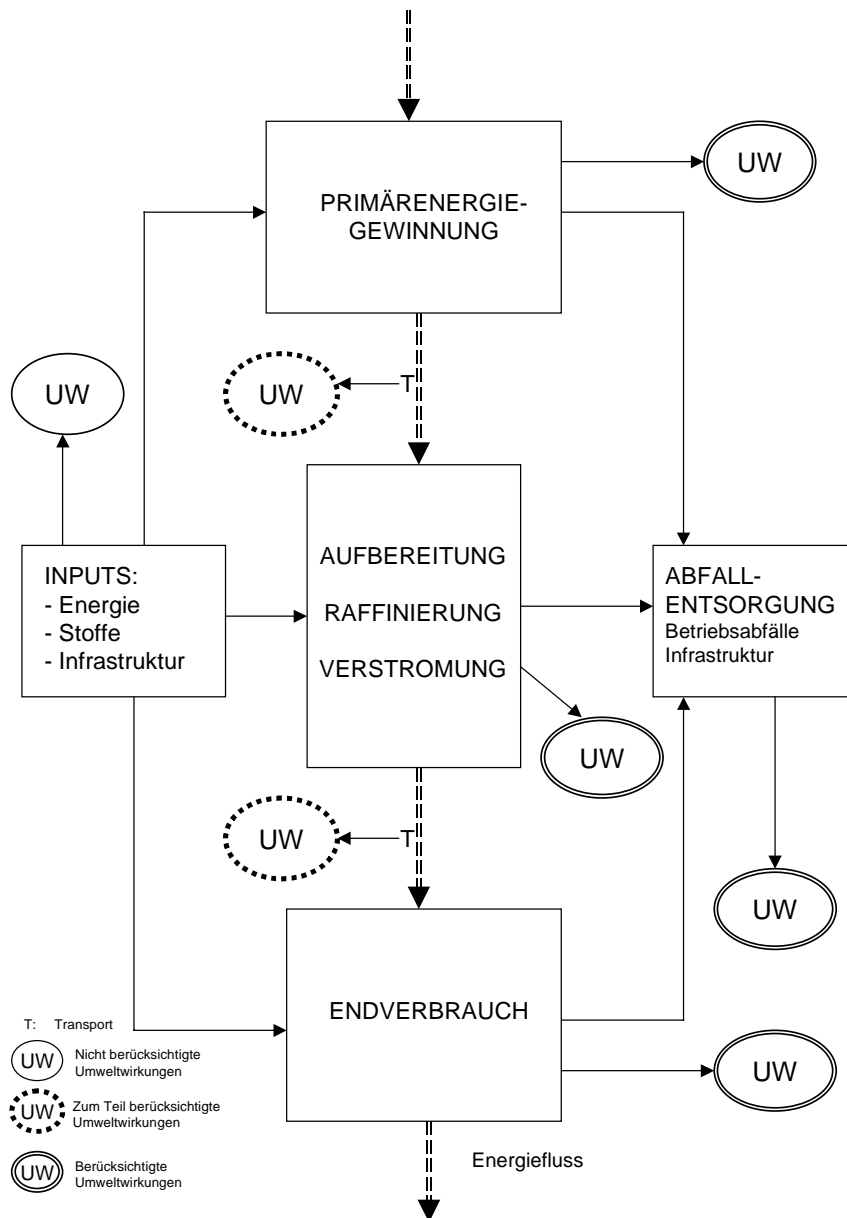
Entsprechend beschränken wir uns im Folgenden auf eine *qualitative* Übersicht und Diskussion der Umweltwirkungen des Energiebereichs. Dazu teilen wir die Wirkungen der Energieträger in drei Kategorien ein (stark bzw. wesentlich, mittel, gering).<sup>74</sup> Die Beurteilung richtet sich nach den *spezifischen* Umweltwirkungen pro Energieeinheit. Damit wird die Transparenz bezüglich der üblicherweise als nachhaltig betrachteten, „neuen“ erneuerbaren Energien verbessert (Fotovoltaik etc.). Zwar sind für die Nachhaltigkeit des Gesamtsystems letztlich die absoluten Wirkungen entscheidend. Es zeigt sich aber, dass auch bei einer absoluten Betrachtung dieselben Kriterien resultieren.

---

<sup>74</sup> Die verwendeten Wirkungskategorien sind an die Klassifizierung von de Haes (1996) angelehnt.

Die Übersicht basiert grundsätzlich auf einem Lebenszyklus-Ansatz, beginnend bei der Energiegewinnung über die Umwandlung und den Endverbrauch bis hin zur Entsorgung. Zur Vereinfachung treffen wir jedoch die nachstehenden Einschränkungen (Figur 10). Achtung: Diese Abgrenzung dient nur der nachfolgenden Übersicht und ist *nicht* identisch mit der Abgrenzung der *einzelnen* Nachhaltigkeitsindikatoren (vgl. Abschnitt 3.2 und Kapitel 7).

- **Ressourceneinsatz** für die Gewinnung und Umwandlung von Energie sowie die damit verbundenen Umweltwirkungen werden nicht berücksichtigt. Dies betrifft einerseits die den Energie- und Stoffeinsatz für die Gewinnung von *Brennstoffen* (z.B. fossile und nukleare) sowie andererseits den Energie- und Stoffeinsatz für die Herstellung von Infrastrukturen (z.B. Kraftwerke, Fotovoltaikpanels, etc.).



Figur 10

Systemabgrenzung bei der Herleitung der ökologischen Nachhaltigkeitskriterien.  
Achtung: nicht identisch mit der Abgrenzung der Indikatoren im Kapitel 7

- **Transporte:** Hier verfolgen wir einen „Gefahrgüteransatz“: Die Umweltauswirkungen von Energietransporten werden nicht berücksichtigt, soweit diese Auswirkungen unabhängig von der Art des transportierten Guts sind (z.B. Energieverbrauch und Lärmemissionen des Rohöl- oder Holztransports; „normale“ Verkehrsunfälle). Solche Umweltwirkungen sind abhängig von der Art und Effizienz des Transports und tangieren daher primär die Nachhaltigkeit des Verkehrs (bzw. ein entsprechendes Indikatorensystem). Hingegen werden Umweltwirkungen, welche mit dem transportierten Energieträger in Zusammenhang stehen, bei der Herleitung der Kriterien berücksichtigt. Dazu gehören z.B. die Explosionsgefahr beim Transport von Erdölprodukten, die Gefahr einer Freisetzung von Radioaktivität bei Nukleartransporten, sowie die Belastung mit *nichtionisierender* Strahlung bei der Stromübertragung.
- **Unfälle:** Berücksichtigt werden nur Unfälle mit Auswirkungen auf die Umwelt, unbeteiligte Personen oder Verbraucher, nicht aber Arbeitsunfälle.

### 6.1.2 Übersicht und Diskussion der Umweltwirkungen

Nachstehend folgt eine stichwortartige Übersicht über die Umweltwirkungen der Energieträger sowie eine Beurteilung anhand der drei Kategorien „stark / wesentlich“, „mittel“ und „gering“. Figur 11 am Ende des Abschnitts fasst die Beurteilung zusammen. Quelle soweit nicht anders vermerkt: Becher 1997.

#### Fossile Brennstoffe

Starke Umweltwirkungen:

- Nichterneuerbare Ressourcen. Wegen ihrer sehr langsamen Neubildung sind die fossilen Energieträger faktisch nichterneuerbare Ressourcen. Die (teils umstrittene) Reichweite der als sicher erachteten Reserven liegt, gemessen am gegenwärtigen Verbrauch, für Steinkohle bei 180–350 Jahren, für Rohöl bei rund 40 und für Erdgas bei 60 Jahren.<sup>75</sup>
- Klimaveränderung. Das CO<sub>2</sub> aus der Verbrennung fossiler Energieträger ist hauptverantwortlich für die vom Menschen verursachte globale Klimaerwärmung – vielleicht das wichtigste Umweltproblem des 21. Jahrhunderts mit einer Tragweite, welche deutlich über die heutige Generation hinausreicht.<sup>76</sup> Neben den direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen trägt auch das in den Vorketten (Abbau der Energieträger, Transport und Raffinierung) freigesetzte Methan zur Klimaerwärmung bei. Die freigesetzten CO<sub>2</sub>-Äquivalente der Vorketten (Methan sowie CO<sub>2</sub>) betragen bei allen fossilen Brennstoffen typischerweise etwa 5-15% der Gesamtemissionen.
- Humantoxische Wirkungen. Bei der Verbrennung (Verstromung oder Endverbrauch) fossiler Brennstoffe werden die Reizgase NO<sub>x</sub> und SO<sub>2</sub>, sowie Partikel freigesetzt. Partikel

---

<sup>75</sup> Quelle: Ökoinventar Energiesysteme

<sup>76</sup> Vgl. IPCC 2001a zum Zusammenhang zwischen Treibhausgasemissionen und Klimaerwärmung.

mit einem aerodynamischen Durchmesser von  $\leq 10$  Mikrometer ( $PM_{10}$ ), gelangen in die menschliche Lunge und gelten als pathogen. Das Ausmass all dieser Emissionen ist stark abhängig von der Art des Brennstoff und der Verbrennungstechnik (z.B. Entstickung in modernen fossil-thermischen Kraftwerken; Abgasgrenzwerte bei Fahrzeugen). Anzumerken ist, dass die (in Figur 11 nicht berücksichtigten) Emissionen infolge der Infrastrukturherstellung und des Transports einen erheblichen Anteil an den Gesamtemissionen einnehmen können (bis rund 50%).

- Fotooxidantienbildung.  $NO_x$  und flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (VOC) sind die wichtigsten Vorläufersubstanzen für das bodennahe Ozon ( $O_3$ ). Ozon verursacht beim Menschen z.B. Atembeschwerden und Augenreizungen („Sommersmog“), ist aber auch phytotoxisch und führt zu Ernteeinbussen.
- Versäuerung.  $NO_x$  und  $SO_2$  sind wichtige Ausgangssubstanzen des sauren Regens. Sie werden in der Atmosphäre zu Salpetersäure ( $HNO_3$ ) und Schwefelsäure ( $H_2SO_4$ ) umgewandelt, gelangen gelöst im Regen oder Nebel auf den Boden, wo sie zu Nährstoff-Ungleichgewichten und Wachstumsreduktionen führen. Die maximal verträglichen Säureeintragsraten (critical loads) werden bei verschiedenen Ökosysteme in der Schweiz deutlich überschritten, z.B. bei Bergseen.<sup>77</sup>
- Überdüngung.  $NO_x$ -Emissionen in die Atmosphäre verursachen eine erhöhte Stickstoffdeposition und damit eine Düngung von Böden und Gewässern. Damit verbunden sind Nährstoff-Ungleichgewichte, überhöhte Wachstumsraten von Pflanzen und die Verdrängung von Arten an Stickstoff-limitierten Standorten. Auch die maximal verträglichen Eintragsraten für Stickstoff werden in weiten Teilen der Schweiz deutlich überschritten, wobei die  $NO_x$ -Emissionen des Energiebereichs massgeblich mitverantwortlich sind.<sup>78</sup>

Mittlere Umweltwirkungen:

- Flächen, Landschaft, Lebensräume. Der Abbau der fossilen Brennstoffe beeinträchtigt die Gebiete in der Umgebung der Lagerstätten. Im Falle eines Tagbaus kann diese Beeinträchtigung lokal sehr einschneidend sein; sie wird hier aber insgesamt als von untergeordneter Bedeutung betrachtet.
- Unfälle. Bei Transportunfällen können ökotoxische Rohöl- oder Erdölprodukte freigesetzt werden, wodurch Lebensräume längerfristig zerstört werden. Erdgas und Erdölprodukte sind zudem explosiv; ihre Transporte stellen daher ein Sicherheitsrisiko dar.

<sup>77</sup> Critical Loads = max. zulässige, Ökosystem-spezifische Belastungsgrenzen. Vgl. FOEFL 1994

<sup>78</sup> Vgl. FOEFL 1996

Schwache Umweltwirkungen:

- Als vernachlässigbar werden beispielsweise die Schwermetallemissionen infolge der Verbrennung fossiler Energieträger eingestuft. Allerdings sind die humantoxischen Wirkungen gewisser krebserregender Metallverbindungen bislang unzureichend geklärt.<sup>79</sup>

### **Nuklearbrennstoffe; Kernenergienutzung**

Starke Umweltwirkungen:

- Nichterneuerbare Ressourcen. Ausgangselement für die Energieumwandlung in Kernreaktoren ist Uran, eine nicht regenerierbare natürliche Ressource mit begrenztem Vorkommen. Bei gleichbleibendem Verbrauch werden die Uranlagerstätten in etwa 120–400 Jahren erschöpft sein.
- Radioaktive Emissionen treten vor allem beim Abbau und der Aufbereitung von Uran und der Anreicherung des spaltbaren <sup>235</sup>U auf, ferner bei der Wiederaufbereitung von Nuklearbrennstoffen. Demgegenüber sind die Emissionen aus Kernkraftwerken, bei Nukleartransporten sowie bei der Lagerung / Entsorgung im Normalbetrieb eher gering. Gemäss neusten Untersuchungen<sup>80</sup> entfällt der grösste Teil der strahlungsbedingten humantoxischen Wirkung der nuklearen Versorgungskette auf die Emissionen aus den Abraumhalden von Uranerzmühlen. Bei einem Betrachtungszeitraum von 100'000 Jahren und gut gesicherten Halden erscheint die absolute, undiskontierte humantoxische Wirkung eines Kernkraftwerks vergleichbar mit jener eines Gaskombikraftwerks (Luftschadstoffe), bei einer kurzen Betrachtungszeit von 100 Jahren hingegen deutlich geringer. Neben der letztlich weltanschaulichen Frage des Betrachtungszeitraums bestehen auch einige Unsicherheiten in der Quantifizierung und Bewertung der Emissionen. Vor diesem Hintergrund sind die radioaktiven Emissionen als relevante Umweltwirkung zu betrachten – im Sinne des Vorsorgeprinzips, aber auch mit Blick auf die relativ hohe Sensibilität der Öffentlichkeit gegenüber der Materie.
- Unfälle / Sicherheit. Unfälle können bei der Umwandlung im Kraftwerk, aber auch beim Transport und der Entsorgung der Abfälle auftreten. Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines grösseren Unfalles wie einer Kernschmelze ist zwar sehr gering, das mögliche Schadensausmass jedoch sehr gross. Aus diesem Grund werden nukleare Risiken in Bevölkerung und Politik häufig als besonders gross wahrgenommen.
- Abfälle. Die Entsorgung der teils sehr langlebigen radioaktiven Abfälle aus der Kernenergienutzung (Brennstoffe, Infrastruktur) sind weltweit noch nicht befriedigend gelöst. Im Vordergrund steht die Endlagerung in geeigneten geologischen Formationen.

---

<sup>79</sup> Vgl. z.B. Frischknecht et al. 2000, p.183

<sup>80</sup> Frischknecht et al. 2000

Mittlere Umweltwirkungen:

- Flächen, Landschaft, Lebensräume. In der nuklearen Versorgungskette sind namentlich der Abbau und die Aufbereitung des Uranerzes flächenintensiv.
- Abwärme. Die Rückleitung von Kühlwasser in Gewässer kann zu einer übermässigen Erwärmung und damit zu ökologischen Schäden führen.

### **Wasserkraft**

Starke Umweltwirkungen:

- Flächen, Landschaft, Lebensräume. Stauseen beanspruchen Flächen und können erhebliche Eingriffe ins Landschaftsbild darstellen. Abflussmenge und Abflussregime (Abfolge von „Schwall und Sunk“) beeinflussen die Ökosysteme im Abfluss. Bei ungünstigen Bedingungen, z.B. einer zu kleinen Restwassermenge, verlieren die Wasserorganismen ihre Lebensgrundlage. Auch ein Flusskraftwerk verändert mit seinem Stauwehr das Strömungsmilieu des Flusses und kann aus einem fließenden ein quasi stehendes Gewässer machen, mit entsprechenden ökologischen Folgen.

Mittlere Umweltwirkung:

- Erneuerbare Ressourcen. Wasser ist eine erneuerbare Ressource. Die Nutzung von Wasser zu Energiezwecken kann andere Nutzungen durch den Menschen konkurrenzieren. In der Schweiz ist dies jedoch von untergeordneter Bedeutung.
- Klimaveränderung. Wird durch die Stauung Biomasse unter Wasser gesetzt, bildet sich das Treibhausgas Methan.

### **Biomasse**

Der wichtigste Biomasse-Energieträger ist Holz. Grundsätzlich kann jedoch aus der Verbrennung jeder Pflanze Energie gewonnen werden. Versuche wurden unter anderem mit Raps, Weizen, Zuckerrohr oder Chinaschilf gemacht. Die Verbrennung von Biomasse führt zu keiner Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Gehalts in der Atmosphäre, sofern das freigesetzte CO<sub>2</sub> durch das Nachwachsen der Biomasse wieder gebunden wird. CO<sub>2</sub> aus der energetischen Nutzung von Biomasse wird daher als nicht klimawirksam betrachtet.

Starke Wirkungen:

- Erneuerbare Ressourcen. Biomassen sind erneuerbare Ressourcen, welche nicht übernutzt werden dürfen.
- Flächen, Landschaft, Lebensräume. Der Energiegehalt der Biomasse ist gering und der Ertrag pro beanspruchte Fläche relativ klein. Bei der Flächennutzung können sich Interessenskonflikte ergeben (z.B. Nutzung von Agrarland für Energie- vs. Nahrungsmittelge-

winnung). Die Art der Bewirtschaftung der Ressourcen hat zudem Einfluss auf die Qualität der Lebensräume (z.B. Biodiversität in Wäldern).

- Humantoxische Wirkungen, Fotooxidantienbildung, Versäuerung, Überdüngung. Bei der Verbrennung von Biomasse werden Luftschadstoffe wie NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> sowie Partikel freigesetzt. Die SO<sub>2</sub>-Emissionen sind geringer, die NO<sub>x</sub>-Emissionen höher als bei den fossilen Brennstoffen. Im übrigen sind die Emissionen etwa vergleichbar mit jenen aus der Verbrennung fossiler Energieträger.

Überlappungen mit anderen Bereichen: Bei der Nutzung von Biomasse als Energieträger entstehen Interessenskonflikte mit anderen Bereichen und Nutzungsformen. Überschneidungen ergeben sich insbesondere mit der Forst- und der Landwirtschaft.

### **Fotovoltaik**

Mittlere Wirkungen:

- Flächen, Landschaft, Lebensräume. Die Fotovoltaikpanels beanspruchen Flächen. Soweit sie Dächern, Lärmschutzwänden etc. platziert werden können, bleibt diese Wirkung aber gering.

Schwache Wirkungen z.B.:

- Abfälle. Eine Fotovoltaikzelle hat eine begrenzte Lebensdauer von 20 Jahren. Das für die Fotozelle verwendete Metall, meist Kupfer, kann unter Energieaufwand zurück gewonnen werden.

### **Fotothermie (Sonnenkollektoren)**

Mittlere Wirkungen:

- Flächen, Landschaft, Lebensräume. Wie die Fotovoltaikpanels beanspruchen fotothermische Nutzungen (Sonnenkollektoren) Flächen. Da Kollektoren üblicherweise auf Dächern installiert werden, bleibt die Wirkung aber gering.

### **Geothermie**

Schwache Wirkungen:

- Die Bedeutung geothermischer Anlagen für den Wärmehaushalt von Gewässern wird als vernachlässigbar eingestuft.

## Windenergie

Starke Wirkungen:

- Flächen, Landschaft, Lebensräume. Windenergieanlagen belasten das Landschaftsbild häufig erheblich. Eine Ausnahme sind Off-Shore-Anlagen im offenen Meer.

## Energie aus Abfällen

In den Schweizer Kehrichtverbrennungsanlagen wird die anfallende Energie zur Erzeugung von Fernwärme und Strom genutzt. Ausserdem werden bestimmte Abfallfraktionen wie z.B. Altreifen zunehmend als Energieträger verwendet, v.a. in der Zementindustrie. Der Kohlenstoff im Siedlungsabfall stammt zu je rund 50% aus fossilen Quellen und aus Biomasse; in diesem Sinne ist Siedlungsabfall kein „klimaneutraler“ Energieträger. Da in der Schweiz jedoch der grösste Teil der Abfälle ohnehin verbrannt wird, sind die durch die energetische Nutzung verursachten, *zusätzlichen* Umweltwirkungen gering. Aus Konsistenzgründen ordnen wir den Abfällen in Figur 11 trotzdem verbrennungsbedingte Umweltwirkungen zu, analog zu fossilen Energieträgern und Biomasse.

## Strom: Transport, Verteilung und Nutzung

Starke Wirkungen:

- Flächen, Landschaft, Lebensräume. Stromübertragungsleitungen werden oft als erheblicher Eingriff ins Landschaftsbild wahrgenommen.
- Nichtionisierende Strahlung. Die Stromübertragung und Nutzung erzeugt niederfrequente elektrische und magnetische Felder, welche belästigend wirkend oder die menschliche Gesundheit beeinträchtigen können. Die Belastung der Bevölkerung variiert sehr stark; sie ist unter anderem abhängig von der Art und Nähe von Freileitungen sowie von elektrischen Geräten und Installationen im Haushalt und am Arbeitsplatz.

Die bestehenden Immissionsgrenzwerte schützen die Bevölkerung vor gesundheitlichen Schäden bei kurzzeitigen Belastungen.<sup>81</sup> Sie werden üblicherweise deutlich eingehalten. Allerdings fehlen bislang Erhebungen zur Zahl der betroffenen Menschen in der Nähe von Freileitungen.

Verschiedene Forschungsergebnisse deuten aber darauf hin, dass auch sehr viel schwächere, für Normalsituationen typische Magnetfelder im Frequenzbereich 50 Hertz gesundheitsschädigend wirken können. Genannt werden u.a. unspezifische neurovegetative Symptome („Elektrosensibilität“), aber auch Krebs, z.B. Leukämie bei Kindern. Ein möglicher Wirkungspfad ist die Beeinflussung der Ausschüttung von Melatonin, einem körpereigenen Hormon, welches das Wachstum von Tumorzellen hemmen kann.

---

<sup>81</sup> Verordnung über den Schutz vor *nichtionisierender* Strahlung (SR 814.710). Für die Belastung am Arbeitsplatz gelten separate Grenzwerte der SUVA.

Eine Arbeitsgruppe des Bundes erachtet die bislang vorliegenden Forschungsergebnisse als nicht ausreichend, um verschärfte Grenzwerte zu rechtfertigen. Sie empfiehlt jedoch eine Politik der vorsorglichen Vermeidung und Verminderung, soweit dies technisch und betrieblich möglich, wirtschaftlich tragbar und ökologisch verträglich ist. Zudem sollen die gesundheitlichen Risiken periodisch neu beurteilt werden und nötigenfalls die Grenzwerte angepasst werden. Angesichts dieser Unsicherheiten stufen wir die Wirkung der nichtionisierenden Strahlung im Sinne des Vorsorgeprinzips als schwer ein.<sup>82</sup>

Mittlere Wirkungen:

- Unfälle. Elektrische Anlagen bergen ein Unfallrisiko.

### **Fernwärme**

Transport und Nutzung von Fernwärme verursacht keine wesentlichen Umweltwirkungen.

---

<sup>82</sup> Quellen: BFS & BUWAL 1997, BUWAL 1998a, Stratmann et al. 1995 und 1998, Müller & Schierz 2001



### 6.1.3 Fazit „Wirkungen auf die Umwelt“

Zur Herleitung der ökologischen Nachhaltigkeitskriterien fassen wir die in Figur 11 als „stark“ gekennzeichneten Umweltwirkungen zu sieben Kriterien zusammen. Eines davon, „Unfälle / Sicherheit“, wird nachstehend unter „Gesellschaft“ weiter behandelt. Das Kriterium „Nichtionisierende Strahlung“ ist unseres Erachtens notwendig, da die gesundheitlichen Wirkungen in diesem Bereich unzureichend geklärt sind.

Umweltwirkung	Relevanz für Energiebereich: Ausschlaggebender Aspekt für die Beurteilung	Kriterien- bezeichnung
Nichterneuerbare Ressourcen	Ethisch bedenklich	Ressourcen
Erneuerbare Ressourcen	Begrenzte Erneuerbarkeit und Interessengegensätze bei der Nutzung	
Land, Lebensräume	Begrenzte Fläche, tiefe Landschaftseingriffe, wesentliche Beeinträchtigung von Lebensräumen	Flächen, Landschaft, Lebensräume
Klimaveränderung	Langfristiges, globales Problem	Klima
Humantoxizität	Gesundheitliche Gefährdung	Lufthygiene
Fotooxidantienbildung	Gesundheitliche Gefährdung, Ernteeinbussen	
Versäuerung	Critical loads Schweiz zum Teil wesentlich überschritten	
Überdüngung	Critical loads Schweiz zum Teil wesentlich überschritten	
Radioaktive Emissionen	Gesundheitliche Gefährdung	Radioaktivität
Abfälle	Ethisch bedenklich (v.a. langlebige radioaktive Abfälle)	Nichtionisierende Strahlung
Nichtionisierende Strahlung	Gesundheitliche Gefährdung durch Langzeit-Exposition unterhalb der geltenden Grenzwerte nicht ausreichend geklärt	
Unfälle	Gesundheitliche und ökologische Risiken	s. Kapitel 6.3.5
Ozonschicht-Abbau	Beitrag des Energiebereichs gering	--
Lärm	Beitrag des Energiebereichs gering	--
Geruch	Beitrag des Energiebereichs gering	--
Abwärme	Beitrag des Energiebereichs gering	--

Tabelle 5: Zusammenfassung der wichtigen Umweltwirkungen des Energiebereichs zu ökologischen Nachhaltigkeitskriterien

Die Thematik der radioaktiven Abfälle subsumieren wir unter dem Kriterium Radioaktivität. So kann, mit Blick auf Stand der Entsorgungspraxis für nicht-radioaktive Abfälle in der Schweiz, auf ein eigenes Kriterium „Abfälle“ verzichtet werden. Gemäss Modellen der NAGRA ist zwar bei einer fachgerechten Entsorgung radioaktiver Abfälle unter Tag auch langfristig keine wesentliche zusätzliche Strahlungsbelastung der Bevölkerung zu erwarten. Trotzdem scheint das Vermächtnis von Abfällen, welche über Millionen Jahre hinweg eine potenzielle Gefahrenquelle darstellen werden, aus ethischer Sicht bedenklich.

Die folgenden Wirkungskategorien werden nicht mit einem eigenen Kriterium berücksichtigt: Ozonschichtabbau, Lärm, Geruch sowie Abwärme.

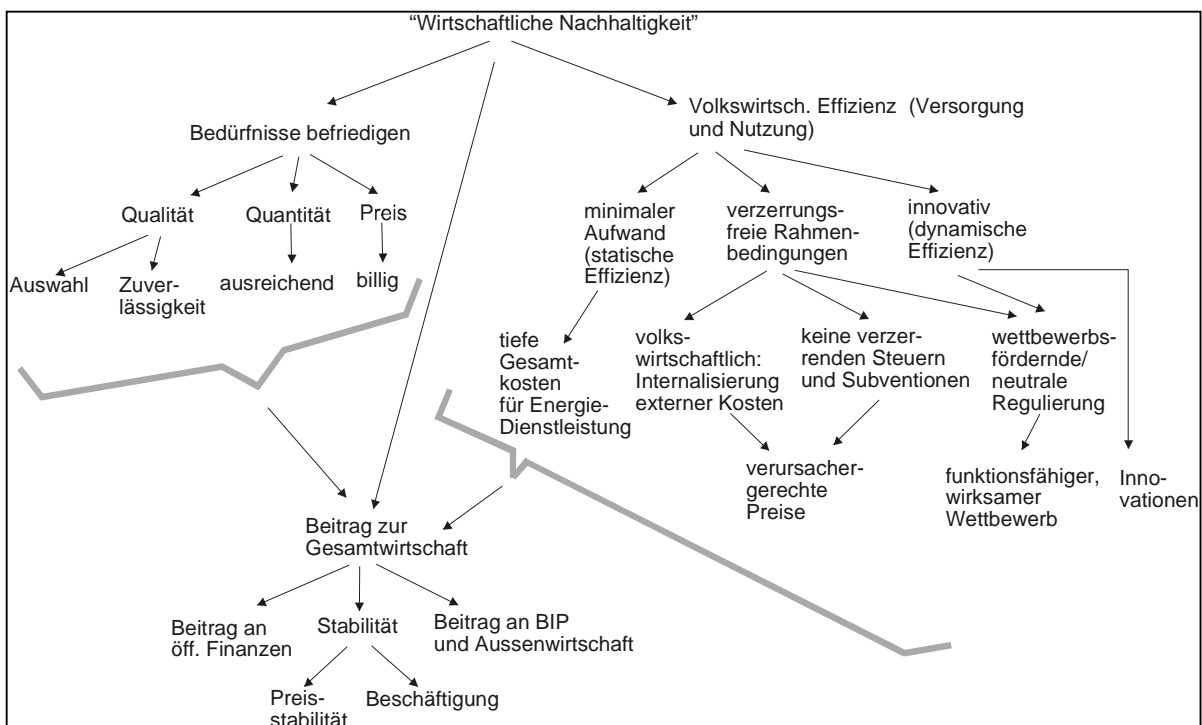
## 6.2 Wirkungen auf die Wirtschaft

### 6.2.1 Problemstellung und methodischer Ansatz

Wie die Bestandesaufnahme gezeigt hat, sind in der Dimension „Wirtschaft“ die Kriterien und Indikatoren noch wenig entwickelt und nicht gefestigt. Nach sorgfältiger Prüfung der in der Literatur vorgeschlagenen Kriterien sind wir zum Schluss gekommen, dass es wegen sehr unterschiedlicher Ansätze und Konzepte nicht sinnvoll ist, eine Auswahl aus den vorgeschlagenen Kriterien zu treffen. Vielmehr scheint es uns sinnvoller, mit einem Top-Down-Ansatz nochmals eine deduktive Herleitung zu versuchen.

Daher kehren wir zur Ausgangsdefinition der Nachhaltigkeit zurück. Im wirtschaftlichen Bereich steht hierbei die „Befriedigung der Bedürfnisse“ im Vordergrund, wobei diese nach den allgemeinen Vorstellungen „effizient“ erfüllt werden müssen.

Die folgende Grafik zeigt eine mögliche Ableitung von Kriterien. Dabei kann der „Beitrag zur Gesamtwirtschaft“ einerseits als eigenständiges Kriterium verstanden werden, andererseits kann argumentiert werden, eine effiziente sowie „Bedürfnisse befriedigende“ Energiewirtschaft leiste automatisch einen optimalen Beitrag zur Gesamtwirtschaft.



Figur 12 Erster Versuch zur Herleitung der wirtschaftlichen Kriterien (eigene Darstellung)

Im Folgenden sollen diese Überlegungen kritisch vertieft werden.

Am Beispiel des „**Beitrags zur Gesamtwirtschaft**“ zeigen sich besonders deutlich die Schwierigkeiten und Grenzen der Herleitung sektorspezifischer Kriteriensysteme. Welchen Beitrag kann/soll man von einem Sektor erwarten? Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist es jedenfalls nicht sinnvoll, von einem bestimmten Sektor einen möglichst hohen Beitrag zum BIP oder zur Beschäftigung zu verlangen: Es kann kein Nachhaltigkeitsziel sein, möglichst viele Beschäftigte im Energiesektor zu haben, sondern – wenn überhaupt – einen wettbewerbsfähigen/produktiven Sektor von optimaler Grösse und Stabilität im Vergleich zur Nachfrage und zu den Produktionsmöglichkeiten.

Wir vertreten die Ansicht, dass gesamtwirtschaftliche Ziele wie Wohlfahrt/Wohlstand, (qualitatives) Wachstum, Vollbeschäftigung, Preisstabilität und ein aussenwirtschaftliches Gleichgewicht (die klassischen Ziele einer nationalen Wirtschaftspolitik) nicht für sektorale Konzepte angewandt werden sollen und können. Nach einem sozial-liberalen Wirtschaftsverständnis, wie es auch der Bundesverfassung zu Grunde liegt, kann es keine Zielvorgaben für einzelne Sektoren geben, sondern nur wettbewerbsneutrale Rahmenbedingungen, welche automatisch eine optimale Entwicklung aller Sektoren, d.h. einen **optimalen Beitrag zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung**, ermöglichen. Auch eine vorübergehende Arbeitslosigkeit in einem Sektor kann im Zuge eines Strukturwandels nicht a priori als *nicht nachhaltig* bezeichnet werden. Einzig eine gewisse Stabilität (d.h. die Vermeidung hoher Anpassungskosten) könnte als Kriterium betrachtet werden, das insbesondere bei der Beurteilung energiepolitischer Massnahmen (z.B. Energiesteuern) zur Abbildung der häufigen Bedenken von wirtschaftlicher Seite gut dienen könnte. Wir schlagen daher – vorerst als Diskussionsgrundlage – vor, das Kriterium Stabilität weiter zu verfolgen, die übrigen aber (als nicht sektorspezifisch definierbar) auszuschneiden.

Der Beitrag zur Gesamtwirtschaft wird zudem durch die unter „Bedürfnisse befriedigen“ aufgeführten Kriterien berücksichtigt, denn diese decken die Anforderungen der Wirtschaft ab: Die Unternehmungen und die Haushalte fordern in wirtschaftlicher Hinsicht vom Energiesystem, dass das Angebot qualitativ, quantitativ und preislich möglichst gut ist. Aus volkswirtschaftlicher Sicht müssen zudem die Rahmenbedingungen für innovative Lösungen und verursachergerechte Preise sorgen.

Weitere gesamtwirtschaftliche Kriterien<sup>83</sup> wie z.B. Verfügbarkeit von Kapital zu einem tiefen Zinsniveau sind u.E. ebenfalls nicht auf sektorieller Ebene als Nachhaltigkeitskriterium verwendbar. Wir werden deshalb im Folgenden diese gesamtwirtschaftlichen Kriterien nicht mehr weiter verfolgen.

Ein weiteres Problem ist die Übertragung der verschiedenen **Kriterientypen** (Wirkung, Aktivität, Effizienz und Politik), die ursprünglich aus dem Umweltbereich stammt: In der Wirtschaft sind (nach liberalem Verständnis) manchmal gewisse Rahmenbedingungen (wie z.B. Wettbewerb) entscheidend, jedoch kann über das Ergebnis (im Sinne eines Wirkungsindi-

---

<sup>83</sup> Vgl. z.B. SIA 2000, Kriterien für nachhaltige Bauten, S. 40.

kators) nicht viel ausgesagt werden (z.B. hängen die resultierenden Preise von Angebot und Nachfrage ab, sodass ein hoher Preis auch aus rein wirtschaftlicher Sicht nicht a priori un-nachhaltiger ist als ein tiefer Preis, solange Wettbewerb und Kostenwahrheit gegeben sind). In der vorangehenden Grafik sind denn auch einige Kriterien aus dem Bereich der Rahmenbedingungen enthalten, die wir jedoch im Folgenden ausscheiden möchten („verzerrungsfreie Rahmenbedingungen“, „Internalisierung“, „keine ....Subventionen“ und „...Regulierung“), da wir sie als Politikindikatoren betrachten.

Im Folgenden versuchen wir, die vorgeschlagenen Kriterien kurz zu charakterisieren.

### 6.2.2 Wirtschaftliche Bedürfnisse befriedigen

#### Qualität der Energieversorgung

Ein Aspekt der Qualität der Energieversorgung ist die **Zuverlässigkeit**, d.h. die Abwesenheit von Versorgungsspannen und -lücken, Systemausfällen, Spannungsschwankungen etc. Wie Beispiele aus dem Ausland zeigen, ist gerade im Zusammenhang mit der Liberalisierung der Energiemärkte die Aufrechterhaltung einer zuverlässigen Versorgung ein problematischer Bereich.

Da die Zuverlässigkeit der Energieversorgung auch durch Versorgungsengpässe aufgrund hoher Auslandsabhängigkeit in Frage gestellt werden kann, ist hier auch eine Aussage zum **Selbstversorgungsgrad** sinnvoll: Um in Krisenzeiten die Lebensmittelversorgung der Schweizer Bevölkerung zu sichern, wurde die einheimische Landwirtschaft während Jahrzehnten subventioniert und zudem werden Pflichtlager vorgeschrieben. Obwohl Versorgungsengpässe bisher im Energiebereich kaum je aufgetaucht sind (selbst in der Ölkrise gab es immer genug Öl), ist es unbestritten, dass Energie ein zentraler Lebensnerv der Gesellschaft ist. Es ist trotz zunehmender wirtschaftlicher Verflechtung nicht auszuschließen, dass sich die Gefahr ausbleibender Energielieferungen aus dem Ausland in Zukunft verschärfen wird. Aus diesen Gründen ist ein hoher Selbstversorgungsgrad der Energieversorgung aus Sicht der Nachhaltigkeit wünschenswert.

Ein weiterer Aspekt betrifft die **Diversifikation** des Energiesystems, d.h. den Grad der Abhängigkeit von einigen wenigen Energieträgern. Auch aus Sicht der wirtschaftlichen Nachhaltigkeit ist es wünschenswert, wenn sich die Energieversorgung eines Landes auf möglichst verschiedene Energiequellen abstützen kann. Dies ermöglicht die relativ schnellere Substituierung eines zur Neige gegangenen oder aus geopolitischen Gründen nicht verfügbaren Energieträgers durch andere.<sup>84</sup>

<sup>84</sup> Auch die Europäische Union macht sich in einem kürzlich erschienen Grünbuch Gedanken zur Problematik der Energieversorgungssicherheit im Hinblick auf die noch zunehmende Abhängigkeit von einzelnen Energieträgern bzw. -exporteuren. Die Grundzüge einer langfristigen, energiepolitischen Strategie finden sich in: Europäische Kommission (2001).

### **Ausreichende Verfügbarkeit**

Die quantitative Komponente, d.h. die **ausreichende Verfügbarkeit**, ist sowohl kurzfristig (genügende „Vorratshaltung“ resp. Flexibilität bei Nachfrageschwankungen) wie auch langfristig (langfristig gesicherte Versorgung) zu betrachten. Die kurzfristige Verfügbarkeit wird bereits durch die Berücksichtigung der Zuverlässigkeit (Qualität der Energieversorgung) abgedeckt; die Problematik der langfristigen Verfügbarkeit von Energiequellen behandelt das Kriterium Ressourcen im Umweltbereich. Daher wird die Problematik der ausreichenden Verfügbarkeit an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt.

### **Preisgünstige Versorgung**

Beim **Preisniveau** sind verschiedene Energieträger, Bezugs- und Leistungskategorien, Verbraucherkategorien, Regionen und Tages-/Jahreszeiten zu unterscheiden. Allenfalls sind diese Differenzierungen bei der Gewichtung eines Energiepreis-Index zu berücksichtigen. Dabei sind teuerungsbereinigte, d.h. relative Preise zu verwenden, d.h. die Energiepreise, bereinigt um die Preisentwicklung des Gesamtindex.

Für die Indikatorbildung müssen Haushalte einerseits und Industrie/Dienstleistungen andererseits unterschieden werden. Für die **KonsumentInnen** ist das relative Preisniveau im Vergleich zur Kaufkraft von Bedeutung; für die **Unternehmungen** der relative Preis im Vergleich zu den Preisen ihrer ausländischen Konkurrenten (aus dem OECD Raum). In der UVEK-Strategie ist denn auch von konkurrenzfähigen Preisen die Rede, wohl in der (zutreffenden) Meinung, auch hohe Preise könnten wirtschaftlich nachhaltig sein, solange sie nicht eine Wettbewerbsverzerrung gegenüber dem Ausland darstellen. Zwar trifft es zu, dass gerade die Energiepreise in hohem Mass von exogenen Faktoren (Weltmarkt, Wechselkurse) bestimmt werden; dennoch sind die resultierenden Preise für die Wirtschaft letztlich wichtig, so dass wir dieses Kriterium ungeachtet der „Beeinflussbarkeit“ weiter verfolgen.

Nebst dem Preisniveau werden auch **Preisschwankungen** (Volatilität, Risiken) betrachtet. Obwohl Preisschwankungen gerade für den Energiemarkt prägend sind, ist aus Sicht der KonsumentInnen und Unternehmungen ein relativ stabiler Preis erwünscht. Marktentwicklungen und technologischer Fortschritt sollen natürlich ihre Wirkungen auf den Preis entfalten können, deshalb wird für die Definition eines Indikators auf die kurzfristige Volatilität abgestützt.

Im Verkehrsbereich<sup>85</sup> wurde vorgeschlagen, „kostenwahre“ Preise, also um die externen Kosten und Subventionen bereinigte Preise zu verwenden. Wir sind allerdings der Ansicht, dass die Kostenwahrheit und die Umweltbelastung nicht im ökonomischen Bereich (auch noch) beurteilt werden soll. Aus Sicht der Unternehmungen und der KonsumentInnen ist der Marktpreis entscheidend. Dass dadurch ein Zielkonflikt, z.B. zur Internalisierung externer

---

<sup>85</sup> Vgl. EBP 1998, Nachhaltigkeit: Kriterien im Verkehr.

Kosten, entstehen kann, ist mit dem hier angestrebten (nämlich nicht konfliktfreien) Kriteriensystem durchaus vereinbar.

Ein anderes Problem ist die Frage der Bezugsgrösse: Grundsätzlich kann argumentiert werden, nicht der Preis der Endenergie sei entscheidend, sondern der Preis der **Nutzenergie**, der sog. Energiedienstleistungen (Wärme, Licht, Bewegung). Dieses Problem muss noch diskutiert werden. Unabhängig von der Wahl der Bezugsgrösse sind grundsätzlich reale Grössen, d.h. teuerungs- resp. kaufkraftbereinigte Werte zu verwenden.

### 6.2.3 Wirtschaftliche Effizienz der Energieversorgung und –nutzung

In der einleitenden Grafik (Figur 9) sind wir von der statischen und dynamischen Effizienz ausgegangen und haben zudem als eine der zentralen Vorbedingungen (zumindest aus liberaler Sicht) die verzerrungsfreien Rahmenbedingungen aufgenommen. Diese sind allerdings als Politikriterien zu betrachten und werden daher nicht unter den empfohlenen Wirkungsindekatoren figurieren.

#### Minimaler Aufwand: statische Effizienz

Dieses Kriterium führt wiederum zu möglichst preisgünstigen Energiedienstleistungen (vgl. Preisgünstige Versorgung); es muss daher nicht einzeln weiter geführt werden. Es ist aber anzumerken, dass die Effizienz sowohl im Bereich der Versorgung wie der Nutzung auch als Effizienzkriterium innerhalb des Energiesystems verstanden werden. Verursachergerechte Preise sind eine wichtige Voraussetzung dafür, dass Anreize zur Aufwandminimierung wirken. Dieses Kriterium wird indirekt unter dem Aspekt der verzerrungsfreien Rahmenbedingungen behandelt.

Ein weiteres Thema ist in diesem Zusammenhang die **Energieintensität** generell (Verhältnis von Bruttoinlandprodukt oder einer korrigierten Grösse zum Energieverbrauch, gesamtwirtschaftlich oder nach Sektoren und Anwendungen). Positiv gesprochen geht es um die Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch. Gemäss der von uns gewählten Indikatoren- und Kriteriensystematik wäre ein solches Kriterium eher den Energieeffizienzkriterien zuzuordnen.

#### Innovationen

Aus ökonomischer Sicht ist hier vor allem die Fähigkeit eines Sektors gemeint, im Zeitverlauf immer bessere Lösungen zu entwickeln, also die Produktivität und Kosteneffektivität zu steigern. Gerade im langfristigen Kontext der Nachhaltigkeit ist dies ein wichtiges Ziel, um künftig die gleichen (oder sogar gesteigerte) Bedürfnisse mit geringerem ökonomischem Ressourceneinsatz befriedigen zu können. In der moderneren Theorie der Wirtschaftspolitik sind Innovationen ein zentraler Faktor für die längerfristige wirtschaftliche Entwicklung. Wir schla-

gen daher vor, diesen Faktor, der durchaus sektorspezifisch sein kann, als eigenen Indikator weiter zu verfolgen.

Das Politikkriterium Forschung beleuchtet die Innovationsthematik von der Massnahmen-seite her. Die Wirkungsmessung kann allenfalls über eine Kennzahl des technischen Fortschritts, der Arbeitsproduktivität oder über Zuwachs an Patenten als Hilfsgrössen laufen.

### **Verzerrungsfreie Rahmenbedingungen**

Die gesamtwirtschaftlichen Beiträge eines Sektors wie der Energiewirtschaft können – wie oben ausgeführt – dann optimiert werden, wenn insbesondere bezüglich folgender Aspekte minimale Marktverzerrungen vorliegen:

- Internalisierung externer Kosten
- Keine verzerrenden Steuern und Subventionen
- Wettbewerbsneutrale und -fördernde Regulierung und Rahmenbedingungen

Diese drei Aspekte sind auf den ersten Blick Politikkriterien; sie müssten also zum Bereich der politisch zu definierenden Rahmenbedingungen und Massnahmen gezählt werden. Die klare Unterscheidung von Wirkung und Politikmassnahme ist aber oft schwer vorzunehmen. Massnahme und Wirkung sind zwei Seiten derselben Medaille. Die erwähnten Kriterien könnten durchaus auch zur Wirkungsmessung verwendet werden:

**Verursachergerechte Preise (Internalisierung):** Dieses Postulat hat zwei Seiten:

- Eine betriebswirtschaftliche, welche die Vermeidung von Quersubventionen, Dumpingpreisen etc. fordert. Derartige Praktiken sind in einem funktionsfähigen Wettbewerb ohnehin nur beschränkt überlebensfähig und sollen nicht als Nachhaltigkeitskriterium gelten.
- Die andere Seite ist die volkswirtschaftliche, welche Kostenwahrheit und damit die Vermeidung oder Internalisierung externer Kosten betrifft. Die Schadenskosten stellen (unabhängig davon, ob sie internalisiert sind) die monetäre/volkswirtschaftliche Betrachtungsweise von Umwelt- und allenfalls Sicherheitswirkungen dar. Obwohl damit eine Doppelzählung verbunden ist, könnte diese volkswirtschaftliche Sichtweise ins Kriteriensystem Eingang finden. Allerdings ist eine Minimierung der Schadenskosten aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht unbedingt nötig, vielmehr kann eine gewisse Restbelastung durchaus tolerierbar sein, sofern die Kosten hierfür von den Verursachern getragen (und aus ihrer Sicht durch Nutzen aus der Energienutzung aufgewogen werden) werden.

Die Internalisierung der externen Kosten ist das Ergebnis einer Vielzahl von politischen Massnahmen zur Vermeidung von Schäden an der Quelle oder bei den Betroffenen sowie zur Anlastung verbleibender externer Kosten an die Verursacher. Somit ist der Grad der Internalisierung durchaus ein Wirkungsindikator, auch wenn er in einem direkten Zusammenhang mit dem Politikkriterium Internalisierung steht.

**Keine verzerrenden Steuern und Subventionen:** Damit sind sowohl Sondersteuern und – subventionen für den gesamten Sektor wie auch für Teile davon gemeint (z.B. eine Besteuerung von Benzin, aber eine Steuerbefreiung für Kerosen) zu erfassen. Dabei sind selbstverständlich jene Steuern ausgenommen, welche der Internalisierung dienen.

**Wettbewerbsneutrale und -fördernde Regulierung und Rahmenbedingungen:** Gerade im Energiesektor, bei dem leitungsgebundene Energieträger zu natürlichen und auch zu historisch gewachsenen Monopolen führen können, sind Rahmenbedingungen, welche einen optimalen Wettbewerb gewährleisten, sehr wichtig. Entscheidend ist aber letztlich, ob der Wettbewerb spielt, ob also mehrere Anbieter vorhanden sind, die sich punkto Preis und Qualität konkurrenzieren. Hierfür dürften sich allerdings kaum sinnvolle Indikatoren finden lassen, die nicht schon unter Preis und Qualität erfasst sind. Daher ist der Wettbewerb primär als Mittel und nicht als Wirkung zu verstehen und wird daher unter den Politikindikatoren behandelt. (⇒ Politikkriterium Wettbewerb).

#### 6.2.4 Wirtschaftliche Stabilität des Sektors

Wir haben oben bereits ausgeführt, dass nicht alle Beiträge zur Gesamtwirtschaft als sektorielle Nachhaltigkeitskriterien betrachtet werden können. Massnahmen, welche unter Umständen zu abrupten Anpassungen mit entsprechenden Anpassungskosten und wirtschaftlichen Strukturänderungen führen könnten (Beispiel: sofortiger Kernenergieausstieg) lassen sich jedoch über die bisherigen Indikatoren kaum erfassen und beurteilen. Darum schlagen wir vor, die Stabilität des Energiesektors als weiteres Kriterium aufzunehmen. Ökonomisch ausgedrückt heisst Stabilität Vermeidung von (übermässigen) Anpassungskosten in Form von starken Preis- und Beschäftigungsschwankungen.

Das Problem der Preisschwankungen bereits oben unter dem Stichwort der **Volatilität** abgehandelt. Eine zusätzliche Behandlung an dieser Stelle erübrigt sich also. Das Thema der **Beschäftigungsschwankungen** wurde hingegen noch nicht erfasst. Diesen Aspekt wollen wir in unser System aufnehmen. Die Schwierigkeit dabei wird sein, nachhaltigen Strukturwandel von krisenhaften Schocks zu unterscheiden.

Keinen Platz im Konzept der Nachhaltigkeit findet dagegen die **Zahl der Arbeitsplätze** im Energiebereich. Ökonomische Effizienz eines Sektors erfordert die optimale Zahl von Arbeitsplätzen, nicht die maximale. Indirekt macht der Selbstversorgungsgrad (siehe oben) jedoch auch Aussagen über Beschäftigungsaspekte des Energiesystems. Es darf angenommen werden, dass die Zahl der Arbeitsplätze im Inland mit einem höheren Selbstversorgungsgrad steigt.

Ebenfalls einen Beitrag zur Stabilität, verstanden als Reduktion der Krisenanfälligkeit des Energiesektors, leistet die in Kapitel 6.2.2 erwähnte Diversifikation bezüglich verschiedener Energieträger.

### 6.2.5 Fazit „Wirkungen auf die Wirtschaft“

Diese Diskussion führt zu einer **Beschränkung** auf die folgenden Wirkungskriterien für den Bereich **Wirtschaft**:

Kriterium	Mögliche Konkretisierung (Indikatoren)
Versorgungsqualität	Zuverlässigkeit
	Selbstversorgung
	Diversifikation
Preise	Haushalte
	Industrie/Dienstleistungen
	Volatilität
Effizienz	Internalisierung
	Innovationen (dynamische Effizienz)
Stabilität	Beschäftigungsschwankungen

Tabelle 6: Zusammenfassung der wirtschaftlichen Nachhaltigkeitskriterien im Energiebereich.

Vergleicht man diese Vorschläge mit den Zielen gemäss UVEK-Strategie, so zeigt sich, dass wesentliche Teile durch unsere Vorschläge abgedeckt sind.

- „Die Bereitstellung einer ausreichenden, sicheren und preislich konkurrenzfähigen Energieversorgung“
- „Die Internalisierung externer Kosten“
- „Die effiziente Leistungserbringung und die Förderung des Wettbewerbs“

Hingegen betrachten wir das Ziel „Die Wahrung der komparativen Vorteile der schweizerischen Energiewirtschaft (Stromtransitnetze und Wasserkraft, insbesondere Pumpspeicherung)“ als wenig relevant für die Nachhaltigkeit: Es gehört teilweise zu den gesamtwirtschaftlichen Zielen (ausenwirtschaftlicher Beitrag), die wir als nicht sektorspezifisch definierbar betrachten. Andererseits ist dieses Kriterium selbstverständlicher Teil unternehmerischen Handelns, wobei auch ein Verkauf von einheimischen Ressourcen durchaus im wirtschaftlichen Interesse der Schweiz liegen kann.

Insgesamt scheint uns mit diesen Kriterien auch der Einbezug der wirtschaftlichen Anforderungen an ein Energiesystem gelungen, denn diese drücken sich insbesondere in guter Versorgungsqualität und tiefen Preisen aus: Sind diese Anforderungen erfüllt, ist auch automatisch der Beitrag des Energiesystems zur Gesamtwirtschaft optimal.



Im Vordergrund steht der vielschichtige Begriff der Gerechtigkeit. Es hat sich aber bei verschiedenen Indikatorensystemen auch gezeigt, dass die Aspekte der Partizipation, der Individualität und der Sicherheit (soweit nicht bereits im Umweltabschnitt diskutiert) wichtig sind. Wir möchten daher folgende Kriterien diskutieren und eine Auswahl treffen:

### 6.3.2 Gerechtigkeit und Ausgleich (Solidarität)

#### Regionaler Ausgleich

Auf **nationaler Ebene** spielt der interregionale Ausgleich, insbesondere zwischen Zentren und Peripherie, zwischen Mittelland und Berggebiet eine wichtige Rolle. In der aktuellen Diskussion taucht in diesem Zusammenhang sehr oft der Begriff **Service Public** auf. Dabei geht es um den (mehr oder weniger) gleichwertigen Zugang zur Energieversorgung in Bezug auf Preise, Auswahlmöglichkeiten, Zuverlässigkeit usw. Alle drei Dimensionen werden bereits an anderer Stelle dieser Arbeit erwähnt, allerdings bezogen auf die Schweiz insgesamt. Daher wäre es Aufgabe dieses Kriteriums, regionale Unterschiede einer oder mehrerer dieser Dimensionen zu messen. Die Indikatoren Auswahl und Zuverlässigkeit beinhalten jedoch bereits einen gewissen Service-Public-Aspekt, da sich ihre Bewertung dann verbessert, wenn ein grösserer Teil der Bevölkerung profitiert. Da ein solcher Automatismus in Bezug auf das Preisniveau nicht spielt, schlagen wir vor, das Kriterium des regionalen Ausgleichs anhand regionaler Preisunterschiede für die Haushalte zu operationalisieren. Dabei sollen dieselben Preise zu Grunde gelegt werden, die bereits im Abschnitt über preisgünstige Versorgung verwendet werden.

Auf **internationaler Ebene** ist Solidarität mit jenen Weltregionen gefordert, die bisher wesentlich weniger Energie verbraucht haben, die aber ebenso von den (insbesondere erschöpfbaren) Ressourcen noch profitieren möchten. Dabei geht es in erster Linie um den gleichberechtigten Zugang zu Energieressourcen und beim Abbau von Ressourcen in Entwicklungsländern um eine faire Entschädigung sowie die Vermeidung von unerwünschten sozialen und ökologischen Nebenwirkungen. Weiter spielen Aspekte wie die technische Hilfe im Ausland, der Export von Abfällen usw. eine Rolle. Denkbar ist, die internationale Solidarität im Umweltbereich durch einen Indikator zu operationalisieren, der die Verdrängung von CO<sub>2</sub>-intensiver Produktion ins Ausland resp. Import von grauem CO<sub>2</sub> misst (Stichwort „Graue Emissionen“).

#### Intertemporaler Ausgleich

Den Ansprüchen künftiger Generationen wird im Konzept der Nachhaltigkeit grosse Bedeutung zugemessen. Durch mehrere Wirtschafts- und Umweltkriterien (Ressourcen oder Innovation) wird u.E. diesen Ansprüchen in genügendem Ausmass Rechnung getragen, so dass sie an dieser Stelle nicht noch einmal aufgenommen werden müssen.

### **Sozialer Ausgleich**

Hier geht es um den (im Ausmass sicherlich höchst umstrittenen) gleichen oder gleichwertigen Zugang zur Energie für unterschiedliche sozioökonomische und/oder soziodemografische Gruppen wie z.B. für Frauen und Männer, Kinder, Erwerbstätige und SeniorInnen, AusländerInnen und SchweizerInnen etc. Als besonders wichtig gilt gemeinhin der Ausgleich zwischen Einkommensgruppen, also zwischen „Arm“ und „Reich“.

Wir sind der Ansicht, dass der Zugang zum Energieangebot grundsätzlich nicht mehr und nicht weniger „gerecht“ ist als bei allen anderen Konsumgütern auch: es gibt unseres Wissens keine (nicht kostenbedingte) „Diskriminierung“ bestimmter sozioökonomischer Gruppen in der Schweiz punkto Energieversorgung. Auch müsste eine allenfalls propagierte „Grundversorgung“ eher über die Sozialpolitik gesteuert werden: Es kann nicht Aufgabe eines „nachhaltigen“ Energiesektors sein, z.B. ein Grundkontingent an Energie für jeden Haushalt zu besonders günstigen Konditionen zur Verfügung zu stellen (dies ist natürlich eine Frage der Weltanschauung resp. der ordnungspolitischen Grundvorstellungen). Da dem Ausgleichsgedanken bezüglich regionalem Zugang bereits Rechnung getragen wird, verzichten wir an dieser Stelle auf dieses Kriterium.

### **6.3.3 Partizipation**

Partizipation ist die Möglichkeit, Prozesse mitzugestalten und Entscheidungen zu beeinflussen. Dabei wird vor allem an kollektive (politische/staatliche) Entscheidungen gedacht. Daneben kann aber auch bei privaten Aktivitäten (z.B. Bauten) die Partizipation ein wichtiger Aspekt sein (z.B. Einsprachemöglichkeit, Einsichtsrecht, Auskunftspflicht von Unternehmungen). Es ist denkbar, dieses Kriterium qualitativ umzusetzen, beispielsweise anhand der subjektiven Zufriedenheit verschiedener Bevölkerungsgruppen mit ihren Mitsprachemöglichkeiten im Energiebereich.

### **6.3.4 Individualität**

Zumindest in unserer westlichen Gesellschaft kommt der individuellen Handlungsfreiheit und Unabhängigkeit ein hoher Stellenwert zu. Eingriffe und Vorschriften werden i.d.R. nicht geschätzt. Die zwei folgenden Teilaspekte scheinen uns geeignet, den Begriff der Individualität für den Energiebereich nutzbar zu machen.

### **Wahlfreiheit**

Wie bereits publizierte Indikatorensysteme zeigen, lässt sich unspezifische Individualität kaum operationalisieren und ist damit wenig brauchbar. Gerade im Energiebereich bietet es sich jedoch an, unter Individualität in erster Linie die Wahlfreiheit bezüglich der Wahl des Energiesystems zu verstehen. Damit es nicht zu Überlagerungen mit den Auswahlmöglich-

keiten unter dem Kriterium der Versorgungsqualität kommt, wäre es denkbar, sich im sozialen Bereich auf die Möglichkeit, Öko-Strom zu beziehen, zu beschränken.

### **Schutz der Privatsphäre**

Der rasante technische Fortschritt in vielen Bereichen (Paradebeispiel: moderne Kommunikation) schafft die Grundlage für subtile Spielarten der Verletzung der Privatsphäre sowie die potenzielle Schädigung des Individuums durch eine Vielzahl von gut- und böswilligen Akteuren. Solche Gefahren für die individuelle Freiheit sind auch im Energiebereich denkbar. Im Vordergrund stehen Bedenken bezüglich Datenschutz (Stichwort: gläserner Konsument, Überwachungsstaat). Ein nachhaltiges Energiesystem sollte die KonsumentInnen auch vor solchen Übergriffen verschonen.

### **6.3.5 Sicherheit**

Ebenso wie in einem nachhaltigen Verkehrssystem möglichst wenig Unfälle geschehen sollten, so ist die Sicherheit auch im Energiebereich ein zentrales Thema jeder Nachhaltigkeitsdiskussion. Im Verkehr stehen die Unfälle im Vordergrund, die sich bei der „Nutzung“ des Verkehrs – also beim Fahren – ereignen. Unfälle im Zusammenhang mit der Fahrzeugproduktion (und der entsprechenden Rohstoffgewinnung) werden i.d.R. nicht dem Verkehr angelastet, und falls doch, so wäre ihr Anteil an den „Verkehrsunfällen“ wohl verschwindend klein. Anders im Energiebereich: Um sich ein vollständiges Bild der Gefährdung der Bevölkerung machen zu können, muss gerade die Sicherheit im Zusammenhang mit der Energieumwandlung und –verteilung betrachtet werden.

Ein anderer Aspekt der Sicherheit – nämlich die soziale Sicherheit im Sinne eines Schutzes vor Krisen und Folgen wie Arbeitslosigkeit und Preisschocks – wird im Abschnitt über die wirtschaftlichen Wirkungen (6.2) behandelt.

#### **Sicherheit bei der Nutzung (Kleinrisiken)**

Darunter verstehen wir die Sicherheit im Haushalt oder am Arbeitsplatz soweit sie mit der Nutzung von Energie im Zusammenhang steht. Konkret geht es um die Vermeidung von Todesfällen und Körperverletzungen durch Stromstöße, Brände usw. Sicherheit als Teil der gesellschaftlichen Nachhaltigkeit fokussiert auf Personenschäden und beinhaltet damit keine Sachschäden.

#### **Sicherheit bei der Energieversorgung (Grossrisiken)**

Hier sind die Unfallrisiken bei der „Herstellung“ der Endenergie, konkret also bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der Energie subsummiert. Gedacht wird z.B. an Unfälle in Kraftwerken oder durch Defekte an Leitungen.

In diesem Zusammenhang nebensächlich scheint uns – für die Schweiz, wohlverstanden – der Aspekt der **Proliferationsgefahr** (Weitergabe von Stoffen, aus denen unter Umgehung bestehender internationaler Verträge nukleare Waffen gebaut werden können). Daher werden wir diesen Aspekt nicht weiter verfolgen.

### 6.3.6 Weitere Kriterien

Natürlich ist auch die „Volksgesundheit“ durchaus ein Aspekt der sozialen Nachhaltigkeit. Im Rahmen dieser Arbeit werden die gesundheitlichen Ziele (z.B. Schutz vor Luftschadstoffen, Strahlung usw.) jedoch im Abschnitt Umwelt behandelt.

Weitere Kriterien, die z.B. vom SIA<sup>86</sup> für den Wohnungsbau vorgeschlagen wurden, erachten wir im Energiebereich als wenig sinnvoll, da nicht sektorspezifisch. Dazu gehören Kriterien wie z.B. „Wohlbefinden“, „Sinnfindung“, „Bildungssystem“, „Politisches System / Rechtssystem“ (vgl. Partizipation), „Kultur“ etc. Sie werden deshalb nicht weiter verfolgt.

### 6.3.7 Fazit „Wirkungen auf die Gesellschaft“

Diese Diskussion führt zu einer **Beschränkung** auf die folgenden Wirkungskriterien für den Bereich **Gesellschaft**:

Kriterium	Mögliche Konkretisierung (Indikatoren)
Solidarität	Service Public
Partizipation	Zufriedenheit mit Partizipation
Individualität	Öko-Strom
	Datenschutz
Sicherheit	Nutzung
	Umwandlung

Tabelle 7: Zusammenfassung der gesellschaftlichen Nachhaltigkeitskriterien im Energiebereich

Im Vergleich mit den UVEK-Zielen ergibt sich eine gute Übereinstimmung:

- „Die landesweite Grundversorgung (Service Public)“
- „Den Schutz von Gesundheit und Wohlbefinden der Menschen und die Verhinderung von Unfällen.“

Es wurden aber zusätzliche Aspekte wie Partizipation und Individualität eingefügt.

<sup>86</sup> Vgl. z.B. SIA 2000, Kriterien für nachhaltige Bauten, S. 46.

## 6.4 Aktivitäts- und Energieeffizienzkriterien

### 6.4.1 Zielsetzung und Vorgehen

Die oben hergeleiteten Wirkungskriterien sind entscheidend für die Nachhaltigkeit des Energiebereichs, weil sie seine erwünschten und unerwünschten Wirkungen auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft direkt abbilden. Bei einer periodischen Erhebung beschreiben diese Kriterien (bzw. die zugehörigen Indikatoren), inwiefern sich das Energiesystem in Richtung Nachhaltigkeit entwickelt.

Nun stellt sich die Frage, welche Bestimmungsgründe („Drivers“) der Entwicklung der Wirkungsindikatoren zu Grunde liegen. Dabei ist unmittelbar einsichtig, dass hier der Endenergieverbrauch eine zentrale Rolle einnimmt. Daher haben wir bereits im Kapitel 3 die zwei Indikatortypen „Aktivität“ und „Energieeffizienz“ eingeführt, welche auf die Beschreibung der Verbrauchsentwicklung abzielen.

Im vorliegenden Abschnitt werden nun Kriterien für diese beiden Indikatortypen hergeleitet. Der Grund für die gleichzeitige Abhandlung der zwei Aspekte liegt darin, dass wir weitgehend auf dieselben Datengrundlagen zurückgreifen. Die Kriterien zu den Massnahmen der Energiepolitik werden anschliessend in einem eigenen Abschnitt abgehandelt.

### 6.4.2 Bestimmungsgründe des Energieverbrauchs

#### Allgemeine Betrachtungen

Der Endenergieverbrauch hat unmittelbaren Einfluss auf die Wirkungen des Energiebereichs im Sinne der Nachhaltigkeit. Im ökologischen Bereich sind bekanntlich der Verbrauch nicht-erneuerbarer Energieressourcen und die fossilen CO<sub>2</sub>-Emissionen sehr eng mit dem Endenergieverbrauch korreliert, doch auch die Luftschadstoffemissionen werden durch das Verbrauchsniveau beeinflusst. Der Verbrauch ist ferner mitbestimmend für die wirtschaftliche Bedeutung des Energiesektors (z.B. Beitrag zum BIP).

Für eine bottom-up Analyse kann der nationale Energieverbrauch in die verschiedenen Aktivitätsniveaus und die zugehörigen spezifischen Energieverbräuche zerlegt werden.<sup>87</sup>

$$\text{Energieverbrauch}_{\text{Gesamt}} = \sum_{i=1-n} [\text{Aktivitätsniveau}_i \times \text{spez. Verbrauch}_i]$$

Zum Beispiel kann der Energieverbrauch des Strassenpersonenverkehrs als Produkt aus Fahrleistung und spezifischem Treibstoffverbrauch ausgedrückt werden. Die Zerlegung ge-

---

<sup>87</sup> Zur Theorie der Energieverbrauchsanalyse, vgl. z.B. IEA 1997 p.72ff

schiebt üblicherweise nach den vier wirtschaftlichen Hauptsektoren (Verbrauchergruppen): Haushalte, Industrie, Dienstleistungen + Landwirtschaft, sowie Verkehr.

Die Verbrauchskomponente in obiger Gleichung widerspiegelt die energetische Effizienz der jeweiligen Aktivität. Das Aktivitätsniveau selbst ist Folge einer hochgradig komplexen, sozioökonomischen Entwicklung. So sind beispielsweise beim Verkehr eine ganze Reihe von Einflussgrössen im Spiel wie: Fahrzeuge pro Kopf, Siedlungsentwicklung, Preisniveau der Verkehrsmittel und Kaufkraft der Konsumenten, Freizeitausmass und Verhalten, Werthaltungen, usw. Die vollständige Abbildung von Kausalitätsketten und Wirkungszusammenhängen ist sehr schwierig und ist *nicht* das Ziel der vorliegenden Arbeit. Allerdings können oftmals sozioökonomische Schlüsselgrössen identifiziert werden – im Verkehr z.B. der Fahrzeugbestand pro Kopf – welche ursächlich besonders eng mit der Aktivitätsentwicklung verknüpft sind.

Neben den spezifischen Aktivitätsniveaus der Verbrauchergruppen gibt es sektorübergreifende Grössen, welche den Energieverbrauch direkt beeinflussen, so z.B. die Bevölkerungszahl, die klimatischen Bedingungen, Importpreise für Energie, usw.

### **Energieverbrauch Schweiz 1990 – 2000**

Das BFE führt jährlich ex-post Analysen des Energieverbrauchs in der Schweiz durch. Diese werden anhand von Modellen für die vier Verbrauchergruppen *Haushalte, Industrie, Dienstleistungen + Landwirtschaft, Verkehr* erstellt. Die Modellrechnungen erlauben den Nachvollzug der Verbrauchsentwicklung mit relativ hoher Genauigkeit. Die jüngste Analyse zieht eine Bilanz über den Zeitraum von 1990 bis 2000.<sup>88</sup>

Die Modellrechnungen sind für die Herleitung von Aktivitäts- und Effizienzkriterien hilfreich. Analytisch werden die folgenden Einflussgrössen unterschieden:

- Klima, ausgedrückt in Heizgradtagen
- Mengenkomponten: die sektoriellen Aktivitätsniveaus
- Technik & Politik: der spezifische Energieverbrauch der Aktivitäten (Energieeffizienz)
- Energiepreise

Aufgegliedert nach Verbrauchergruppen zeigt sich folgendes Bild:

---

<sup>88</sup> BFE 2000c. Die Verbrauchszahlen 2000 lagen bei Berichtserstellung noch nicht vor und wurden geschätzt.

Verbrauchergruppe	Verbrauch 2000 (Prognose)		Veränderung 1990/2000	
	PJ	%	PJ	%
Privathaushalte	247.4	28.3%	19.7	8.7%
Dienstleistungen und Landwirtschaft	175.6	20.1%	20.6	13.3%
Industrie	152.4	17.4%	6.0	4.1%
Verkehr	298.7	34.2%	41.7	16.2%
<b>Summe</b>	<b>874.1</b>	<b>100%</b>	<b>88.0</b>	<b>11.2</b>

Table 8: *Endenergieverbrauch nach Verbrauchergruppen: Prognose 2000 und Vergleich mit 1990. Quelle: BFE 2000c, p.11*

Von entscheidender Bedeutung für die Verbrauchszunahme von 88 PJ während der letzten 10 Jahre sind gemäss den Modellen die **Mengenkomponenten**, d.h. alle Arten von verbrauchsrelevanten Bestandesveränderungen wie: Bevölkerung, Wohnflächen, PW-Bestand, Elektrogeräte, ferner Flussgrössen wie die Industrieproduktion und ihre strukturelle Verschiebungen, Fahr- und Betriebsleistungen im Strassen- und Güterverkehr, usw.

Für sich allein genommen hätte diese Mengenkomponente den Energieverbrauch um 114 PJ erhöht. Rund 72 PJ dieses Verbrauchszuwachses wurden durch „**Technische Entwicklung und Politik**“ kompensiert, d.h. durch Massnahmen zur Effizienzsteigerung (hier inklusive vermehrter Einsatz erneuerbarer Energien).<sup>89</sup>

Als Folgerung für unsere Arbeit ergibt sich zum einen, dass die vier Verbrauchergruppen alle einen namhaften Anteil am Gesamtenergieverbrauch haben. Daher kann keine Gruppe einfach vernachlässigt werden. Zum anderen liegen auch die Entwicklungen der Aktivitäten („Mengenkomponenten“) und der Effizienzen in einer ähnlichen Grössenordnung, weshalb beide durch Indikatoren abgebildet werden sollten.

### Weitere Bestimmungsgründe der Nachhaltigkeitswirkungen

Der Energieverbrauch ist offensichtlich nicht die einzige Bestimmungsgrösse für die ökologischen Wirkungen des Energiebereichs. Ebenso wichtig sind die spezifischen Umweltbelastung pro produzierter oder konsumierter Energieeinheit. Das Beispiel der Luftschadstoffe zeigt, dass hier oftmals erheblicher Spielraum für technische Verbesserung besteht. Wir subsumieren diesen Aspekt des Energiesystems unter dem Stichwort der „Ökoeffizienz“.

#### 6.4.3 Fazit „Aktivitäts- und Energieeffizienzkriterien“

Welche Kriterien sind nun für die zwei Indikatorenklassen „Aktivität“ und „Effizienz“ zu definieren? Grundsätzlich fällt auf, dass der Kriterienbegriff hier nicht zwanglos anwendbar ist.

<sup>89</sup> BFE 2000c p.V

Im Abschnitt 2.1.3 hatten wir Nachhaltigkeitskriterien definiert als „Merkmale der Nachhaltigkeit, wie z.B. ein intaktes Klima“. Bei den oben hergeleiteten Wirkungskriterien handelt es sich grösstenteils um Schutzgüter, die es vor den negativen Wirkungen des Energiebereichs zu bewahren gilt.

Solche Schutzgüter sind im Bereich der Aktivitäten und Effizienzen wenig relevant. Aus Konsistenzgründen definieren wir nachstehend trotzdem Kriterien, wohl wissend, dass es sich dabei teilweise eher um Sammelbegriffe für bestimmte Indikatoren handelt. Zur Vermeidung von Überlappungen mit den Wirkungskriterien verzichten wir auf ein (von der Systematik her denkbares) zusätzliches Kriterium „ökologische Effizienz“.

Indikatortyp	Kriterien	Erläuterung
Aktivitäten	Sektorielle Aktivität	Niveau von Produktion und Konsum
	Sozioökonomische Struktur	Sektorielle Bestimmungsgründe der Aktivitätsniveaus
	Exogene Faktoren	Sektorübergreifende Bestimmungsgründe der Aktivitätsniveaus
Energieeffizienz	Effizienz der Bereitstellung	Effizienz der Bereitstellung von Endenergie
	Effizienz der Nutzung	Effizienz der Nutzung von Endenergie

Tabelle 9: Vorgeschlagene Aktivitäts- und Effizienzkriterien

## 6.5 Politikkriterien

### 6.5.1 Problemstellungen

Viele der in der Literatur vorgeschlagenen Indikatoren nehmen eine **Inputperspektive** ein, d.h. sie bewerten die Politik nach Massgabe der Mittel (Finanzen, etc.), die für bestimmte Aktivitäten (Politikmassnahmen) eingesetzt werden. Zwischen einer Erhöhung des Mitteleinsatzes und der Verbesserung des Outputs besteht jedoch nicht unbedingt ein zwingend positiver Zusammenhang. Vielmehr sei eine **Outputperspektive** einzunehmen, fordern seit Jahren die Vertreter des New Public Management. Würde diesem Postulat uneingeschränkt Folge geleistet, so dürften keine Politikindikatoren, sondern nur noch Wirkungsindikatoren herbeigezogen werden. Doch Wirkungsindikatoren lassen nur sehr beschränkt einen Rückschluss auf die Qualität der Politikmassnahmen und ihren Vollzug zu. Denn viele weitere externe Faktoren beeinflussen den Zustand eines Systems, wie z.B. wirtschaftliche Rahmenbedingungen, technische Neuerungen, gesellschaftliche Veränderungsprozesse, etc. Dennoch wäre es wünschenswert, der Politik Anhaltspunkte liefern zu können, ob ihre Massnahmen einen positiven Einfluss auf das Gesamtsystem haben oder nicht. Als Lösung

schlagen wir eine pragmatische Festlegung einer wirksamen Politik vor. Gestützt auf bisherige Erfahrungen und wissenschaftlich ausreichend gesicherte Wirkungszusammenhänge werden Politikindikatoren bestimmt.

Eine weitere Entscheidung betrifft die Auswahl der betrachteten **Akteure**. Betrachtet man nur Massnahmen des Staates (Bund, Kantone, Gemeinden?) oder sollen auch Aktivitäten der Haushalte und der Privatwirtschaft (soweit diese nicht durch Politikmassnahmen veranlasst wurden) in die Beurteilung einbezogen werden? Angesichts des Adressatenkreises dieser Arbeit und basierend auf unserer Offerte werden wir uns auf die staatlichen Akteure und hier hauptsächlich auf die Bundesebene konzentrieren.

Die Wirkungskriterien werden üblicherweise in die Bereiche **Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft** eingeteilt, wobei einige Kriterien auch dem Überlappungsbereich mehrerer Bereiche zugeordnet werden. Für die Politikkriterien hingegen scheint eine solche Differenzierung unpraktikabel und auch unnötig. Die geringe Zahl der anvisierten Kriterien/Indikatoren sowie die Tatsache, dass die meisten Instrumente nicht Veränderungen in ausschliesslich einem der erwähnten Bereiche anstreben, lassen diese Vereinfachung zu.

### 6.5.2 Herleitung der Kriterien

Kriterien, welche sich aus den Zielen der offiziellen schweizerischen Energiepolitik ableiten lassen und nicht bereits im Rahmen der in Kapitel 4 und 5 vorgestellten, früheren Arbeiten behandelt wurden, sind im Folgenden dargestellt.<sup>90</sup> Ergänzt wird diese Aufzählung durch eigene Überlegungen, an welchen Kriterien sich die schweizerische Energiepolitik messen lassen kann/muss:

- Vorhandensein von Nachhaltigkeitsstrategien im Energiebereich
- Erfolgreiche Umsetzung der Programme und der darin enthaltenen Ziele
- Kooperation mit den Kantonen und Gemeinden
- Kostenwahrheit: Internalisierung der externen Kosten
- Verstärkte Besteuerung von nichterneuerbaren Ressourcen
- Sichere Entsorgung/Lagerung der radioaktiven Abfälle
- Rechtlich verbindliche Standards, Normen, Verbote und Gebote, die den Einsatz energieeffizienter Technologien und Verfahren begünstigen
- Energiesparprogramme entwickeln und durchführen
- Förderung von erneuerbaren Ressourcen (Forschung/Subventionen)

---

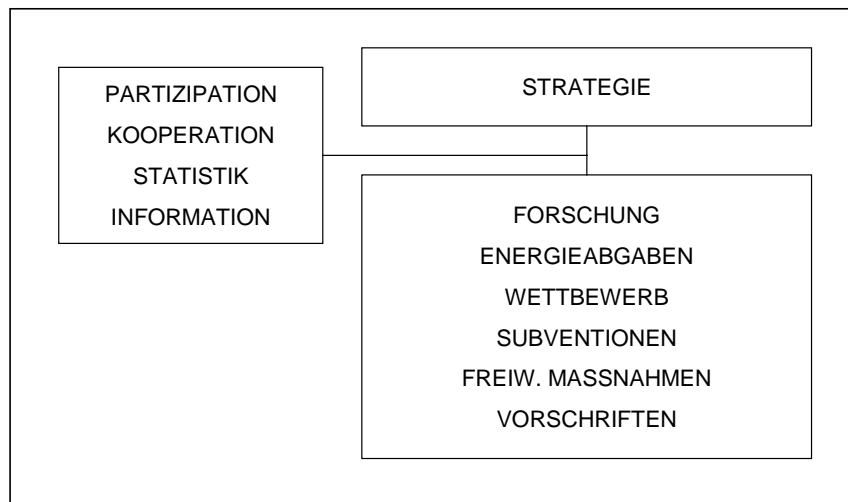
90 Das zur Einschätzung der Wirkung herbeigezogene Zielsystem (siehe Tabelle 11) stützt sich im Wesentlichen ab auf:  
- Im Rahmen dieser Studie hergeleitete Kriterien für Wirkungsindikatoren;  
- UVEK Strategie (vor allem Sachziele Energie);  
- Ziele von „EnergieSchweiz“.

Die im Bottom-Up Verfahren gefundene bunte Mischung von Politikzielen, Handlungsanweisungen und Beispielen staatlichen Aktivitäten wird hier auf 11 Kriterien verdichtet (Tabelle 10). Zu allgemeine Kriterien (z.B. Intensität der Energiepolitik, Förderung von Projekten mit einem Bezug zur nachhaltigen Entwicklung) wurden nicht weiter berücksichtigt. Die teilweise vorgeschlagene Erfolgskontrolle der Umsetzung durchgeführter Massnahmen ist mit ihrer ex-post-Perspektive nicht Teil eines „Frühwarnsystems“ und wird ebenfalls nicht weiterverfolgt.

Kriterium	Beschreibung
Strategie	Vorhandensein von Nachhaltigkeitsstrategien im Energiebereich; Integration von Strategien für nachhaltige Entwicklung in die Politikgestaltung
Partizipation	Miteinbezug der Bevölkerung in Räte für nachhaltige Entwicklung; Breite der Diskussion und Partizipation verbessern
Kooperation	Beteiligung an der internationalen Gesetzgebung; Zusammenarbeit mit den Kantonen/Gemeinden
Statistik	Informationen für die Entscheidungsfindung verbessern; Förderung von Statistiken, welche die Beurteilung der nachhaltigen Entwicklung erleichtern/verbessern
Information	Förderung von Weiterbildung, öffentlichem Bewusstsein und Informationsstand der Bevölkerung
Forschung	Forschungsförderung für Innovationen/Pilotanlagen und die Steigerung der Energieeffizienz
Energieabgaben	Besteuerung gemäss den Kriterien der Nachhaltigkeit; verstärkte Besteuerung von nichterneuerbaren Ressourcen; ökologische Steuerreform; Preissetzung gemäss den Kriterien der Nachhaltigkeit; Internalisierung externer Kosten
Wettbewerb	Wettbewerbsdruck im Energiesektor verstärken
Subventionen	Subventionen, welche die Verwendung erneuerbarer Ressourcen oder energieeffizienter Technologien belohnen
Freiwillige Massnahmen	Abkommen auf freiwilliger Basis mit der Industrie. Dazu zählen auch die Entwicklung und Durchführung von Energiesparprogrammen (Energie2000, EnergieSchweiz)
Vorschriften	Rechtlich verbindliche Standards, Normen, Verbote und Gebote, die den Einsatz energieeffizienter Technologien und Verfahren begünstigen

Tabelle 10: Zusammenfassung und Beschreibung der Kriterien

An erster Stelle der Liste steht die Frage nach einer Nachhaltigkeitsstrategie im Energiebereich. Die darauf folgenden vier Kriterien haben eine massnahmenübergreifende „Stabsfunktion“, während in der Folge die eigentlichen Handlungsinstrumente des Bundes aufgezählt werden. Diese grundsätzliche Verschiedenartigkeit der Kriterien wird in Figur 14 grafisch umgesetzt.



Figur 14: Struktur der Politikkriterien im Energiebereich

### 6.5.3 Auswahl der relevanten Politikkriterien

Anhand dreier Auswahlkriterien werden nun diejenigen Instrumente bestimmt, welche für das zu bildende Indikatorensystem am aussagekräftigsten sind.<sup>91</sup>

- **Beitrag zur Zielerreichung:** Einschätzung der potenziellen (oder bereits bekannten) Wirkung der einzelnen Instrumente auf die verschiedenen Ziele der schweizerischen Energiepolitik. Damit wird gleichzeitig die Eignung sowie die Übereinstimmung der einzelnen Aktivitäten mit den offiziellen Politikzielen berücksichtigt.<sup>92</sup>
- **Dringlichkeit:** Einschätzung des mittelfristigen Handlungsbedarfes bezüglich der Ziele. Der Handlungsbedarf wächst mit einer zunehmenden Soll-Ist-Diskrepanz und kann sich somit im Verlaufe der Jahre ändern. Dem muss bei einer allfälligen Überarbeitung des Indikatorensystems Rechnung getragen werden.

<sup>91</sup> Die Einschätzung wird gemäss folgender Skala vorgenommen:

(0) negativ  
(1) unklar/gering  
(2) mittel  
(3) hoch

<sup>92</sup> Es scheint vielleicht unangemessen, den Nachhaltigkeitsgrad einer Politik an deren eigenen Zielen messen zu wollen. Tatsächlich wäre ein solches Vorgehen in vielen Ländern unzulässig. Für den Fall der Schweiz, welche sich in ihrer Verfassung zum Prinzip der nachhaltigen Entwicklung bekennt und dieses Prinzip in der Departementsstrategie des „Energeministeriums“ noch konkretisiert, scheint ein solches Vorgehen hingegen statthaft.

- **Potenzial:** Darunter verstehen wir die Möglichkeit, ein noch relativ unterentwickeltes Instrument in der Schweizer Energiepolitik vermehrt einzusetzen. Es macht wenig Sinn, den Einsatz eines Instrumentes zu fordern, dessen Potenzial praktisch ausgeschöpft wurde. Auch diese Einschätzung muss periodisch überprüft werden.

Umwelt	Lufthygiene/Klima (CO <sub>2</sub> -Emissionen verringern)
	Radioaktive Emissionen/Sichere Lagerung
	Ressourcen schonen
	Lebensräume schützen
Wirtschaft	Versorgungsqualität aufrecht erhalten
	Preisniveau optimieren
	Innovationskraft erhalten/Effiziente Leistungserbringung
	Stabilität sicherstellen
Gesellschaft	Service Public aufrechterhalten
	Partizipation gewährleisten
	Individualität sicherstellen
	Unfälle vermeiden/Sicherheit gewährleisten

*Tabelle 11: Zielsystem der zur Einschätzung der Politikskriterien (eigene Darstellung basierend auf den hergeleiteten Wirkungskriterien; Erläuterungen zu den hier nur als Stichwort aufgeführten Zielen finden sich in den vorangehenden Abschnitten)*

Kriterium	Beitrag zur Zielerreichung (Wirkung)												Potenzial
	Lufthygiene/Klima (CO2-Emissionen verringern)	Radioaktive Emissionen/Sichere Lagerung	Ressourcen schonen	Lebensräume schützen	Versorgungsqualität aufrecht erhalten	Preisniveau optimieren	Innovationskraft erhalten/Effiziente Leistungserbringung	Stabilität sicherstellen	Service Public aufrechterhalten	Partizipation gewährleisten	Individualität sicherstellen	Unfälle vermeiden/Sicherheit gewährleisten	
Strategie	2	2	1	1	2	1	1	1	2	2	1	2	2
Partizipation	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	1	1
Kooperation	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
Statistik	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Information	1	1	1	2	1	1	2	1	1	3	3	3	2
Forschung	2	1	2	3	3	1	1	1	1	1	1	3	2
Energieabg.	3	1	2	3	3	3	3	3	0	1	1	2	3
Wettbewerb	0	0	0	2	2	3	2	3	0	0	0	0	3
Subventionen	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1	1	1	2
Freiw. Massn.	3	2	1	2	1	1	1	1	2	1	1	2	2
Vorschriften	3	3	2	3	2	2	1	2	2	1	1	3	3
Dringlichkeit	3	1	1	3	2	1	3	1	2	1	1	1	--

Tabelle 12: Schätzung der Wirkungen sowie des Handlungsbedarfes (Legende siehe Fussnote 91).

Ausgehend von den Werten in Tabelle 12 werden nun diejenigen Kriterien mit einem hohen Beitrag zur Zielerreichung ausgewählt. Dazu wurden die Schätzwerte der Wirkung eines Instruments auf ein Ziel mit den beiden zugehörigen Schätzwerten der Dringlichkeit bzw. des Potentials eines Ziels multipliziert.

Beispiel: Die Wirkung der Internalisierung auf das Ziel „Unfälle vermeiden/Sicherheit gewährleisten“ wird als „mittel“ eingeschätzt (Wert 2). Multipliziert mit der Dringlichkeit („gering“, 1) und dem Potential („hoch“, 3) ergibt sich eine Bewertung von 6.

Die so erhaltenen Werte wurden horizontal addiert. Die resultierende Randsumme lässt sich als Gradmesser der Relevanz eines Instruments interpretieren.<sup>93</sup> Man mag die Werte in Tabelle 12 – die auf der subjektiven Einschätzung der Bearbeiter beruhen – vielleicht kritisieren. Die auf ihr basierende Auswahl hat aber mindestens zwei Vorzüge: Sie ist nicht zufällig zu Stande gekommen, und sie wurde in einer transparenten Weise durchgeführt.

#### 6.5.4 Fazit „Politikkriterien“

Die Beschränkung auf maximal acht Indikatoren zwingt uns zu einer Auswahl bereits auf Stufe der Kriterien. Gestützt auf die oben durchgeführte Analyse stehen im Energiebereich folgende Instrumente (Kriterien) im Vordergrund:

Kriterium	Randsumme
Kooperation	76
Information	64
Forschung	72
Energieabgaben	138
Wettbewerb	66
Subventionen	64
Freiwillige Massnahmen	66
Vorschriften	129

Tabelle 13: Zusammenfassung der Politikkriterien im Energiebereich.

<sup>93</sup> Die nicht ausgewählten Instrumente sind nicht irrelevant, aber u.E. weniger relevant als die ausgewählten.

## 7 Indikatoren für den Energiebereich


Nachstehend werden zu jedem der in Kapitel 6 definierten Kriterien ein oder mehrere Indikatoren hergeleitet.

### 7.1 Wirkungen auf die Umwelt

Anmerkung: Die nachfolgende Diskussion beschränkt sich zunächst auf die direkten Umweltwirkungen der in der Schweiz produzierten und konsumierten Energieträger. „Graue“ Umweltwirkungen, d.h. der Energieverbrauch und Emissionen, welche im Ausland bei der Produktion von in der Schweiz konsumierten Energieträgern und anderen Gütern anfallen, werden im Abschnitt 7.1.7 diskutiert. Das gleiche gilt für die Frage des Erfassungsprinzips beim Treibstoffverbrauch und die resultierenden Emissionen (Territorial-, Absatz-, Verursacherprinzip).

#### 7.1.1 Ressourcen

Das Kriterium Ressourcen bezeichnet den Verbrauch nichterneuerbarer Ressourcen sowie die Beanspruchung erneuerbarer Ressourcen durch das Energiesystem der Schweiz. Wir schlagen den folgenden Indikator vor:

 Primärenergieverbrauch [PJ/a, differenziert nach Energieträgern]; gewünschte Entwicklung: ↓

Der Primärenergieverbrauch der Schweiz wird jährlich nach den Richtlinien der Internationalen Energieagentur erhoben und ist somit ohne Zusatzaufwand verfügbar. Die Gesamtenergiestatistik weist hingegen nicht den Primärenergieverbrauch, sondern den Bruttoenergieverbrauch aus. Dieser setzt sich aus Primärenergiekomponenten (z.B. Rohölverbrauch) und Endenergiekomponenten (z.B. importierter Strom) zusammen.

Die folgenden Indikatoren wurden verworfen:

- Endenergieverbrauch: gibt die Umweltbelastung (Ressourcenverzehr) nur ungenügend wieder.
- Verbrauch nicht-energetischer Ressourcen (z.B. Metallerze, Kies): Belastung durch das Energiesystem von untergeordneter Bedeutung; zudem Möglichkeit des Recycling.
- (Über-)Beanspruchung natürlicher Ressourcen: Beim Schweizer Wald ist eine Übernutzung zur Energieholzgewinnung auf absehbare Zeit kein Thema; zudem wird die Nachhaltigkeit der Waldbewirtschaftung durch die Forstindikatoren des BUWAL abgedeckt (vgl. Abschnitt 4.2.2). Die Beanspruchung der erneuerbaren Ressource „Wasser“ wird unter dem Kriterium „Lebensräume“ abgehandelt.

### 7.1.2 Flächen, Landschaft, Lebensräume

Dieses Kriterium bezeichnet die Beanspruchung von Flächen und die Belastung von Landschaft und Lebensräumen durch das Energiesystem. Wie schlagen die folgenden Indikatoren vor:

- ⚡ Konfliktpotenzial von Übertragungsleitungen [km Leitungen, differenziert nach geringem, mittlerem, hohem Konfliktpotenzial]; gewünschte Entwicklung: ↓
- ⚡ Belastung der Fließgewässer durch Wasserkraftnutzung [km ungenutzte, leicht, mittel oder stark genutzte Gewässer]; gewünschte Entwicklung: ↓

#### Übertragungsleitungen

Der Indikator Übertragungsleitungen kann auf den Sachplan Übertragungsleitungen<sup>94</sup> (SÜL) aufbauen. Im Rahmen des SÜL werden Neu- und Ausbautvorhaben im Hoch- und Höchstspannungsbereich (132–380 kV) anhand von Nutz- und Schutzkriterien beurteilt.

Besonders relevant sind für unsere Fragestellung die Kriterien zum Schutz der Bevölkerung vor nichtionisierender Strahlung sowie zum Schutz von Natur und Landschaft (vgl. Box 4). Hier klassifiziert der SÜL zunächst das Konfliktpotenzial von Ausbautvorhaben anhand der Dreier-Skala: „kein Konflikt zu erwarten“ / „Konflikt zu erwarten“ / „No-Go“, und gibt Anweisungen zur Konfliktlösung (Stufe „Zwischenergebnis“). Die Beurteilung wird durch das BFE unter Beizug einer Begleitgruppe mit Vertretern der Bundesverwaltung, der Elektrizitätswirtschaft, der SBB und der Umweltverbände vorgenommen.

Zur Entwicklung des vorgeschlagenen Indikators kann dieses Beurteilungsverfahren sinngemäss auf die bestehenden Leitungen übertragen werden. Dabei schlagen wir eine Beschränkung auf das Kriterium Natur- und Landschaftsschutz gemäss Definition SÜL vor. Der resultierende Indikator bildet die Wirkungen des Freileitungsnetzes auf Landschaft und Bevölkerung zwar unvollständig ab, weil er lediglich den Konflikt mit inventarisierten Gebieten und Objekten erfasst. Dank der umfassenden Natur der betreffenden Inventare<sup>95</sup> ist der Indikator aber trotzdem aussagekräftig, vor allem was die Entwicklung im Zeitverlauf anbelangt.

Box 4 geht näher auf die SÜL-Kriterien sowie die Beurteilungsskala für die zwei Teilkriterien „Natur- und Landschaftsschutz“ und (ergänzend) „Immissionsschutz“ ein.

<sup>94</sup> BFE 2000a

<sup>95</sup> Der SÜL berücksichtigt in seinen Beurteilungen namentlich die folgenden nationalen Inventare: schützenswerten Landschaften und Naturdenkmäler (BLN), Flachmoore, Hochmoore, Moorlandschaften, Jagdbanngebiete, Auerhühner, Auengebiete, Wasser- und Zugvögel, Inventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz (ISOS). Vgl. z.B. BFE 2000a, A1 Erläuternder Bericht, p.28

**Box 4: Schutzkriterien des Sachplans Übertragungsleitungen (SÜL)**

Der SÜL beurteilt Neu- und Ausbauvorhaben für Hochspannungsleitungen anhand der folgenden Schutzkriterien:

<u>Kriterium</u>	<u>Teilkriterium</u>
Immissionsschutz	Schutz vor nichtionisierender Strahlung
Natur- und Landschaftsschutz	Schutz von inventarisierten Landschaften, Naturdenkmälern und Ortsbildern
	Wald
	Seen und Flüsse
	Landschaftsbild / Erholungsqualität
Andere Raumnutzungsansprüche	Siedlungsgebiete
	Landwirtschaftliche Nutzflächen
	Zivilluftfahrt
	Militärluftfahrt und militärische Anlagen

Die Beurteilung der Bauvorhaben erfolgt anhand der folgenden Skala (Auszug):

<u>Skala / Note</u>	<u>Umschreibung für Kriterium Immissionsschutz</u>	<u>Umschreibung für Kriterium Schutz N+L</u>
a) kein Konflikt zu erwarten	Korridor führt nicht durch Siedlungsgebiete oder Bauzonen; keine Gebäude im Korridor	Keine inventarisierten Landschaften, Naturdenkmäler und Ortsbilder von nationaler Bedeutung betroffen
b) Konflikt zu erwarten	Objekte gemäss a) werden tangiert, aber Verordnung über Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) kann eingehalten werden	Objekte gemäss a) unmittelbar an der Perimetergrenze oder im Perimeter betroffen
c) No-Go	Immissionsgrenzwerte gemäss NISV können nicht eingehalten werden	Hoch- und Flachmoore oder Moorlandschaften von nationaler Bedeutung durch bauliche Massnahmen betroffen (z.B. Maststandort).

**Wasserkraft und Fliessgewässer**

Ziel ist es, den Grad der durch die Wasserkraftnutzung verursachten Gewässerbelastung abzubilden. Die Wirkungszusammenhänge zwischen den Einwirkungen durch Kraftwerksanlagen und den effektiven Gewässerbelastungen sind z.T. äusserst komplex. Diese Komplexität wird durch die untenstehenden Matrix illustriert, welche im Rahmen des EAWAG-Projektes „Ökostrom aus Wasserkraft“ entwickelt wurde und die grundsätzlichen Einwirkungsbereiche abbildet:

Management-Bereiche des Kraftwerks/ Umweltbereiche	Restwasser- Management	Schwall-/Sunk- Management	Stauraum- Management	Geschiebe- Management	Anlagen- Gestaltung
Hydrologie					
Vernetzung					
Morphologie					
Landschaft					
Lebens- Gemeinschaften					

Figur 15: Managementbereiche des Kraftwerks und deren grundsätzlichen Einwirkungsbereiche auf die Umwelt gemäss dem EAWAG-Projekt „Ökostrom aus Wasserkraft“.

Aus der Komplexität der obigen Matrix ist ersichtlich, dass es nicht möglich ist, die durch die Wasserkraftnutzung verursachte Gewässerbelastung mittels eines einzelnen Indikators mit genügender Sicherheit abzubilden. Neben den in der Matrix dargestellten möglichen Einwirkungen der Wasserkraftnutzung auf die Gewässer gibt es noch weitere Einflüsse wie z.B. die Einleitung von Abwässern oder die Freizeitnutzung. Dies erschwert die Erfassung der Einflüsse der Wasserkraftnutzung zusätzlich. Aus diesen Gründen schlagen wir vor, auf einen indirekten Indikator auszuweichen, der die Nutzung der Fliessgewässer aus einer rechtlichen und Zertifizierungsperspektive charakterisiert.

Die EAWAG-Matrix wird auch im Rahmen der Zertifizierung des Schweizer Ökostromlabels Naturemade-Star verwendet. Trägerorganisation ist der Verein für umweltgerechte Elektrizität, VUE. Wasserkraftwerke, welche das gesetzliche Verfahren der Neukonzessionierung durchlaufen, erfüllen die Bedingungen des neuen Gewässerschutzgesetzes von 1991 (GSchG). Die Anforderungen des GSchG sind in den zentralen Bereichen mit denjenigen der EAWAG-Matrix deckungsgleich. Abweichungen insbesondere im Bereich Schwall-/Sunk-Management und Anlagengestaltung werden im Rahmen einer Neukonzessionierung über das Fischereigesetz behandelt. Gemäss Art. 80 des GSchG werden die durch Wasserentnahmen wesentlich beeinflussten Gewässer bis 2007 auch ohne Neukonzessionierung soweit saniert, als dies ohne entschädigungsbegründende Eingriffe in bestehende Wassernutzungsrechte möglich ist.

Vor diesem Hintergrund schlagen wir die folgende Einteilung in ungenutzte, leicht, mittel und stark genutzten sowie nicht beurteilbare Gewässerstrecken vor:

- Ungenutzt: Gewässerstrecken, welche gemäss dem hydrologischen Atlas der Schweiz des Bundesamtes für Wasser und Geologie (BWG) nachweislich nicht im Einflussbereich eines Wasserkraftwerks liegen (vgl. z.B. Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 1992, Kap. 5.3).

- Leicht genutzt: Gewässerstrecken, welche im Konzessionsperimeter eines neukonzessionierten oder Naturemade-Star-zertifizierten Kraftwerks liegen.
- Mittel genutzt: Unter diese Kategorie könnten vermutlich nach Art. 80 GSchG sanierte Gewässerstrecken fallen. Da es zur Zeit noch keine gemäss Art. 80 GSchG sanierten Gewässerstrecken gibt und die Vollzugspraxis in diesem Gebiet nicht zum Voraus abgeschätzt werden kann, ist eine definitive Zuteilung dieser Gewässerstrecken zur Zeit nicht möglich.
- Stark genutzte oder nicht beurteilbar: Gewässerstrecken, welche zu keiner der oben genannten Kategorien gehören, können entweder als stark genutzt oder nicht beurteilbar bezeichnet werden. Weitere Hinweise für diese Gewässerstrecken könnten allenfalls die folgenden, laufenden Untersuchungen erbringen, sofern der Wirkungszusammenhang Kraftwerksnutzung-Umwelteinwirkung daraus hervorgeht: BUWAL-Projekt Ökomorphologie (Stufenmodulkonzept), EAWAG/BUWAL-Projekt Fischnetz (Ergründung Ursachen Fischrückgang/Fischkrankheiten in der Schweiz).


Bei diesem Vorschlag werden allfällige Neubauten (z.B. neue Kraftwerke) nicht berücksichtigt. Diese sind aber derzeit auch wenig wahrscheinlich.

### Verworfenne Indikatoren

- kumulierte Flächenbeanspruchung durch das Energiesystem: wenig aussagekräftig, da für die Nachhaltigkeit weniger das absolute Ausmass der Flächenbeanspruchung als die Art der beanspruchten Flächen entscheidend ist. Die gegenwärtig im Ökoinventar Energiesysteme verwendete Beschreibung der Flächenbeanspruchung ist wenig anschaulich.

### 7.1.3 Klima

Das Kriterium Klima bezeichnet den Beitrag des Energiebereichs zur anthropogenen Klimaerwärmung. Wir schlagen den folgenden Indikator vor:

 Treibhausgasemissionen [t CO<sub>2</sub>-Äquivalente /a]; gewünschte Entwicklung: ↓

Das CO<sub>2</sub> aus der Verbrennung fossiler Energieträger ist das mit Abstand wichtigste Treibhaus, in der Schweiz wie auch weltweit. Zusätzlich belastet der Energiebereich das Klima durch Emissionen der Treibhausgase Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) sowie verschiedener Vorläufersubstanzen (NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC, SO<sub>2</sub>).




Der Indikator soll mindestens die Emissionen von CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O erfassen, deren Klimawirkung routinemässig aggregiert wird (Umrechnung in CO<sub>2</sub>-Äquivalente). Die Klimawirkung der Vorläufersubstanzen ist mit grösseren Unsicherheiten behaftet. Namentlich beim Luftverkehr sind die Vorläuferemissionen aber ähnlich oder sogar stärker treibhauswirksam als die direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen, weil sie in grosser Höhe ausgestossen werden; das genaue Aus-

mass dieses Effekts ist aber umstritten. Der Einbezug der Vorläufer in den Indikator ist deshalb zu prüfen und nach Möglichkeit zu realisieren.

Die stark treibhauswirksamen fluorierten Gase (PFC; HFC, SF<sub>6</sub>) sind im Energiebereich von untergeordneter Bedeutung. Erwähnenswert ist der Einsatz von SF<sub>6</sub> als Isoliergas in Schaltanlagen der Stromversorgung. Zur effektiven Bedeutung dieser Emissionsquelle liegen uns gegenwärtig keine Daten vor.

#### 7.1.4 Lufthygiene

Das Kriterium Lufthygiene umfasst die Luftschadstoffemissionen des Energiebereichs. Diese beeinträchtigen einerseits die menschliche Gesundheit, tragen aber auch zur Versauerung und Überdüngung von Gewässern und Böden bei. Wir schlagen die folgenden Indikatoren vor:

-  PM<sub>10</sub>-Emissionen [t/a]; gewünschte Entwicklung: ↓
-  NO<sub>x</sub>-Emissionen [t/a]; gewünschte Entwicklung: ↓
-  NMVOC-Emissionen [t/a]; gewünschte Entwicklung: ↓

Feinstaub (PM<sub>10</sub>) ist der übliche Leitindikator für die Belastung der Atemluft in Siedlungsgebieten. Stickoxide (NO<sub>x</sub>) sind die wichtigsten versauernden und eutrophierenden Emissionen des Energiebereichs. Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe (NMVOC) sind einer der Vorläufer für bodennahes Ozon und damit mitverantwortlich für den so genannten Sommersmog. Bei allen drei Indikatoren entfällt ein erheblicher (PM<sub>10</sub>, NMVOC) bis überwiegender (NO<sub>x</sub>) Anteil der gesamten Emissionen in der Schweiz auf den Energiebereich.<sup>96</sup>



Verworfenen Indikatoren:

- Durch den Energiebereich verursachte Schadstoffemissionen: Die Bestimmung der Schadstoffkonzentrationen in der Luft bedingt, im Gegensatz zu den Emissionen, Annahmen zur Schadstoffausbreitung. Der angemessene Einbezug grauer Emissionen wird dadurch erschwert. Überdies wird die ökologische Wirkung der Stickoxide (Versauerung und Eutrophierung durch Stickstoff-Deposition) besser durch den Emissionsindikator abgebildet.
- Krankheits- und Todesfälle infolge energiebedingter Luftverschmutzung: Solche Indikatoren erfordern weitergehende Annahmen und Modellierungen. Sie sind daher weniger transparent und kontroverser als reine Frachtindikatoren. Zudem würde dadurch die ökologische Bedeutung der Luftschadstoffemissionen unterschlagen (z.B. Eutrophierung, Versauerung).

<sup>96</sup> Quellen z.B.: BUWAL 1995b und BUWAL 2001a

### 7.1.5 Radioaktivität

Das Kriterium Radioaktivität beschreibt die radioaktiven Emissionen aus der nuklearen Versorgungskette, einschliesslich der Problematik der radioaktiven Abfälle. Wir schlagen die folgenden Indikatoren vor:

-  Radioaktive Emissionen in Luft und Gewässer [ $\text{Bq}^{97}$  über Zeitraum X]; gewünschte Entwicklung: ↓
-  Radioaktive Abfälle [ $\text{m}^3/\text{a}$ , differenziert nach notwendigen Einschlusszeiten]; gewünschte Entwicklung: ↓

#### Radioaktive Emissionen

Wegen der Komplexität der nuklearen Versorgungskette ist es nicht ganz einfach, hier geeignete Indikatoren zu finden. Radioaktive Emissionen fallen einerseits auf der ganzen Versorgungskette an, von der Urangewinnung bis zur Abfallentsorgung. Andererseits resultieren Emissionen über einen sehr langen Zeitverlauf, wie im Abschnitt 6.1.2 angesprochen: Abraumhalden aus der Uranaufbereitung bleiben über viele tausend Jahre eine mögliche Quelle von Emissionen, und bei den mittel- und hochaktiven Abfällen aus dem Betrieb der Kernkraftwerke dauert es sogar hunderttausende bis Millionen Jahre, bis die Aktivität auf ein unbedenkliches Mass abgeklungen ist.

Der Indikator „radioaktive Emissionen in Luft und Gewässer“ muss deshalb nicht nur die Emissionen in einem bestimmten Jahr erfassen, sondern auch die in diesem Jahr verursachten, zukünftigen Emissionen. Diese sind nicht zuletzt abhängig von der zukünftigen Ausgestaltung der Versorgungskette, z.B. von der Abdichtung von Abraumhalden und Endlagerstätten, und können deshalb nur näherungsweise abgeschätzt werden. Trotzdem scheint uns der Indikator aussagekräftig, sofern die grauen Emissionen ausserhalb der Schweiz mit abgebildet werden und damit aufgezeigt wird, dass die Schweizer Kernkraftnutzung auch jenseits der Grenze Belastungen verursacht – bei der Brennstoffgewinnung und Aufbereitung, sowie möglicherweise in Zukunft auch bei der Abfallentsorgung.

#### Radioaktive Abfälle

Die Produktion langlebiger radioaktiver Abfälle ist, unabhängig von der Qualität der Entsorgungslösungen, aus Sicht der Nachhaltigkeit bedenklich. Die zukünftigen Generationen werden sich mit diesen Abfällen und den damit verbundenen Risiken gezwungenermassen befassen müssen. In diesem Sinne stellen die Abfälle einen Eingriff in die Entscheidungsfreiheit der zukünftigen Generationen dar, ganz ähnlich dem Verbrauch nichterneuerbarer Energieträger. Der Indikator „Radioaktive Abfälle in  $\text{m}^3/\text{a}$ , nach notwendigen Einschlusszeiten“ ist in diesem Sinne eher ethischer als ökologischer Natur. Er zeigt auf, dass sowohl eine Redukti-

---

<sup>97</sup> 1 Becquerel (Bq) = 1 radioaktiver Zerfall pro Sekunde

on der produzierten Volumina als auch eine Reduktion der notwendigen Einschusszeiten zur Problemschärfung beiträgt.

### Verworfen Indikatoren

Der Indikator zur den radioaktiven Emissionen in Becquerel ist für sich alleine wenig anschaulich und sagt zudem nichts aus über die durch die Strahlung verursachten Schäden. Alternativen wären z.B. folgende Indikatoren:

- durchschnittliche verursachte Strahlungsdosis in der Bevölkerung [Sievert<sup>98</sup>]
- durch die Strahlung verursachte Todesfälle [Personen]
- durch die Strahlung verlorene Lebensjahre [DALY<sup>99</sup>]

Der Nachteil dieser Alternativindikatoren liegt darin, dass sie zusätzliche Annahmen und Modellierungen erfordern, welche – zumal über längere Zeiträume hinweg – mit Unsicherheiten behaftet sind und deshalb viel Raum für kontroverse Diskussionen bieten. Zudem fokussieren sie auf die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und implizieren deshalb, dass radioaktive Strahlung unbedenklich ist, wenn keine Personen betroffen sind – eine Forderung, die ökologisch zwar nicht ganz einfach zu widerlegen ist, aber unter dem Titel der Nachhaltigkeit eher kontrovers sein dürfte.

Ein drittes Argument gegen die drei Alternativen ist die Konsistenz mit den Indikatoren der übrigen Kriterien, namentlich der Lufthygiene: Auch dort könnten Dosis- oder Schadensindikatoren (z.B. Krankheitsfälle durch Luftverschmutzung) definiert werden, wurden aber zu Gunsten von Emissionsindikatoren verworfen. Selektive Verwendung emotional beladener Indikatoren wie z.B. „Verlorene Lebensjahre“ für Radioaktivität müsste den Vorwurf einer Ungleichbehandlung der Kernkraft nach sich ziehen.

Wir bleiben daher beim vorgeschlagenen Indikator in Becquerel. Die Anschaulichkeit kann verbessert werden, indem z.B. der natürliche Aktivitätseintrag in Luft und Gewässer als Vergleichswert herangezogen wird.

#### 7.1.6 Nichtionisierende Strahlung

Die Bedeutung der nichtionisierenden Strahlung (NIS) für die menschliche Gesundheit ist, wie im Abschnitt 6.1.2 angesprochen, nicht ausreichend geklärt. Provisorisch schlagen wir den folgenden Indikator vor:

<sup>98</sup> Sievert ist ein Mass für die aufgenommene Strahlungsdosis, welches die unterschiedliche Wirkung verschiedener Strahlungstypen (Alpha-, Beta-, Gammastrahlung, Neutronen) auf die Körpergewebe mit Äquivalenzfaktoren berücksichtigt.

<sup>99</sup> DALY, *Disability-adjusted life years*, ist ein in der Ökobilanzierung gebräuchliches Mass für verlorene Lebensjahre, welches auch den Verlust an Lebensqualität infolge Erkrankungen bis zum Tod berücksichtigt. Vgl. z.B. Frischknecht et al. 2000.

🏠 Belastung durch Übertragungsleitungen (Freileitungen) [Anzahl Personen]; gewünschte Entwicklung: ↴

Erhebungen zur Anzahl der Personen im Einflussbereich von Stromübertragungsleitungen liegen bislang keine vor.<sup>100</sup> Die Liberalisierung des Strommarkts und der damit verbundene, intensivere Stromhandel könnte jedoch eine Verschärfung des Problems mit sich bringen, da die magnetische Feldstärke proportional zum Stromfluss zunimmt. Zur Verminderung des Erfassungsaufwandes könnte der Indikator auf die Höchstspannungsleitungen beschränkt werden. Als „belastet“ würden jene Gebiete gelten, in denen die durch Freileitungen verursachte magnetische Feldstärke der Frequenz 50 Hz über einer – noch zu definierenden – „üblichen“ Belastung durch Elektroinstallationen etc. liegt. Alternativ könnten die Anlagen-grenzwerte der NIS-Verordnung (= Immissionsgrenzwerte im Anlagenumfeld) als Massstab dienen.

Folgende Indikatoren wurden vorläufig verworfen, sind aber in einer vertieften Abklärung nochmals in Erwägung zu ziehen:

- Mittlere NIS-Belastung der Bevölkerung [ $\mu\text{T}$  bei 50 Hz<sup>101</sup>]: Die Belastung durch Magnetfelder ist stark von der Distanz zur Quelle abhängig. Individuelles Verhalten, z.B. die Positionierung eines Radioweckers nahe beim Bett, kann die Belastung spürbar erhöhen. Eine rechnerische Bestimmung der mittleren Belastung der Bevölkerung ist deshalb nicht sinnvoll; vielmehr sind Messexperimente mit einer grösseren Anzahl von Probanden notwendig. Die Ermittlung von Zeitreihen wäre deshalb aufwendig; zudem wäre die Aussagekraft wegen der inhärenten Unsicherheiten möglicherweise beschränkt.<sup>102</sup>
- Subjektive Belästigung durch NIS [Anzahl Personen]: Neuste Forschungsergebnisse belegen, dass es Menschen gibt, die elektromagnetische 50 Hz-Wechselfelder bewusst wahrnehmen können („Elektrosensitivität“) oder deren Wohlbefinden und Verhalten beeinflusst werden („Elektrosensibilität“).<sup>103</sup> Die Elektrosensibilität weist allerdings subjektive Komponenten auf: Zum einen ist nur ein kleiner Teil der subjektiv elektrosensiblen Personen auch messbar elektrosensitiv. Andererseits kann Elektrosensibilität mit Hilfe der Psychotherapie teilweise auch überwunden werden. Es ist daher zweifelhaft, ob regelmässige Befragungen im Stil „Fühlen Sie sich durch energiebedingten Elektromog belastet?“ aussagekräftige Resultate hervorbringen würde.
- Informiertheit über Elektromog [Anzahl gut, mittel, schlecht informierte Personen]: Die Information der Bevölkerung über NIS ist wichtig, weil die Belastung wie oben angesprochen durch individuelle Verhaltensmassnahmen optimiert werden kann. Eine repräsentative Bevölkerungsgruppe könnte deshalb periodisch befragt werden, wie sie ihre eigene

<sup>100</sup> Quelle: BFS & BUWAL 1997, p.185

<sup>101</sup> Mikrottesla ( $\mu\text{T}$ , = 1 Millionstel Tesla) ist das übliche Mass für die magnetische Feldstärke (Flussdichte). Hertz (Hz) ist das Mass für die Feldfrequenz; das Schweizer Stromnetz hat eine Frequenz von 50 Hz (SBB-Netz 16 2/3 Hz).

<sup>102</sup> Vgl. Stratmann et al. 1995 sowie Joss 1995 für die Beschreibung eines solchen Experiments. Bezüglich Messungenauigkeiten, vgl. auch BUWAL 1998a p.25.

<sup>103</sup> Vgl. Müller & Schierz 2001

Informiertheit zum Thema einschätzt. Eigentlich handelt es sich hier um einen Politikindikator (Response), der über die Wirkungen des Energiebereichs nur indirekt Aufschluss gibt. Aus Aufwandgründen ist er höchstens in Verbindung mit weiteren befragungs-basierten Indikatoren in Betracht zu ziehen.

### 7.1.7 Graue Umweltwirkungen und Erfassungsprinzip

#### Graue Emissionen

Das BUWAL<sup>104</sup> hat erstmals die grauen Treibhausgas-Emissionen der Schweiz im Ausland bestimmt (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC, SO<sub>2</sub>). Erfasst werden die – mengenmässig dominierenden – Bereitstellung importierter Energieträger, ferner der Import von Nahrungsmitteln und Produktionsmitteln der Landwirtschaft sowie näherungsweise die übrigen Güterimporte. Güterexporte werden über eine Saldierung berücksichtigt. Dies gilt namentlich für den Stromexport.

Die Berechnungen basieren im wesentlichen auf dem Ökoinventar Energiesysteme. Die periodische Aktualisierung ist gemäss Auskunft des Autors denkbar, zumal in Zukunft auch das Ökoinventar – in Form des neuen Ecoinvent 2000 – periodisch aktualisiert werden soll.

Damit liegt eine Grundlage vor, um die grauen Umweltwirkungen in den folgenden Nachhaltigkeitsindikatoren des Energiesystems zu berücksichtigen:

- Primärenergieverbrauch [PJ/a, differenziert nach Energieträgern]
- Treibhausgasemissionen [t CO<sub>2</sub>-Äquivalente /a]
- NO<sub>x</sub>-Emissionen [t/a]
- NMVOC-Emissionen [t/a]
- Radioaktive Emissionen in Luft und Gewässer [Bq über Zeitraum X]

#### Erfassungsprinzip für Energieverbrauch und Emissionen

Im Abschnitt 3.2.2 haben wir vorweggenommen, dass die Indikatoren zum Energieverbrauch und zu den Umweltwirkungen grundsätzlich auf dem Territorialprinzip aufbauen sollten. Damit wird die Konsistenz mit den bestehenden Energie- und Umweltstatistiken weitgehend sichergestellt.<sup>105</sup> Abstimmungsbedarf ergibt sich bezüglich der Treibstoffe sowie der grauen Emissionen:

---

<sup>104</sup> BUWAL 2000a

<sup>105</sup> Insbesondere Gesamtenergiestatistik (BFE 2000d) sowie BUWAL-Statistiken zu Luftschadstoffemissionen (BUWAL 1995a, 1995b und 2000b)

- Die Gesamtenergiestatistik (BFE 2000d) erfasst die Treibstoffe nach dem Absatzprinzip. In den ex-post Analysen des BFE zum Energieverbrauch wird hingegen zwischen modelliertem Verbrauch und Tanktourismus unterschieden (BFE 2000c).
- Die BUWAL-Publikationen zu den direkten Luftschadstoffemissionen (BUWAL 1995a, b, BUWAL 2000b) basieren auf dem Territorialprinzip (Verkehrsmodell).
- Die BUWAL-Publikation zu den grauen Emissionen des Energiebereichs (BUWAL 2000a) ist hingegen auf Konsistenz mit dem nationalen Treibhausgasinventar ausgelegt, welches sich wiederum an den Richtlinien der IPCC (1996a) orientiert. Entsprechend wurden die grauen Verkehrsemissionen nach dem Absatzprinzip berechnet. Die Emissionen des Luftverkehrs werden zusätzlich in „nationale“ Emissionen und „internationale Bunkeremissionen“ aufgeteilt.<sup>106</sup>

Unseres Erachtens sollten die Nachhaltigkeitsindikatoren auch die Treibstoffe nach dem Territorialprinzip erfassen, um die Konsistenz mit den Brennstoffen sicherzustellen. Beim Luftverkehr sollten zusätzlich auch die im Ausland verursachten, direkten Umweltwirkungen erfasst werden – entweder in Form eines echten Inländerprinzips, wie dies im Rahmen des NFP 41 erstmals gemacht wurde,<sup>107</sup> oder näherungsweise über die internationalen Bunkeremissionen gemäss Treibhausgasinventar.

---

<sup>106</sup> Bei den Bunkeremissionen ist zwischen dem Berechnungsansatz der IPCC und dem früher in der Schweiz verwendeten „Modell EW1“ zu unterscheiden. IPCC ermittelt die Bunkeremissionen anhand der LTO-Zyklen (*landing and take-off*) der internationalen Flüge ab und zu Schweizer Destinationen. Das Modell EW1 basiert hingegen auf einem reinen Territorialansatz. Vgl. BFE 2000e, Bundesamt für Energie. *Energieperspektiven Verkehr. Aktualisierung Grundszenario*.

<sup>107</sup> Vgl. Meier 2000

## 7.2 Wirkungen auf die Wirtschaft

### 7.2.1 Versorgungsqualität

Dieses Kriterium umfasst drei Aspekte, die durch folgende Indikatoren konkretisiert werden können:

- 🚧 Zuverlässigkeit: Ausgefallene Energielieferungen differenziert nach Energieträgern [MJ]; gewünschte Entwicklung: ↓
- 🚧 Selbstversorgung: Anteil des Schweizerischen Energieverbrauchs, der aus inländischen Quellen gedeckt werden kann [%]; gewünschte Entwicklung: ↑
- 🚧 Diversifikation: Diversifikationsgrad des Schweizerischen Energiesystems [--]; gewünschte Entwicklung: ↑

#### Zuverlässigkeit

Ein idealer Indikator zur Beurteilung der Zuverlässigkeit des Schweizerischen Energiesystems wäre der monetarisierte Schaden für die gesamte Volkswirtschaft pro Jahr. Dieser Betrag enthielte alle denkbaren Folgen von Versorgungsengpässen wie z.B.: Zeitverlust durch Computerabstürze wegen Spannungsschwankungen, entgangener Nutzen einer Sonntagsfahrt wegen Treibstoffmangel, entgangener Gewinn durch Produktionsausfälle wegen Stromunterbrüchen, Imageverlust bei ausländischen Besuchern, etc. Diesen Gesamtschaden könnte man in Relation zum BIP setzen und erhielte somit einen aussagekräftigen Zuverlässigkeitsindikator. Ein solcher Indikator ist allerdings kaum realisierbar.

Der vorgeschlagene Indikator misst das Energievolumen, das während der Unterbruchszeit üblicherweise geliefert worden wäre. Eine weitere denkbare Alternative ist:

Zeitdauer der Versorgungsunterbrüche mal betroffenen Personen und Arbeitsplätze [Personenstunden; bzw. Arbeitsplatzstunden]; gewünschte Entwicklung: ↓

Auch hierfür stehen unseres Wissens keine Daten zur Verfügung. Im Rahmen der Strommarktliberalisierung sollte aber ohnehin ein Monitoring aufgebaut werden, in dessen Rahmen auch Versorgungsunterbrüche erhoben werden sollten. Sowohl eine Erhebung resp. Hochrechnung der ausgefallenen Energielieferungen wie auch eine Erhebung der betroffenen Personen und Arbeitsplätze ist durchaus denkbar. Da der Stromsektor im Vordergrund steht, dürften diese Indikatoren genügen. Falls die Versorgung mit Treibstoffen betrachtet werden sollte, könnte zusätzlich folgender Indikator zur Anwendung kommen:

Schliessungsstunden<sup>108</sup> von Tankstellen [Stunden x Zapfsäulen]; gewünschte Entwicklung: ↓

<sup>108</sup> Gemeint sind unfreiwillige Schliessungsstunden wegen Lieferschwierigkeiten, nicht die freiwilligen, zumindest vor den Automaten- und Kreditkartensystemen üblichen Schliessungszeiten.

### Selbstversorgung

Die Definition dieses Indikators bietet wenig Probleme und auch die Datenlage ist unproblematisch. Die jährlich veröffentlichte Schweizerische Gesamtenergiestatistik enthält die benötigten Angaben. Die offizielle Kennzahl des BFE lautet „Auslandabhängigkeit“ und kommt auf 80.7% (=19.3% Selbstversorgung). Diese Angabe bezieht sich auf den Endenergieverbrauch. Nicht enthalten sind die Importe von grauer Energie. Sobald Zahlen hierzu erhoben werden, sollten sie integriert werden.

### Diversifikation

Hier schlagen wir eine Masszahl vor, die den Grad der Diversifikation (D) des Energiesystems bezüglich verschiedener Energieträger misst. Die Zahl lässt sich als „Anzahl gleichmässig genutzter Energieträger“ interpretieren und wird wie folgt berechnet:

$$D = \frac{1}{\sum p_i^2}, \text{ wobei } p_i = \text{Anteil des } i\text{-ten Energieträgers.}$$

Beispiel: Bezieht ein Land seine Energie zu je 50% (in der Formel im Nenner:  $0.5^2+0.5^2$ ) aus zwei Energieträgern, so nimmt D den Wert 2 an, werden jedoch drei Energieträger im Verhältnis 55%-35%-10% genutzt, so erhöht sich der Diversifikationsgrad lediglich auf 2,3.

Um den Indikator im Zeitverlauf nicht zu verfälschen, sollten (am besten anhand der Primärenergiebilanz) die verschiedenen Energieträger definiert werden. Vorschlag gemäss der veröffentlichten Energiebilanz der Schweiz: (1) Feste Brennstoffe; (2) Rohöl/Erdölprodukte; (3) Gas; (4) Wasserkraft; (5) Kernbrennstoffe; (6) Übrige erneuerbare Energien. Falls alle sechs Energieträger zu gleichen Teilen genutzt würden, so nähme D den Wert von 6 an. Heute steht D bei einem Wert von 3,3.

#### 7.2.2 Preise

Wir schlagen die folgenden Indikatoren vor:

- 🏠 Endenergiepreisindex der Haushalte [Indexpunkte]; gewünschte Entwicklung: ↓
- 🏠 Energiepreise für Unternehmungen: Energiepreisindex für Schweizer Produzenten im Vergleich zu OECD Ländern [Indexpunkte]; gewünschte Entwicklung: ↓
- 🏠 Volatilität der Elektrizitätspreise, gemessen am Swiss Electricity Price Index (SWEP) [--]; gewünschte Entwicklung: ↓
- 🏠 Volatilität der Ölpreise [--]; gewünschte Entwicklung: ↓

### **Haushaltspreise**

Die Haushalte, die knapp einen Drittel der gesamten Energie in der Schweiz verbrauchen, sind an möglichst tiefen Marktpreisen der Energie interessiert. Grundsätzlich könnte man argumentieren, es komme auf den Preis der Nutzenergie (bzw. Energiedienstleistung) an. Hier wird die Effizienz der verwendeten Geräte in die Betrachtung miteinbezogen. Allerdings müssen dann auch die Preise für die Geräte einbezogen werden und es stellt sich die Frage, wie veränderte Komfortansprüche und Geräteausstattungen einbezogen werden sollen. Daher schlagen wir vor, die Entwicklung des Endenergiepreises der Haushalte zu verwenden, und zwar mit den Gewichtungen, die für den Konsumentenpreisindex verwendet werden, und die den durchschnittlichen Konsumgewohnheiten entsprechen.

### **Energiepreise für Unternehmungen**

Die meisten Unternehmungen in der Schweiz stehen im Wettbewerb mit ausländischen Produzenten und Dienstleistern, sei es, weil sie selbst exportieren oder weil sie sich gegen Importe aus dem Ausland behaupten müssen. Die Energiepreise im Inland beeinflussen daher die Konkurrenzfähigkeit der Schweizer Wirtschaft. In diesem Zusammenhang ist ein Vergleich mit den OECD Ländern sinnvoll (mit denen 1998 rund 85% des Handelsvolumens der Schweiz abgewickelt wurde). Eine Schwierigkeit ist der Einfluss der Wechselkurse auf die Preisrelationen: Wechselkursschwankungen können die Energiepreisverhältnisse beeinflussen, ohne dass sich die Verhältnisse auf den Energiemärkten geändert haben. Wir sind allerdings der Meinung, dass für die Unternehmungen letztlich dennoch der Vergleich der tatsächlich bezahlten Preise zählt, und dass hier im Vergleich zu den anderen Ländern möglichst tiefe Preise erwünscht sind.

Die Internationale Energieagentur veröffentlicht jedes Quartal eine Statistik über die weltweiten Energiepreise und -steuern nach Energieträgern und -verbrauchern, die auf Länderangaben basiert (für die Schweiz basieren die Angaben auf dem Konsumenten- resp. dem Grosshandelspreisindex)<sup>109</sup>. Anhand dieser Daten liesse sich ein Indikator konstruieren. Diese Daten berücksichtigen allerdings die unterschiedliche Struktur von Branchen und Unternehmensgrössen zu wenig (Stichworte: Mengenrabatte, Fixpreisbestandteile, Spezialtarife etc.). Als Alternative bietet sich ein Vergleich für bestimmte typische Unternehmungen an.

### **Volatilität**

Obwohl Preisschwankungen Teil jedes funktionierenden Marktes sind, ist es aus Sicht der Energiekonsumenten wenig wünschenswert, wenn diese Preisschwankungen extrem ausfallen. Insbesondere bei energieintensiven Unternehmungen verursacht die Absicherung gegen Energiepreisschwankungen ähnliche Kosten wie die Absicherung von Währungsrisiken. Zwar könnte auch für die Endverbraucher die Volatilität der Preise gemessen werden,

---

<sup>109</sup> Angabe von Herrn F. Andrist, BFE, Juni 2001.

allerdings wäre die regionale und branchenweise Aggregation recht schwierig. Daher schlagen wir eine Beschränkung auf die Grosshandelspreise von Elektrizität und Öl vor.

Die Daten sind grundsätzlich vorhanden. Beim Strom wird sich zeigen, ob im Zuge des Monitorings der Strommarktliberalisierung ein aussagekräftiger Indikator für die Endverkaufspreise aufgebaut wird, dessen Volatilität ermittelt werden könnte. Die genaue Definition einer sinnvollen Masszahl für die Volatilität (analog zu den Kennzahlen für Finanzanlagen, z.B. „Beta-Faktor“) ist noch festzulegen.

### 7.2.3 Effizienz

Zur Messung des Kriteriums der wirtschaftlichen Effizienz schlagen wir die folgenden zwei Indikatoren vor:

- ✚ Internalisierungsbedarf: Nicht-internalisierte externe Kosten differenziert nach Energieträgern [Fr.]; gewünschte Entwicklung: ↓
- ✚ Innovation: Aktivität der energierelevanten Schweizerischen Forschung [Anzahl Zitierungen gemäss SCI]; gewünschte Entwicklung: ↑

#### Internalisierungsbedarf

Nicht-internalisierte externe Kosten stellen für die Volkswirtschaft insofern eine Belastung dar, als dass sie das Preissystem verzerren und damit die Akteure zu suboptimalen Handlungen verleiten. Dass der Indikator die absoluten Schadenswerte (und nicht relativiert zum BIP) enthält, reflektiert den Umstand, dass der sozialen und ökologischen Umwelt relative Schäden egal sind; aus ihrer Perspektive interessiert das absolute Schadensausmass, welches nicht internalisiert wurde und damit preisverzerrend wirkt.

Die Differenzierung nach Energieträgern erfolgt mit der Absicht, den Handlungsbedarf je Energieträger offen zu legen und damit auch das Potenzial für mögliche weitere Internalisierungsschritte aufzuzeigen.

#### Innovation

Es ist nicht einfach, die Innovationsfähigkeit eines Sektors in einer Zahl auszudrücken. Zudem bestehen Abgrenzungsprobleme zu den Energieeffizienzkriterien, da Innovation grundsätzlich als Verbesserung der Energieeffizienz aufgefasst werden kann.

Der gewählte Indikator orientiert sich am Science Citation Index Expanded<sup>110</sup>, der bibliographische Informationen und Abstracts aus rund 5600 Fachzeitschriften in Wissenschaft und Technik für die Jahre 1983 bis heute enthält und der wöchentlich aktualisiert wird. Anhand

---

<sup>110</sup> <http://www.isinet.com/isi/products/citation/sci/> (14. Mai 2001)


dieser Angaben müsste es möglich sein, die Forschungsaktivität der Schweiz auf einem bestimmten Gebiet – hier Technologien/Entwicklung im Zusammenhang mit Energie – zu messen und international zu vergleichen.

### **Verworfenener Indikator**

Die Anzahl in der Schweiz neu angemeldeter Patente von Firmen mit Sitz in der Schweiz, welche den Energiesektor betreffen (von der Gewinnung/Umwandlung bis zur Nutzung): Erstens ist es wegen multinationaler Konzerne und internationaler Patentierungen sehr schwierig, einen schweizerischen Innovationsgrad herzuleiten. Zweitens betrifft ein grosser Teil (bis 90%) der Patente Systeme, welche nie zur Marktreife gebracht werden und somit keinen Beitrag zur Effizienzsteigerung des Energiesystems liefern.

### **7.2.4 Stabilität**

Zur Messung der Stabilität des Energiesektors schlagen wir folgenden Indikator vor:

 **Arbeitslose aus der Energiebranche:** Anzahl Personen, die ALV beziehen oder ausgesteuert sind und zuletzt in der Energiebranche gearbeitet haben [Anzahl Personen]; gewünschte Entwicklung: ↓

### **Arbeitslose aus der Energiebranche**

Strukturerhaltung ist kein Anliegen der Nachhaltigkeit – im Gegenteil. Es werden Anpassungen nötig sein, um das Schweizerische Energiesystem nachhaltiger zu gestalten. Diese Anpassungen können sich sowohl in Änderungen der relativen Preise als auch der Beschäftigungsstruktur niederschlagen. Während die Preisstabilität an anderer Stelle behandelt wurde, soll in diesem Abschnitt die Situation der Beschäftigten im Energiesektor betrachtet werden. Trotz diesem Bekenntnis zum Strukturwandel ist es aus ökonomischen und sozialen Gründen wenig wünschenswert, dass diese Anpassungsprozesse auf dem Arbeitsmarkt krisenhaft ablaufen, also z.B. mit Massenentlassungen und dem Verlust von Kapital verbunden sind.

Wir möchten also einen Indikator definieren, welcher nur auf ausserordentliche Beschäftigungsschwankungen, nicht aber auf eine „normale“ Personalfluktuaton im Energiesektor reagiert. Zudem: Wenn jemand entlassen wurde, aber gleich wieder eine Arbeit findet – sei es im Energiebereich oder in einem anderen Sektor, dann sollte der Indikator keine Verschlechterung anzeigen. Die notwendigen Daten für diesen Indikator können den Arbeitslosenstatistiken resp. der Schweizerischen Arbeitskräfteerhebung SAKE entnommen werden.

Es kann zu Recht eingewendet werden, dieser Indikator weise eine zeitliche Verzögerung auf die tatsächliche Krise auf. Allerdings glauben wir, dass die für andere Branchen angewendeten „Frühwarnindikatoren“ (wie z.B. Auftragsbestand, Bestellungseingang) im Energiemarkt nicht sinnvoll sind und bleiben daher beim vorgeschlagenen Indikator.

## 7.3 Wirkungen auf die Gesellschaft

### 7.3.1 Solidarität (Service Public)

🏠 Regionale Preisdifferenzen: Durchschnittlicher Preis im teuersten Dezil in Prozent des durchschnittlichen Preises im günstigsten Dezil [%]; gewünschte Entwicklung: ↓

Nachhaltigkeit aus der Service Public Perspektive bedeutet möglichst geringe Unterschiede zwischen den Bewohnern verschiedener Regionen und Landesteile in Bezug auf die Versorgungsqualität und das Preisniveau.<sup>111</sup> Wie im Kriterien-Kapitel bereits ausgeführt, scheint es uns sinnvoll, für die Operationalisierung dieses Kriteriums das Preisniveau herbeizuziehen und zwar, da der Service Public als Dienst an der breiten Bevölkerung verstanden wird, den gewichteten KonsumentInnen-Energiepreis aus Abschnitt 7.2.2. Falls die Datenbeschaffung hinsichtlich der räumlichen Abgrenzung zu aufwändig wäre, könnte man als Alternative auf den Strompreis für Haushalte abstützen. Bei den Strompreisen ist nach der Liberalisierung voraussichtlich nur noch der Durchleitungspreis regional unterschiedlich, so dass man sich auf dessen Messung beschränken könnte.

Zur Messung der Preisunterschiede schlagen wir vor, die Preise auf Gemeindeebene zu erfassen und die Bevölkerung sodann aufgrund des Preisniveaus zu rangieren (von 0 für die preisgünstigste bis 100% für die teuerste Versorgungslage). Um Extremwerte auszuschließen, soll der Preisunterschied zwischen dem 90%- und dem 10%-Wert ermittelt werden oder – wie hier vorgeschlagen – die Relation der Durchschnittspreise des ersten und des zehnten Dezils.

Derzeit stehen diese Daten nicht zur Verfügung. Sie sollten allerdings im Rahmen eines Monitorings der Elektrizitätsmarktliberalisierung ohnehin erhoben werden.

### 7.3.2 Partizipation

🏠 Zufriedenheit mit Partizipationsmöglichkeiten: Anteil der erwachsenen Bevölkerung, der mit den Mitbestimmungsmöglichkeiten im Energiebereich (Politik, Planung, Projekte) zufrieden ist [%]; gewünschte Entwicklung: ↑

In Anlehnung an einen bekannten finnischen Demokratieforscher (Vanhanen) könnte man den Partizipationsgrad für unsere Zwecke als „durchschnittliche Stimmbeteiligung bei nationalen, kantonalen und kommunalen Energievorlagen“ definieren. Ein solcher Indikator macht u.E. aus zwei Gründen aber wenig Sinn:

Erstens stellt dieser Ansatz die **tatsächliche** Partizipation in den Vordergrund. Eine niedrige Stimmbeteiligung suggeriert also, dass die Mitsprachemöglichkeiten schlecht ausgestaltet

---

<sup>111</sup> Vgl. ECOPLAN (1999), Service Public im liberalisierten Strommarkt.

seien. In diesem Zusammenhang entscheidend scheint uns jedoch die **potenzielle** Partizipation. Könnte ein Mitbürger in einem Entscheidungsprozess partizipieren, wenn er denn wollte? Wir dürfen nicht vergessen, dass demokratisch verstandene Partizipation immer auch die freie Entscheidung zur Nicht-Partizipation umfasst.

Zweitens übersieht dieser Ansatz, dass Partizipation viel mehr umfasst als die Teilnahme an Urnengängen. So kann es im Einzelfall viel wichtiger sein, dass Einsprache- und Einsichtsmöglichkeiten im Zusammenhang mit einem konkreten Projekt in der Nachbarschaft gegeben sind.

Vielversprechender scheint also der Ansatz, Partizipation als **qualitative Zufriedenheit** der Bevölkerung mit den gegebenen Mitbestimmungsmöglichkeiten zu verstehen. Dies hätte auch den Vorteil, dass nicht auf die Stimmbürgerschaft abgestützt würde, sondern dass auch in der Schweiz wohnhafte und durch die Politik betroffene AusländerInnen ihrer (Un-)zufriedenheit Ausdruck verleihen können.

Mit der Ausarbeitung eines entsprechenden Fragebogens sowie der regelmässigen Durchführung der Befragung könnte ein Meinungsforschungsinstitut beauftragt werden.

### 7.3.3 Individualität

Zur Konkretisierung des Kriteriums Individualität schlagen wir die folgenden Indikatoren vor:

- 🏠 Öko-Strom-Bezugsmöglichkeit: Anteil der Schweizer Bevölkerung, die vom lokalen Stromanbieter ein Angebot haben, Öko-Strom zu beziehen [%]; gewünschte Entwicklung: ↑
- 🏠 Datenschutzprobleme: Meldungen an den Datenschutzbeauftragten, die im Zusammenhang mit der Energiewirtschaft stehen [Anzahl Meldungen]; gewünschte Entwicklung: ↓

#### Öko-Strom

Hier geht es um staatliche oder private Leistungen, die es dem Individuum ermöglichen, seiner Individualität – ganz spezifisch im Energiebereich – Ausdruck zu verleihen. Stellvertretend für eine Vielzahl solcher Möglichkeiten haben wir eine gewählt, die mit der ökologischen Dimension der Nachhaltigkeit in einem engen Zusammenhang steht: Die Möglichkeit, Öko-Strom zu beziehen. Mit dem Elektrizitätsmarktgesetz wird zwar für erneuerbare Energie aus Kleinanlagen der Markt auch für die Haushalte voll geöffnet. Die zur Verfügung stehenden Mengen sind aber gering, und zudem ist Strom aus Grossanlagen ausgeschlossen. Somit macht der Indikator zumindest bis zur vollen Liberalisierung weiterhin Sinn.

#### Datenschutz

Hier geht es um Abwehrrechte des Individuums. Es soll vor Übergriffen auf die Privatsphäre durch staatliche oder private Akteure geschützt werden. Dieser Indikator misst die aktuelle Lage im Hinblick auf Datenschutzverstösse. In der Schweiz kümmert sich der Eidgenössi-

sche Datenschutzbeauftragte um Verletzungen des Datenschutzgesetzes. Er wird von sich aus oder auf Meldung Dritter hin aktiv.

Dieser Indikator ist jedoch mit Mängeln behaftet: Nicht jeder Konsument, der sich in seiner Privatsphäre verletzt fühlt, meldet dies dem Datenschutzbeauftragten. Umgekehrt steht nicht hinter jeder Meldung tatsächlich eine Verletzung des Datenschutzgesetzes. Es wäre also durchaus denkbar, auch diesen Indikator qualitativ, mit Hilfe einer Befragung der Bevölkerung, umzusetzen. Mit der Ausarbeitung eines entsprechenden Fragebogens sowie der regelmässigen Durchführung der Befragung könnte ein Meinungsforschungsinstitut beauftragt werden.

### 7.3.4 Sicherheit

Beiden Aspekten der Sicherheit Rechnung tragend, schlagen wir die folgenden Indikatoren vor:

☛ Personenschäden durch Unfälle [Anzahl verletzte und getötete Personen im Zusammenhang mit Energienutzung im Haushalt oder am Arbeitsplatz in der Schweiz]; gewünschte Entwicklung: ↓

☛ Gesamtsystemrisiko [...]; gewünschte Entwicklung: ↓

#### **Nutzung (Personenschäden durch Unfälle)**

Dieser Indikator bezeichnet die Anzahl Personen, die im Bezugsjahr durch Unfälle im Energiebereich verletzt oder getötet werden. Relevant sind z.B. Unfälle mit Gas oder Strom bei den Endverbrauchern. Die Zahl der Unfälle im Haushaltsbereich, welche sich im Zusammenhang mit Elektrizität ereignen, scheinen jedoch klein zu sein. Und dies, obwohl die Elektrizität als Gefahr für die Sicherheit im Haushaltsbereich im Vordergrund steht. Die Zahlen der Sammelstelle für die Statistik der Unfallversicherung (SSUV) für 1998 zeigen: Auf 210'000 Unfälle kommen 81 im Zusammenhang mit Elektrizität, sowie ein Todesfall auf 90 registrierte.

Daneben ist das Unfallgeschehen am Arbeitsplatz von Bedeutung. Es ist noch genauer zu klären, ob eine sinnvolle Abgrenzung von Arbeitsunfällen im Zusammenhang mit der Energie möglich ist. Es sollten nur Unfälle erfasst werden, bei denen ein direkter Zusammenhang zur Energie besteht (Stromstoss, Gasexplosion), nicht aber alle Unfälle mit Energiegeräten (zum Beispiel Schnittwunde durch elektrischen Rasenmäher oder Mixer).

#### **Umwandlung (Gesamtsystemrisiko)**

Wie bereits erwähnt sind für die Beurteilung der Sicherheit im Energiesystem nicht in erster Linie die tatsächlichen Unfallzahlen relevant. Folgenreicher für das Konzept der Nachhaltigkeit ist das unterschiedliche Risiko einzelner Energieträger. Hier steht also die Frage nach

potenziellen Störfällen im Vordergrund. Man denke etwa an Öltankerunfälle, die Risiken im Zusammenhang mit der Lagerung von radioaktiven Abfällen oder – noch gravierender – ernste Störfälle in Kernkraftwerken.

Ein idealer Indikator vermöchte anhand einer Einschätzung der Risiken verschiedener Energieträger (unter Beachtung der Quelle: Strom aus Wasserkraftwerken wäre anders zu beurteilen als Strom aus Kernkraftwerken) sowie dem Energiemix eine schlüssige Aussage zum Risiko des Gesamtenergiesystems zu machen. In diesem Bereich laufen Forschungsarbeiten<sup>112</sup>, es besteht aber nach unserer Einschätzung noch kein Konsens. Insbesondere ist umstritten, ob sich die Risikoaversion (überproportionale Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung besonders grosser Schäden) quantifizieren und einbeziehen lässt. Nur auf diesem Weg lässt sich ein sinnvoller aggregierter Indikator für ein („aversions-gewichtetes“) Gesamtrisiko bilden. Diese überproportionale Risikoaversion rührt auch daher, dass die Bevölkerung hier einem so genannten „passiven Risiko“ ausgesetzt ist, d.h. einem Risiko, das nicht vom einzelnen Bürger beeinflusst werden kann.<sup>113</sup>

Es stehen aber aus den Arbeiten des PSI immerhin umfangreiche Analysen über die Schadenswahrscheinlichkeiten und –kosten für verschiedene Brenn- und Treibstoffzyklen zur Verfügung, jedoch kommen auch die PSI-Autoren u.a. zum Schluss: „No consensus exists with respect to the appropriate methods and data to be used to quantify risk aversion...“<sup>114</sup>

Es würde angesichts des fehlenden Konsenses in der Fachwelt zu weit führen, im Rahmen dieser Studie einen definitiven Indikator vorzuschlagen. Wir gehen vorläufig davon aus, dass es unter Einbezug der Risikoaversion und der zur Verfügung stehenden Daten über Eintretenswahrscheinlichkeiten und potenzielle Schäden möglich ist, einen aggregierten Indikator für das Risiko des Gesamtsystems zu bilden. Die genaue Form und die Einheit dieses Indikators möchten wir offen lassen (z.B. ein Energiepreiszuschlag im Sinne einer Versicherungsprämie, vgl. dazu die zitierten Arbeiten von Zweifel).

---

<sup>112</sup> Vgl. Zweifel 2000, Verbesserte Deckung des Nuklearrisikos zu welchen Bedingungen?; Hirschberg, Spiekerman, Dones 1998; Infrac, Econcept, Prognos 1996.

<sup>113</sup> In anderen Bereichen unterliegen viele Menschen jedoch einer so genannten Kontrollillusion, in der das „passive Risiko“ ungenügend wahrgenommen wird, beispielsweise beim Autofahren.

<sup>114</sup> Hirschberg, Spiekerman, Dones 1998, S. 304.

## 7.4 Aktivitäts- und Energieeffizienzindikatoren

### 7.4.1 Zielsetzung und Vorgehen

Im Abschnitt 6.2 haben wir die folgenden Aktivitäts- und Effizienzkriterien definiert:

- exogene Faktoren
- sektorielle Aktivität
- sozioökonomische Struktur der Sektoren
- Energieeffizienz

Die wichtigste Datengrundlage für die Herleitung unserer Indikatoren sind die jährlichen ex-post Energieverbrauchsanalysen des BFE (2000c). Einleitend gehen wir auf das Kriterium Exogene Faktoren ein. Anschliessend strukturieren wir den Text zur besseren Lesbarkeit nach Verbrauchergruppen und erörtern jeweils, welche spezifischen Indikatoren die drei Kriterien Aktivitätsniveau, sozioökonomische Struktur und Effizienz der Energienutzung am besten abbilden. Als fünfte, eigenständige Verbrauchergruppe diskutieren wir zum Schluss die Energiewirtschaft, die für das Kriterium „Effizienz der Endenergiebereitstellung“ entscheidend ist.

Der Synthesebericht des BFE zur Verbrauchsentwicklung 1990–2000 gibt wenig Einblick in die Berechnung komplexer Verbrauchskomponenten wie z.B. Elektrogeräte in Haushalten und Dienstleistungen sowie den Energieverbrauch in der Industrie. Eine Beschreibung der zu Grunde liegenden Modelle liegt uns bislang nicht vor. Die nachstehend formulierten Indikatorvorschläge sind deshalb zusammen mit den Experten des BFE, der ausführenden Institute (CEPE, PROGNOSE, BASICS) sowie ev. weiteren Fachleuten zu prüfen und zu ergänzen.

Für die Aktivitätsindikatoren lässt sich keine aus Sicht der Nachhaltigkeit „wünschbare“ Entwicklungsrichtung definieren; dies im Gegensatz zu den Wirkungsindikatoren. Bei den Energieeffizienzindikatoren läuft die gewünschte Richtung einheitlich in Richtung einer höheren Effizienz, bzw. in Richtung eines sinkenden spezifischen Verbrauchs.




### 7.4.2 Exogene Faktoren

Das BFE unterscheidet eine verschiedene sektorübergreifende Bestimmungsfaktoren der Energieverbrauchsentwicklung. So war das jährliche Klima gemäss den Modellen im Zeitraum 1990–2000 für einen Mehrverbrauch von 14 PJ verantwortlich, während sich der Einfluss der Energiepreise für den Durchschnitt des gesamten Analysezeitraumes und über alle Energieträger hinweg weitgehend aufhebt. Weitere Parameter sind u.a. die Bevölkerung sowie das BIP.<sup>115</sup>

---

<sup>115</sup> BFE 2000c p.8

Aufbauend darauf schlagen wir für das Kriterium „Exogene Faktoren“ folgende sektorübergreifenden Indikatoren vor:

-  Wohnbevölkerung [-]; gewünschte Entwicklung: keine
-  Bruttoinlandprodukt (BIP) [Fr.]; gewünschte Entwicklung: keine
-  Klimatische Bedingungen [Anzahl Heizgradtage]; gewünschte Entwicklung: keine

Bezüglich der nachfolgenden Aktivitätsindikatoren ist anzumerken, dass all diese Grössen absolut oder auch relativ zur Wohnbevölkerung oder zum BIP dargestellt werden können (z.B. absolute Strassenverkehrsleistung vs. Leistung pro Kopf). Beide Darstellungsformen haben ihre Berechtigung und eigene Aussagekraft.

### 7.4.3 Private Haushalte



#### Aktivitätsniveau und Energieeffizienz

Der grösste Teil des Energieverbrauchs in den Privathaushalten entfällt auf die Raumwärme. Die Modellrechnungen unterscheiden hier insbesondere die zu beheizenden Energiebezugsflächen und den spezifischen Heizenergiebedarf der Gebäudesubstanz, ferner den Nutzungsgrad der Heizanlagen sowie natürlich den externen Faktor Klima.<sup>116</sup>



Einen wesentlich geringeren (aber steigenden) Anteil hat der Warmwasserverbrauch. Er wird vor allem durch die Anzahl Bedarfsträger (Wohnbevölkerung), den spezifischen Warmwasserbedarf (Liter pro Kopf und Tag) und den Nutzungsgrad der Geräte bestimmt. Für den letzteren Einflussfaktor besteht ein enger Zusammenhang mit der Bereitstellung von Raumwärme.

Der Stromverbrauch für Kochen und andere Elektrogeräte resultiert analytisch aus der Anzahl Geräte (bestimmt durch die Anzahl Haushalte und deren Ausstattungsgrad) und dem spezifischen Energieverbrauch pro Gerät.

Vorgeschlagene Indikatoren:

-  Energiebezugsfläche der Haushalte [m<sup>2</sup>]; gewünschte Entwicklung: keine
-  spezifischer Heizenergiebedarf [J/m<sup>2</sup>]; gewünschte Entwicklung: ↓

Indikatoren zum Stromverbrauch bleiben zu prüfen. In Frage kommen z.B.

-  Elektrogeräte pro Haushalt [Anzahl]; gewünschte Entwicklung: keine
-  Energieverbrauchsindex Elektrogeräte in Haushalten [--]; gewünschte Entwicklung: ↓

<sup>116</sup> Vgl. BFE 2000c p.10ff

### Sozioökonomische Struktur

Die Zunahme der Energiebezugsfläche der privaten Haushalte ist eine wichtige Determinante der Verbrauchszunahme im letzten Jahrzehnt. Eine Analyse der zu Grunde liegenden sozioökonomischen Triebkräfte ist deshalb von grossem Interesse. Mangels weitergehender Grundlagen beschränken wir uns darauf, hier einen einzigen möglichen Indikator vorzuschlagen:

➤ Durchschnittliche Haushaltgrösse [Anzahl Personen]; gewünschte Entwicklung: keine

### 7.4.4 Dienstleistung und Landwirtschaft

#### Aktivitätsniveau und Energieeffizienz

Gemäss BFE (2000c p.20ff) schlägt sich die Heterogenität und die wirtschaftliche Dynamik des Dienstleistungssektors sehr unterschiedlich im Energieverbrauch nieder und erschwert die Herausfilterung geeigneter Einflussgrössen. Es zeigte sich jedoch, dass die Entwicklung der Energiebezugsflächen und der spezifische Heizenergiebedarf enger mit der Entwicklung des Brennstoffverbrauchs zusammenhängt als beispielsweise die Zahl der Beschäftigten oder die Bruttowertschöpfung.

Als weitere Einflussgrösse ist der Elektrizitätsverbrauch anzuführen, welcher sich, in Analogie zu den Haushalten, aus dem Gerätepark (Art und Menge) und dem spezifischen Verbrauch pro Gerät ergibt.

Vorgeschlagene Indikatoren:

➤ Energiebezugsfläche im Dienstleistungssektor [ $\text{m}^2$ ]; gewünschte Entwicklung: keine

➤ Spezifischer Heizenergiebedarf Dienstleistungssektor [ $\text{J}/\text{m}^2$ ]; gewünschte Entwicklung: ↓

Indikatoren zum Stromverbrauch bleiben zu prüfen, z.B. ein Energieverbrauchsindex für Elektrogeräte im Dienstleistungssektor. Ebenfalls zu prüfen ist, ob anstelle des Indikators für den Heizenergiebedarf eine Kennzahl für Heizung, Lüftung und Kühlung verwendet werden soll.

Die Analyse der Energieverbrauchsentwicklung im Dienstleistungssektor ist schwierig.<sup>117</sup> Umso wichtiger ist es, hier auf den bestehenden Vorarbeiten aufzubauen (z.B. CEPE).

---

<sup>117</sup> Vgl. z.B. die Analyse der Probleme in IEA 1997, p.173ff

### Sozioökonomische Struktur

Hier kommt, trotz der Relativierung im vorstehenden Abschnitt, der folgende Indikator in Frage:

🏢 Wertschöpfung im Dienstleistungssektor [Fr.]; gewünschte Entwicklung: keine

### 7.4.5 Industrie

#### Aktivitätsniveau und Energieeffizienz

Der Energieverbrauch im Industriesektor wird klar von der Produktionsentwicklung der einzelnen Branchen bestimmt, d.h. von der Menge produzierter Güter und dem spezifischen Energieeinsatz pro Produkteinheit. Wegen der Heterogenität des Sektors ist auch die Energieverbrauchsmodellierung komplex. Die Modellierung erfolgt deshalb auf der Basis der einzelnen Industriebranchen

In den Modellrechnungen werden analog zum Dienstleistungssektor auch in der Industrie die Energiebezugsflächen und der spezifische Heizenergiebedarf für Büros und Betriebe berücksichtigt. Wir gehen aber davon aus, dass deren Anteil am Gesamtverbrauch des Sektors von untergeordneter Bedeutung ist.

Vorgeschlagene Indikatoren, näher zu prüfen:

🏢 Index der Industrieproduktion [--]; gewünschte Entwicklung: keine

🏢 Energieverbrauchsindex Industrie [--]; gewünschte Entwicklung: ↓

#### Sozioökonomische Struktur

Ein wesentlicher Bestimmungsgrund des industriellen Energieverbrauchs ist die Änderung der Produktionsstruktur, z.B. infolge Verlagerung ins Ausland. In unserem System von Wirkungsindikatoren bewirkt dies eine Verlagerung von den direkten hin zu den grauen Wirkungen (Energieverbrauch, Emissionen). Zur Abbildung der diesbezüglichen Entwicklung schlagen wir folgenden Indikator vor:

🏢 Import/Export-Saldo energieintensiver Güter [Einheiten]; gewünschte Entwicklung: keine

Dabei sollten jene Güter erfasst werden, die den höchsten Anteil am grauen Energieverbrauch haben, darunter: Energieträger, Chemische Erzeugnisse, Eisen, Stahl und Nichteisenmetalle, Datenverarbeitung & Computer, Fahrzeuge.<sup>118</sup> Damit wird gleichzeitig die Entwicklung der grauen Emissionen generell erfasst.







<sup>118</sup> Vgl. BUWAL 2000a p.143

## 7.4.6 Verkehr

### Aktivitätsniveau und Energieeffizienz

Die Verbrauchsmodellierung des BFE für den Verkehr unterscheidet eine Vielzahl von Parametern, geordnet nach: privater Personenverkehr Strasse, Güterverkehr Strasse, öffentlicher Personenverkehr, Güterverkehr Schiene, Luftverkehr. Beim Strassenverkehr basieren die Berechnungen auf der Anzahl Fahrzeugkilometer; beim öffentlichen und Schienenverkehr auf der Anzahl Zugkilometer oder Wagenkilometer, beim Flugverkehr schliesslich auf der Anzahl Flugbewegungen.

Vorgeschlagene Indikatoren:

-  Fahrleistungen Personenwagen [Fzkm/a]; gewünschte Entwicklung: keine
-  Fahrleistungen Last- und Lieferwagen [Fzkm/a]; gewünschte Entwicklung: keine
-  Flugreisen der Bevölkerung [Anzahl/a]; gewünschte Entwicklung: keine
-  Spezifischer Verbrauch Personenwagen [J/Fzkm]; gewünschte Entwicklung: ↓
-  Spezifischer Verbrauch Last- und Lieferwagen [J/Fzkm]; gewünschte Entwicklung: ↓
-  Spezifischer Verbrauch Flugreisen [J/Pkm]; gewünschte Entwicklung: ↓

Beim Landverkehr entfällt der überwiegende Anteil des Energieverbrauchs auf die Strasse. Wir schlagen daher eine Beschränkung auf Strassenindikatoren vor. Als Alternative zu den Fahrzeugkilometern kann auch ein Bezug auf Personen- und Tonnenkilometer ins Auge gefasst werden.

Beim Luftverkehr haben Untersuchungen im Rahmen des NFP 41 gezeigt, dass der Energieverbrauch erheblich grösser ausfällt, wenn er nach dem Verursacherprinzip anstatt wie bisher üblich nach dem Territorial- oder Absatzprinzip erfasst wird.<sup>119</sup> Die Erhebung ist jedoch relativ aufwendig und kaum jährlich zu aktualisieren. Wir schlagen deshalb den konventionelleren Indikator „Anzahl Flugreisen“ vor. Die beste Bezugsgrösse für den spezifischen Energieverbrauch im Flugverkehr ist noch klären.

Mit Blick auf das Verursacherprinzip sollten die Verkehrsleistungen der Schweiz Bevölkerung und der Ausländer in der Schweiz getrennt ausgewiesen werden. Je nach Datenlage kann auch die Strassenverkehrsleistung der Schweizer im Ausland berücksichtigt werden. Bei der Anzahl Flugreisen ist auf die Schweizer Bevölkerung abzustützen.

---

<sup>119</sup> Vgl. Meier 2000 und Kaufmann et al. 2000

### Sozioökonomische Struktur

Die Bestimmungsgründe der Verkehrsleistung sind ausserordentlich komplex; eine Diskussion übersteigt den Rahmen dieser Arbeit. Der folgende, traditionelle Indikator erscheint uns jedoch nach wie vor aussagekräftig:

🚗 Personenwagenbestand [--]; gewünschte Entwicklung: keine

### 7.4.7 Energiewirtschaft; sektorübergreifende Indikatoren

#### Aktivitätsniveau und Energieeffizienz

Die Energiewirtschaft ist selbst ein Energieverbraucher. Zu nennen sind namentlich die Verlust bei der Stromerzeugung und -verteilung, ferner der Verbrauch der Raffinerien. In den Verbrauchsanalysen des BFE werden diese Verbräuche nicht erfasst, da sie gemäss der Abgrenzung der Gesamtenergiestatistik nicht zum Endverbrauch zählen.

Vorgeschlagene Indikatoren:

🚗 Endenergieverbrauch der Schweiz [PJ, nach Verbrauchergruppen]; gewünschte Entwicklung: ↓

🚗 Anteile der erneuerbaren Energieträger am Endenergieverbrauch [%]; gewünschte Entwicklung: ↑

🚗 Wirkungsgrad der Endenergiebereitstellung [%; nach Endenergieträgern]; gewünschte Entwicklung: ↑


Der Endenergieverbrauch widerspiegelt in einem gewissen Sinne das Aktivitätsniveau der Energiewirtschaft, auch wenn ein Teil der Endenergie dezentral durch die Verbraucher erzeugt wird. Zur Sicherung der Konsistenz mit dem Wirkungsindikator „Primärenergieverbrauch“ ist hier eine sinkende Entwicklung wünschenswert; dies im Gegensatz zu den übrigen Aktivitätsindikatoren, bei denen grundsätzlich keine „gute“ Entwicklungsrichtung definiert werden kann.

Der Indikator zum Mix der Endenergieträger illustriert die aus ökologischer Sicht zentrale Stellung der erneuerbaren Energien.

Der Wirkungsgrad der Endenergiebereitstellung (Primärenergieverbrauch pro Einheit Endenergie) soll die Effizienzsteigerungen in der Energiewirtschaft illustrieren. Wegen des zunehmende Anteils der Elektrizität am Gesamtverbrauch drängt sich eine Differenzierung nach Energieträgern auf, gegebenenfalls sogar eine Beschränkung auf Elektrizität. Auf Indikatoren zur Effizienz der Umwandlung von End- in Nutzenergie wird wegen der mangelnden Erfassbarkeit verzichtet.

## 7.5 Politikindikatoren

### 7.5.1 Kooperation

 **Energiestadt-Bevölkerung:** Anteil der Schweizer Bevölkerung, die in Energiestadt-Gemeinden lebt [%]; gewünschte Entwicklung: keine<sup>120</sup>

Das Kriterium Kooperation hat aus der Sicht des Bundes zwei Bedeutungen: Einerseits die Kooperation „nach aussen“, d.h. die internationale Zusammenarbeit. Andererseits die Kooperation „nach innen“, d.h. die Zusammenarbeit mit Kantonen und Gemeinden. Aus pragmatischen Gründen haben wir uns entschieden, die internationale Dimension innerhalb dieses Systems nicht weiter zu verfolgen. Die Schweiz ist wohl bei der Ratifizierung von internationalen Abkommen im Energiebereich in aller Regel aktiv einbezogen, der direkte Zusammenhang mit einem nachhaltigeren Energiesystem in der Schweiz bleibt aber zu wenig eindeutig.

Interessanter erscheint uns die Zusammenarbeit im Inland, konkret mit den Gemeinden. Im Rahmen des Aktionsprogramms Energie2000 wurde das sog. „Energiestadt-Label“ ins Leben gerufen. Das Qualitätslabel "Energiestadt" erhalten Gemeinden jeder Grösse, wenn sie ausgesuchte energiepolitische Massnahmen realisiert oder beschlossen haben. Die ausgezeichneten Gemeinden führen jährlich Erfolgskontrollen durch und nehmen an einem Erfahrungsaustausch teil.<sup>121</sup> Das Nachfolgeprogramm **EnergieSchweiz** plant die Vertiefung und weitere Verbreiterung des Labels, so dass der Indikator auch in Zukunft aussagekräftig bleibt.

Der Indikator lässt sich anhand der Mitgliedsgemeinden ohne grossen Mehraufwand berechnen. Als Denominator (Nenner) wurde die Gesamtbevölkerung gewählt und nicht etwa die Anzahl Gemeinden in der Schweiz. Dies bringt das grössere energiepolitische Gewicht grösserer Gemeinden zum Ausdruck.

Der Indikator unterscheidet sich von den „Freiwilligen Massnahmen“ (vgl. Abschnitt 7.5.7; konkret den freiwilligen Vereinbarungen mit Branchen und der Industrie) insofern, als er die Kooperationsstrategien zwischen Bund, Kantonen und Gemeinden exemplarisch abbilden will. Im konkreten Fall des vorgeschlagenen Indikators (Energiestadt-Bevölkerung) liegt der Indikator resp. die Massnahme nahe an einer freiwilligen Vereinbarung.

---

<sup>120</sup> Auf die Angabe einer gewünschten Wirkungsrichtung wird aus den gleichen Gründen wie bei den Aktivitätsindikatoren verzichtet: Eine intensivere Politik ist weder per se gut noch nachhaltig. Tendenziell wird zwar eine Verstärkung der Politik auch zu einer Verbesserung der Nachhaltigkeit führen. Dies muss allerdings unter Berücksichtigung der Nebenwirkungen sowie möglicher alternativer Politik-Pakete im Einzelfall geprüft werden. Daher ist die Angabe einer Wirkungsrichtung für die Politikindikatoren nicht sinnvoll.

<sup>121</sup> Beschreibung von [www.energiestadt.ch](http://www.energiestadt.ch)

### 7.5.2 Information

✚ Informationsaufwendungen: Gesamte Aufwendungen des Staates für Beratung, Weiterbildung und Informationskampagnen in der Energiepolitik, in Fr. gemessen am BIP [%]; gewünschte Entwicklung: keine.

Weiterbildung von im Energiebereich Tätigen (Multiplikatoreffekte) sowie Beratung und Information der Bevölkerung nehmen einen wichtigen Platz unter den Instrumenten der Schweizer Energiepolitik ein. Damit werden mehrere Ziele verfolgt, darunter Energiesparen sowie Unfallverhütung.

Obwohl mit den grundsätzlichen Mängeln der Politikindikatoren behaftet (Input- statt Outputorientierung), sollen die Anstrengungen des Staates anhand der finanziellen Aufwendungen für die Förderung von Weiterbildung, die Steigerung des öffentlichen Bewusstseins und Informationsstandes der Bevölkerung gemessen werden.

Die benötigten Daten sind vorhanden; sie müssen allenfalls aus verschiedenen Statistiken zusammen getragen werden. Grundsätzlich sollten die Aufwendungen von Bund, Kantonen und Gemeinden erhoben werden (wobei die Gemeinden auch weggelassen oder mittels einer Teilerhebung erfasst werden könnten).

### 7.5.3 Forschung

✚ Staatliche Gelder, die für Forschungsprojekte im Zusammenhang zur Nachhaltigkeit des Energiebereichs eingesetzt werden, gemessen am BIP [%]; gewünschte Entwicklung: keine.

Staatliche Unterstützung der Forschung hat eine lange Tradition, handelt es sich bei der Forschung doch zumindest teilweise um ein öffentliches Gut, das andernfalls in zu geringem Ausmass „produziert“ würde. Da wir uns im Rahmen der Politikindikatoren für die (Re-) Aktionen der Politik interessieren, werden die privaten Forschungsausgaben in diesem Bereich nicht berücksichtigt.

Datenmaterial über staatliche Ausgaben liegen vor; allenfalls stellt sich bei der Anwendung dieses Indikators die Schwierigkeit, Forschungsprojekte „im Zusammenhang zur Nachhaltigkeit des Energiebereichs“ von anderer Forschungstätigkeit abzugrenzen.

### Verworfenener Indikator

Investitionen in Pilotanlagen für Effizienz und Erneuerbare Energien in Fr. gemessen am BIP [%], Dieser Indikator setzt zwar näher bei der „Marktreife“ von fortschrittlichen Technologien an als die Messung der Ausgaben. Durch den Betrachtung der Subventionen in einem eigenen Indikator wird dieser Aspekt aber an geeigneter Stelle weiter verfolgt.

#### 7.5.4 Energieabgaben

☛ Anteil Abgaben an Energiepreisen: Gesamtes Abgabevolumen aus staatlichen Energieabgaben gemessen an den Gesamtausgaben für Energie von Haushalten und Unternehmungen [%]; gewünschte Entwicklung: keine.

Die Internalisierung wurde bereits bei den Wirkungsindikatoren berücksichtigt, da sie das Ergebnis verschiedener Politikstrategien ist. Als Kenngrösse für die staatliche Aktivität im Bereich der marktwirtschaftlichen Instrumente schlagen wir an dieser Stelle deshalb vor, das gesamte Volumen der Energieabgaben, unabhängig von den externen Kosten, als Indikator zu verwenden. Für die Energiepolitik ist es letztlich von untergeordneter Bedeutung, ob Abgaben mit dem Ziel der Internalisierung, der Verbrauchslenkung oder aus fiskalischen Gründen erhoben werden. In der Praxis liegt meist eine Mischung von Zielen vor. Um die Ziele der Energie- und der Klimapolitik zu erreichen, werden in aller Regel Abgaben vorgeschlagen, die wesentlich über den derzeitigen Abgaben liegen. Daher kann bis auf Weiteres vereinfacht als Zielrichtung „höhere Abgaben“ angenommen werden. Selbstverständlich ist dieser Indikator nicht unproblematisch, da jede staatliche Massnahme Vor- und Nachteile hat. Dies gilt aber ebenso für die anderen Politikindikatoren, die ja konzeptgemäss im Rahmen des Indikatorensystems nicht auf ihre Effizienz und Wirksamkeit hin überprüft werden (es geht um eine Messung der Intensität, nicht der Wirksamkeit der staatlichen Politik!).

Die benötigten statistischen Daten zur Erhebung dieses Indikators sind vorhanden: Die Einnahmen lassen sich aus der Rechnung des Bundes ermitteln, die Gesamtausgaben aus der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung. Denkbar wäre auch eine Differenzierung nach Energieträgern.

#### Verworfenener Indikator

Beim vorgeschlagenen Indikator eignet sich der Bezug zu den gesamten Steuereinnahmen des Bundes resp. der öffentlichen Hand nicht, da die gesamte Steuerlast aus diversen Gründen variieren kann und zudem auch Abgaben mit Rückerstattung berücksichtigt werden sollen.

#### 7.5.5 Wettbewerb

☛ Liberalisierter Strommarkt: Anteil des Stromverbrauchs, der unter den Bedingungen des freien Wettbewerbes gehandelt wird [%]; gewünschte Entwicklung: keine.

Da im Bereich der nicht leitungsgebundenen Energieträger ohnehin Wettbewerb herrscht, sollte sich der Indikator auf die leitungsgebundenen Energieträger konzentrieren. Hier ist der Strommarkt mit Abstand am wichtigsten.

Im Rahmen der Energiemarktliberalisierung dürfte ohnehin ein Monitoring für die Auswirkungen der Neuordnung eingerichtet werden. In diesem Rahmen sollten die für diesen Indikator benötigten Daten erhoben werden.

### 7.5.6 Subventionen

- ✚ Energiepolitische Subventionen: Staatliche Subventionen, welche die Förderung der Energieeffizienz oder der Verwendung einheimischer und/oder erneuerbarer Energieträger bezwecken, in Fr., gemessen am BIP [%]; gewünschte Entwicklung: keine.

Auch Subventionen können, sofern sie zweckmässig ausgerichtet werden, einen Beitrag zur Nachhaltigkeit des Energiesystems liefern. Da im Rahmen eines Indikatorensystems aber keine Evaluation über die Wirksamkeit von Subventionen durchgeführt wird, richten wir für die Messung der Politikanstrengungen unser Augenmerk einmal mehr auf den Input: das Geld. Um diese Ausgaben aber mittelfristig rechtfertigen zu können, sind Evaluationen über die Wirksamkeit der Massnahmen, die ausserhalb des Indikatorensystems durchgeführt werden, unerlässlich.

Die hier betrachteten Subventionen können verschiedene Formen annehmen: Darunter könnte die Unterstützung von Pilotanlagen fallen, die eine Steigerung der Energieeffizienz bezwecken. Auch Subventionen für neue Technologien, welche die Verwendung erneuerbarer Ressourcen erleichtern oder Gelder, die gewisse Formen von Endenergie für den Verbraucher verbilligen, fallen unter den hier verwendeten Subventionsbegriff. Bei der Anwendung dieses Indikators sollten jedoch Überschneidungen mit den Indikatoren für Forschung bzw. Information vermieden werden.

Es wäre sinnvoll, das Subventionsvolumen von Bund und Kantonen in den Indikator einfließen zu lassen, während die nur vereinzelt ausgerichteten Beiträge von Gemeinden vernachlässigt werden könnten. Die Daten sind vorhanden, müssen aber evtl. bereinigt und zusammengestellt werden.

### 7.5.7 Freiwillige Massnahmen

- ✚ Durch freiwillige Vereinbarungen gesparte Energie: Gesamtenergiemenge [GJ], die durch freiwillige Vereinbarungen des Bundes oder der Kantone im laufenden und den neun folgenden Jahren eingespart werden kann, ermittelt aus den aktuellen Szenarien im Vergleich zu einem Szenario ohne diese Vereinbarungen; gewünschte Entwicklung: keine.

Freiwillige Vereinbarungen als Teil des Bereichs „Freiwillige Massnahmen“ sind ein Versuch der Behörden, den Verbrauch (und damit die Emissionen) fossiler Brenn- und Triebstoffe ohne den Erlass neuer Vorschriften auf der Basis von Leistungsaufträgen und Abmachungen mit Branchen oder grossen Verbrauchern zu reduzieren. Im Bundesgesetz über die Redukti-

on der CO<sub>2</sub>-Emissionen<sup>122</sup> ist dieser Mechanismus explizit erwähnt: Eine CO<sub>2</sub>-Abgabe soll nur erhoben werden, falls das vereinbarte Reduktionsziel mittels freiwilliger Massnahmen und anderen politischen Instrumenten nicht erreicht werden kann. Im Bereich der Geräte (z.B. Haushalt- und Elektronik-Geräte) sowie der Fahrzeuge (Flottenverbrauch) wurden bereits Vereinbarungen getroffen.

Wie viel effektiv dank den Vereinbarungen eingespart wird, ist selbst durch Evaluationen ex post nicht immer einfach festzustellen, weil der Referenzfall („ohne Vereinbarungen“) nur abgeschätzt werden kann und die Wirkung der Vereinbarungen oftmals nur schwer zu isolieren ist. Dennoch erscheint uns ein Indikator, der z.B. nur die Anzahl getroffenerer Vereinbarungen oder nur die Zahl der eingebundenen Verbraucher (oder deren Verbrauch) misst, zu ungenau. Wir schlagen vor, trotz unvermeidlicher Ungenauigkeiten, auf den Szenarien aufzubauen, die in aller Regel beim Abschluss einer Vereinbarung erstellt werden, und welche die Wirkung der Vereinbarungen im Vergleich zu einer unbeeinflussten Entwicklung quantifizieren. Wir schlagen vor, die derart im Voraus abgeschätzten Wirkungen für zehn Jahre zu ermitteln und zu addieren (unter Verzicht auf Diskontierung), also für das jeweilige Bezugsjahr plus die nächsten neun Jahre.

Eine Folge dieses Vorschlags ist, dass eine unveränderte Vereinbarung zu einem höheren ausgewiesenen Spareffekt führt, wenn der Verbrauch im betreffenden Sektor zunimmt, also z.B. mehr Wäschetrockner verkauft und verwendet werden. Dies halten wir aber für wenig problematisch, da dieser Effekt (eine Art politischer „Mitnahmeeffekt“) ja aus energiepolitischer Sicht erwünscht ist und eine konstante Politik bei zunehmendem Verbrauch (und damit zunehmendem „Druck“ der Verbrauchergemeinschaft) durchaus als Intensivierung der Politik ausgewiesen werden darf.

### **Verworfenne Indikatoren**

- Energievolumen, das durch Abkommen über freiwillige Massnahmen betroffen ist [GJ];. Die Griffigkeit der Vereinbarungen wird in keiner Form ausgewiesen. Zudem bestünde die Möglichkeit einer paradoxen Indikatorentwicklung: Falls unerwünschterweise der Energieverbrauch des betreffenden Energieträgers zunähme, würde eine Verbesserung angezeigt.
- „Aktive“ Abkommen über freiwillige Massnahmen mit dem Ziel einer Verbrauchs- oder Emissionsreduktion fossiler Energieträger [Anzahl]; Dieser Indikator scheint uns zu wenig aussagekräftig.

---

<sup>122</sup> Vgl. SR 641.71.

### 7.5.8 Vorschriften (Verbrauchsstandards)

☞ Durch Verbrauchsvorschriften i.w.S. gesparte Energie: Gesamtenergiemenge [GJ], die durch Verbrauchsvorschriften i.w.S. des Bundes oder der Kantone im laufenden und den neun folgenden Jahren eingespart werden kann, ermittelt aus den aktuellen Szenarien im Vergleich zu einem Szenario ohne diese Vorschriften; gewünschte Entwicklung: keine.

Vorschriften über die minimale Energieeffizienz von energietechnischen Anlagen, Gebäuden, Geräten und Fahrzeugen nehmen eine wichtige Stellung im Werkzeugkasten staatlicher Handlungsinstrumente ein. Trotz ihrer – aus ökonomischer Sicht – theoretisch ungenügenden Effizienz haben sie sich zur rascheren Durchsetzung neuer Technologien als recht wirksam erwiesen.

Angesichts der Vielfalt von Vorschriften stellen sich allerdings grosse Probleme, einen oder einige wenige Indikatoren zu definieren. Der oben erwähnte vorgeschlagene Indikator soll sich auf die Szenarien abstützen, die im Rahmen der Energieperspektiven sowie der ex-ante-Analyse von energiepolitischen Massnahmen errechnet werden. Allenfalls müsste ein Referenzszenario neu berechnet werden (heute meist: „beschlossene Politik“, neu für diesen Zweck: Hypothetische Entwicklung bei sofortigem Verzicht auf alle Verbrauchsvorschriften). Hingegen schlagen wir vor, auf noch ausgeklügeltere Indikatoren, die auch die Annäherung an die „best available technology“ (BAT)<sup>123</sup> ausdrücken würden, ebenso zu verzichten wie auf stark vereinfachte im Stil von Anzahl der Vorschriften<sup>124</sup>, welche seit einem Stichtag neu geschaffen oder verschärft wurden [in % der bestehenden und neuen Vorschriften];

Entsprechend verwerfen wir folgende andere denkbare Indikatoren:

- Energieverbrauch aller von Vorschriften betroffenen Geräte [GJ]; Dieser Indikator ist relativ einfach messbar, aber nicht unbedingt aussagekräftig, weil die „Schärfe“ der Vorschriften nicht erfasst wird; weiter könnte gegen diesen Indikator angeführt werden, dass, dass eine steigende Zahl von Verbrauchern (Geräten etc.) bei gleichen oder sogar gelockerten resp. nicht konsequent vollzogenen Vorschriften fälschlicherweise eine Intensivierung der Politik suggerieren würde.

<sup>123</sup> Entscheidend ist letztlich, wie „streng“ die Vorschriften sind, d.h. wie gross die Annäherung an die „best available technology“ (BAT) ist und wie gross der durch die Vorschriften betroffene Energieverbrauch ist. Dabei muss allerdings verhindert werden, dass ein Indikator eine Verstärkung der Politik ausweist, nur weil die Anzahl von durch Vorschriften erfassten Geräten (z.B. PC) steigt.

Denkbar wäre eine aggregierte Masszahl, welche ausdrücken würde, wie weit die Vorschriften für neue Geräte und Anlagen dem aktuellen Durchschnitt „voraus“ sind, d.h. viele GJ Energie gespart würden, wenn der gesamte Geräte- und Gebäudepark den Vorschriften für neue Geräte und Gebäude entsprechen würde. Noch genauer: Es müsste auch der Zeitverzögerung bis zur vollen Marktdurchdringung mit den neuen Geräten Rechnung getragen werden.

Nimmt man die Differenz zwischen BAT und heutigem Durchschnittsverbrauch, so könnte ein Indikator ausdrücken, wie viele Prozent dieses Potenzials durch die Vorschriften ausgeschöpft wird, sofern alle Geräte, Anlagen etc. sofort auf den Stand der Vorschriften verbessert würden. Bei unveränderten Vorschriften zeigt dieser Indikator eine Abnahme, sobald sich der aktuelle Verbrauchsdurchschnitt dem vorgeschriebenen Wert annähert. Nimmt jedoch der aktuelle Verbrauchsdurchschnitt trotz Vorschriften weiter zu, so verbessert sich der Indikator paradoxerweise.

<sup>124</sup> Vorschriften im Sinne der Beschreibung in Tabelle 10, Seite 88.

- Energieverbrauch aller von **neuen** Vorschriften betroffenen Geräte [GJ]; Dieser dynamische Indikator wäre aus den neuen resp. verschärften Vorschriften ableitbar. Aus den Energieperspektiven und den Evaluationen für einzelne Bereiche, in denen Vorschriften bestehen hierzu recht viele Angaben.
- Potenzielle Einsparung wenn der aktuelle, durchschnittliche Energieverbrauch von Gebäuden, Geräten, Fahrzeugen, Anlagen etc., für die verbindliche Verbrauchsvorschriften bestehen, per sofort diesen Vorschriften entsprechen würde [MJ];. Auch hier ist ein paradoxes Ergebnis möglich: Der Indikator zeigt eine Verbesserung an, wenn der Energieverbrauch unerwünschterweise steigt.
- Anzahl der Vorschriften<sup>125</sup>, welche seit einem Stichtag neu geschaffen oder verschärft wurden [in % der bestehenden und neuen Vorschriften];

---

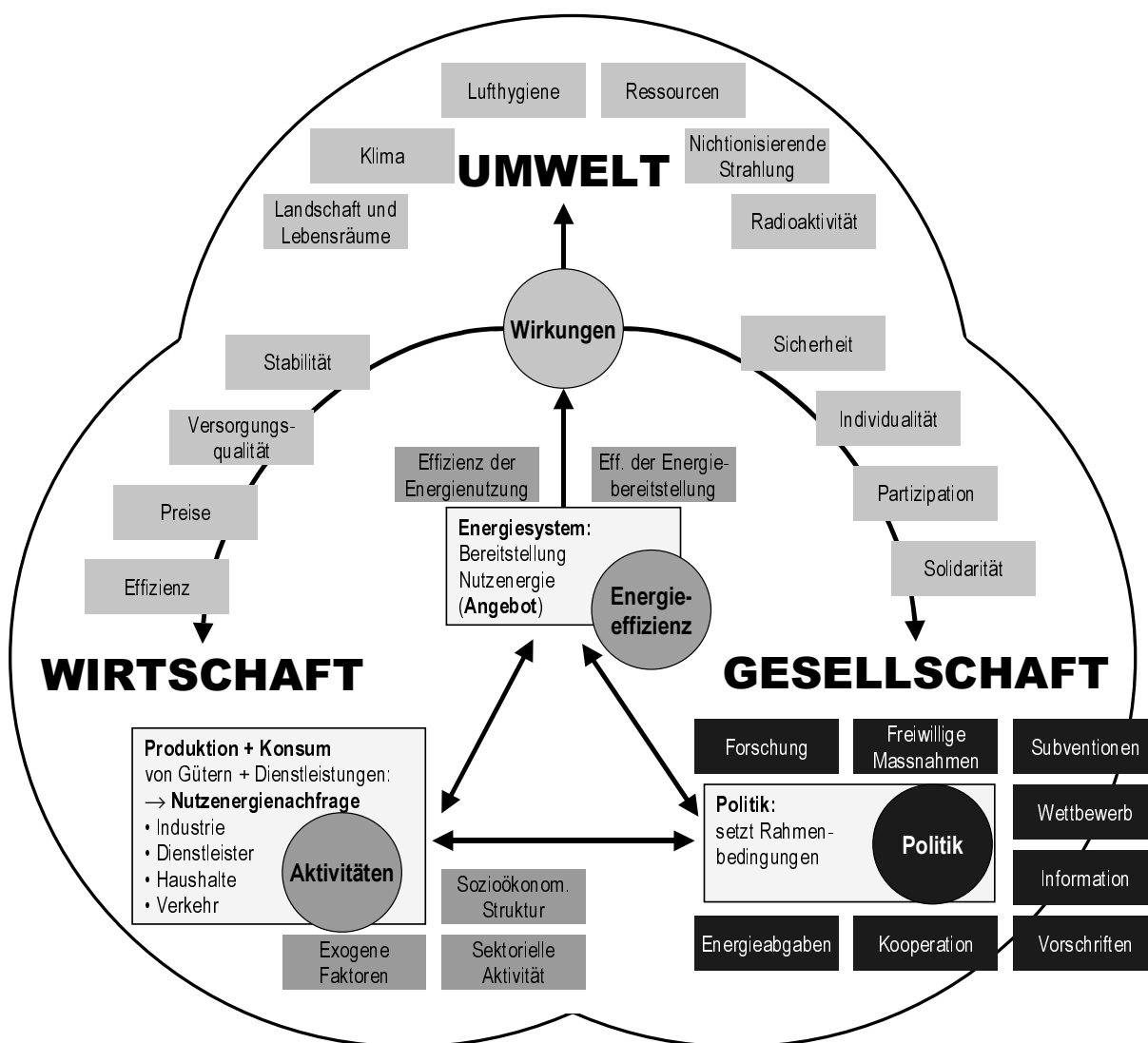
<sup>125</sup> Vorschriften im Sinne der Beschreibung in Tabelle 10, Seite 88.



## 8 Synthese und Empfehlungen

### 8.1 Zusammenfassung der vorgeschlagenen Kriterien und Indikatoren

Figur 16 fasst die vorgeschlagenen Kriterien für die Nachhaltigkeit des Energiebereichs zusammen und bettet sie in unser Indikatormodell ein.



Figur 16: Zusammenfassung der vorgeschlagenen Kriterien, geordnet nach Indikatortypen

Die nachfolgende Tabelle 14 listet die insgesamt 27 Kriterien und 60 Indikatoren, die wir vorschlagen (10 Umwelt, 10 Wirtschaft, 6 Gesellschaft, 16 Aktivitäts- und 10 Energieeffizienz-Indikatoren sowie 8 Politikindikatoren), im Einzelnen auf.

Kriterien	Indikatoren	Ziel- richtung	Erhebungs- aufwand
<b>1. Wirkungen auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft</b>			
Ressourcen	Primärenergieverbrauch [PJ/a, nach Energieträgern]	↓	gering *
Landschaft & Lebensräume	Konfliktpotenzial von Übertragungsleitungen [km Leitungen mit geringem / mittlerem / hohem Konfliktpotenzial]	↓	mittel - gross
	Belastung der Fliessgewässer durch Wasserkraftnutzung [km ungenutzte, leicht, mittel, stark genutzte Gewässer]	↓	mittel - gross
Klima	Treibhausgasemissionen [t CO <sub>2</sub> -Äquivalente /a]	↓	gering *
Lufthygiene	NO <sub>x</sub> -, PM <sub>10</sub> - und NMVOC-Emissionen [t/a]	↓	gering *
Radioaktivität	Radioaktive Emissionen in Luft und Gewässer [Bq über Zeitraum X]	↓	mittel *
	Radioaktive Abfälle [m <sup>3</sup> /a, differenziert nach notwendigen Einschlusszeiten]	↓	gering
Nichtionisierende Strahlung	Belastung durch Übertragungsleitungen [Anzahl Personen]	↓	mittel - gross
Versorgungsqualität	Zuverlässigkeit (Ausgefallene Energielieferungen differenziert nach Energieträgern) [MJ]	↓	mittel
	Selbstversorgung (Anteil des schweizerischen Energieverbrauchs, der aus inländischen Quellen gedeckt werden kann) [%]	↑	gering
	Diversifikationsgrad des Schweizerischen Energiesystems [--];	↑	gering
Preise	Endenergiepreisindex der Haushalte [Indexpunkte]	↓	gering
	Energiepreise für Unternehmungen: Energiepreisindex für Schweizer Produzenten im Vergleich zu OECD Ländern [Indexpunkte]	↓	mittel
	Volatilität der Elektrizitätspreise, gemessen am Swiss Electricity Price Index (SWEP) [--]	↓	gering
	Volatilität der Ölpreise [--]	↓	gering
Effizienz	Internalisierungsbedarf: Nicht-internalisierte externe Kosten differenziert nach Energieträgern [CHF]	↓	gross
	Innovation: Aktivität der energierelevanten schweizerischen Forschung [Anzahl Zitierungen gemäss SCI]	↑	mittel

Stabilität	Arbeitslose aus der Energiebranche: Anzahl Personen, die ALV beziehen oder ausgesteuert sind und zuletzt in der Energiebranche gearbeitet haben [Anzahl Personen]	↓	gering - mittel
Solidarität (Service Public)	Regionale Preisdifferenzen: Durchschnittlicher Preis im teuersten Dezil in Prozent des durchschnittlichen Preises im günstigsten Dezil [%];	↓	mittel - gross
Partizipation	Zufriedenheit mit Partizipationsmöglichkeiten: Anteil der erwachsenen Bevölkerung, der mit den Mitbestimmungsmöglichkeiten im Energiebereich (Politik, Planung, Projekte) zufrieden ist [%];	↑	mittel - gross
Individualität	Öko-Strom-Bezugsmöglichkeit: Anteil der Schweizer Bevölkerung, die vom lokalen Stromanbieter ein Angebot haben, Öko-Strom zu beziehen [%]	↑	mittel - gross
	Datenschutzprobleme: Meldungen an den Datenschutzbeauftragten, die im Zusammenhang mit der Energiewirtschaft stehen [Anzahl Meldungen];	↓	mittel
Sicherheit	Personenschäden durch Unfälle [Anzahl verletzte und getötete Personen im Zusammenhang mit Energienutzung im Haushalt oder am Arbeitsplatz in der Schweiz]	↓	mittel
	Gesamtsystemrisiko [--]	↓	gross
<b>2. Aktivitäten der Verbrauchergruppen</b>			
Sektorielle Aktivität	Energiebezugsfläche der Haushalte [m <sup>2</sup> ]	--	gering
	Elektrogeräte pro Haushalt [Anzahl]	--	?
	Energiebezugsfläche des Dienstleistungssektor [m <sup>2</sup> ]	--	gering
	ev. Indikator zu Elektrogeräten im Dienstleistungssektor	--	?
	Index der Industrieproduktion [--]	--	gering
	Fahrleistungen Personenwagen [Fzkm/a]	--	gering
	Fahrleistungen Last- und Lieferwagen [Fzkm/a]	--	gering
	Flugreisen der Bevölkerung [Anzahl/a]	--	gering
	Endenergieverbrauch [PJ, nach Verbrauchergruppen]	↓	gering
Sozioökonomische Struktur	Durchschnittliche Haushaltgrösse [Anzahl Personen]	--	gering
	Wertschöpfung im Dienstleistungssektor [Fr.]	--	gering
	Import/Export-Saldo energieintensiver Güter [Einheiten]	--	mittel
	Personenwagenbestand [--]	--	gering
Exogene Faktoren	Wohnbevölkerung [--]	--	gering
	Bruttoinlandprodukt [Fr.]	--	gering
	Klimatische Bedingungen [Anzahl Heizgradtage]	--	gering

3. Energieeffizienz			
Effizienz der Energie-nutzung	Spezifischer Heizenergiebedarf Haushalte [J/m <sup>2</sup> ]	↓	gering
	Energieverbrauchsindex Elektrogeräte in Haushalten [--]	↓	gross?
	Spezifischer Heizenergiebedarf DL-Sektor [J/m <sup>2</sup> ]	↓	gering
	Energieverbrauchsindex Elektrogeräte im DL-Sektor [--]	↓	gross?
	Energieverbrauchsindex Industrieproduktion [--]	↓	gross?
	Spezifischer Verbrauch Personenwagen [J/Fzkm]	↓	gering
	Spezifischer Verbrauch Last- und Lieferwagen [J/Fzkm]	↓	gering
	Spezifischer Verbrauch Flugreisen [J/Pkm]	↓	gering
Effizienz der Energie-versorgung	Anteile der erneuerbaren Energieträger am Endenergieverbrauch [%]	↑	gering
	Wirkungsgrad der Endenergiebereitstellung [%, nach Energieträgern]	↑	gering
4. Politikmassnahmen			
Kooperation	Energiestadt-Bevölkerung (Anteil der Schweizer Bevölkerung, die in Energiestadt-Gemeinden lebt) [%]	--	gering
Information	Informationsaufwendungen (gesamte Aufwendungen des Staates für Weiterbildung und Informationskampagnen in der Energiepolitik), in Fr. gemessen am BIP [%]	--	mittel
Forschung	Staatliche Gelder, die für Forschungsprojekte im Zusammenhang zur Nachhaltigkeit des Energiebereichs eingesetzt werden, gemessen am BIP [%]	--	mittel
Energieabgaben	Anteil Abgaben an Energiepreisen (gesamtes Abgabevolumen aus staatlichen Energieabgaben gemessen an den Gesamtausgaben für Energie von Haushalten und Unternehmen) [%]	--	gering
Wettbewerb	Liberalisierter Strommarkt (Anteil des Stromverbrauchs, der unter den Bedingungen des freien Wettbewerbes gehandelt wird) [%]	--	gering - mittel
Subventionen	Energiepolitische Subventionen (Staatliche Subventionen, welche die Förderung der Energieeffizienz oder der Verwendung einheimischer und/oder erneuerbarer Energieträger bezwecken) in CHF, gemessen am BIP [%]	--	gering - mittel
Freiwillige Massnahmen	Durch freiwillige Vereinbarungen gesparte Energie: Gesamtenergiemenge [GJ] in den nächsten zehn Jahren	--	mittel
Vorschriften (Verbrauchsstandards)	Durch Verbrauchsvorschriften i.w.S. gesparte Energie: Gesamtenergiemenge [GJ] in den nächsten zehn Jahren	--	mittel

*Tabelle 14: Zusammenfassung der vorgeschlagenen Kriterien und Indikatoren. „Erhebungsaufwand“ bezeichnet den Zusatzaufwand der Erhebung und Fortschreibung im Rahmen des Systems Nachhaltigkeitsindikatoren. \* Annahme: Graue Emissionen ausserhalb der Schweiz können anhand Ecoinvent-Datenbank periodisch aktualisiert werden.*

## 8.2 Möglichkeiten und Grenzen des vorgeschlagenen Systems

### 8.2.1 Was ist neu?

Nach unserer Einschätzung kann das vorgeschlagene Indikatorensystem in verschiedener Hinsicht als deutlicher Fortschritt gewertet werden:

- Es konnte ein breiter Überblick über die rasch wachsenden Bestrebungen und Publikationen zu Energie- und Nachhaltigkeitsindikatoren erarbeitet werden. Dabei wurden deutliche Lücken bei der grundlegenden Konzeption (Einteilung in Indikatortypen), bei den sozialen und wirtschaftlichen Kriterien und Indikatoren sowie beim unklaren Bezug vieler Energieindikatorensysteme zur Nachhaltigkeit festgestellt.
- Es wurde eine neue Einteilung in Indikatorentypen (Aktivitäten, Politik, Energieeffizienz, Wirkungen) erarbeitet, die möglicherweise Impulse auch für ähnliche Konzepte geben kann.
- Zu den Wirtschafts- und Gesellschaftsindikatoren wurden primär ausgehend von den Zielen der Nachhaltigkeit (also top-down) systematisch Kriterien hergeleitet, die einen Beitrag zur Schliessung der Lücken in diesem Bereich leisten. Im Umweltbereich wurden eine energiespezifische Auswahl von Kriterien getroffen und mit zweckmässigen Indikatoren versehen.
- Mit den total 60 Indikatoren (10 Umwelt, 10 Wirtschaft, 6 Gesellschaft, 16 Aktivitäts- und 10 Energieeffizienz-Indikatoren sowie 8 Politikindikatoren) wurde eine recht breite Abdeckung der wichtigen Aspekte erreicht, während die Übersichtlichkeit dank der klaren Einteilung in Typen relativ gut gewahrt bleibt.

### 8.2.2 Was bleibt zu tun?

Auftragsgemäss konnte nicht in einem Schritt ein unmittelbar anwendbares, umfassendes, leicht zu erhebendes und zugleich leicht verständliches Konzept geschaffen werden. Zu Vertiefungen Anlass geben könnten insbesondere folgende Punkte:

- **Vertiefte Diskussion von Indikatoren in einigen Bereichen:** In mehreren Bereichen sind die vorgeschlagenen Indikatoren nicht die einzig denkbaren (vgl. Kapitel 7). Oftmals ist eine Wahl zu treffen zwischen differenzierten, aber schwierig zu erhebenden und einfachen, aber leicht zu erhebenden und kommunizierbaren Indikatoren. Um Vor- und Nachteile dieser Varianten zu analysieren, sind z.T. vertiefte Abklärungen und Gespräche mit SpezialistInnen nötig.
- **Datenlage/Erhebbarkeit:** Einige Indikatoren sind aus verfügbaren Statistiken zu entnehmen, andere würden neue Erhebungen erfordern. Bevor an eine einmalige oder wiederholte Erhebung der Daten gedacht wird, müsste die Machbarkeit einer Reihe von Indikatoren vertiefter analysiert werden (vgl. dazu Tabelle 15).

- Zielwerte und Aggregation:** Wie in Kapitel 3 erwähnt, ist die Formulierung der Zielrichtung für alle Wirkungsindikatoren möglich (siehe oben stehende Tabelle), hingegen ist die Festlegung von Zielwerten mit wenigen Ausnahmen sehr schwierig resp. in hohem Mass von Werturteilen abhängig (z.B. regionale Solidarität) oder gar völlig unmöglich (z.B. Energiepreis für Haushalte). Ebenso ist die Festlegung von Gewichten, die für eine Aggregation (z.B. im Sinne einer Nutzwertanalyse) notwendig wäre, aus unserer Sicht nicht zweckmässig, weil dadurch zu viele Informationen verloren gehen und zu viele Werturteile einfließen. Denkbar ist eine – allerdings ebenfalls mit Werturteilen verbundene – Teilaggregation zu je einem Indikator für Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft. Insgesamt sehen wir in diesen beiden Punkten (Zielwerte und Aggregation) gegenwärtig wenig Sinn für eine Vertiefung. Zudem verweisen wir auf die diesbezügliche Arbeit des CUEPE, welche parallel zur vorliegenden Arbeit durchgeführt wurde.

### 8.2.3 Zur Datenlage

Freundlicherweise hat uns Herr Felix Andrist vom BFE zusammengestellt, welche Daten zu den vorgeschlagenen Indikatoren beim BFE vorhanden sind. Nicht integriert sind die Daten aus anderen Ämtern (BFS, BUWAL etc.).

Es zeigt sich wie z.T. bereits im Kapitel 7 diskutiert, dass nur ein kleiner Teil der Daten ohne zusätzliche Erhebungen oder zumindest Aufbereitungen vorhanden ist. Wenn die Zielsetzung für das weitere Vorgehen also z.B. „rasche und kostengünstige Einführung“ lautet, müssten viele Indikatoren ersetzt, vereinfacht oder weggelassen werden.

Kriterien	Indikatoren	Datenlage BFE		
		GEST	Modelle	IEA
<b>1. Wirkungen auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft</b>				
Ressourcen	Primärenergieverbrauch [PJ/a, nach Energieträgern]			vorhanden
Klima	Treibhausgasemissionen [t CO <sub>2</sub> -Equivalent /a]	1990		
Versorgungsqualität	Selbstversorgung (Anteil des Schweizerischen Energieverbrauchs, der aus inländischen Quellen gedeckt werden kann) [%]	vorhanden		
	Diversifikationsgrad des Schweizerischen Energiesystems [--];	vorhanden		
Preise	Energiepreise für Unternehmungen: Energiepreisindex für Schweizer Produzenten im Vergleich zu OECD Ländern [Indexpunkte]			vorhanden

2. Aktivitäten der Verbrauchergruppen				
Sektorielle Aktivität	Energiebezugsfläche der Haushalte [m <sup>2</sup> ]		1990	
	Energiebezugsfläche des Dienstleistungssektor [m <sup>2</sup> ]		1990	
	Fahrleistungen Personenwagen [Fzkm/a]		1990	
	Fahrleistungen Last- und Lieferwagen [Fzkm/a]		1990	
	Endenergieverbrauch [PJ, nach Verbrauchergruppen]	1999		
Exogene Faktoren	Klimatische Bedingungen [Anzahl Heizgradtage]	vorhanden		
3. Energieeffizienz				
Energieeffizienz	Spezifischer Heizenergiebedarf Haushalte [J/m <sup>2</sup> ]		1990	
	Spezifischer Heizenergiebedarf DL-Sektor [J/m <sup>2</sup> ]		1990	
	Anteile der erneuerbaren Energieträger am Endenergieverbrauch [%]		1990	
4. Politikmassnahmen				
Energieabgaben	Anteil Abgaben an Energiepreisen (gesamtes Abgabevolumen aus staatlichen Energieabgaben gemessen an den Gesamtausgaben für Energie von Haushalten und Unternehmungen) [%]			vorhanden

Tabelle 15: Beim BFE verfügbare Daten für die vorgeschlagenen Indikatoren.  
Quelle: persönliche Mitteilung Felix Andrist, BFE

#### 8.2.4 Wozu kann das Indikatorensystem dienen - wozu nicht?

Ein Indikatorensystem ist keine eierlegende Wollmilchsau. Die folgenden Verwendungsmöglichkeiten wollen wir kurz diskutieren:

- **Nationale Bestandsaufnahme:** Das Indikatorensystem ist eine Auswahl und damit eine Prioritätensetzung aus einer Vielzahl von möglichen Kennwerten. Es erlaubt daher einen raschen Überblick über die Schlüsselgrössen einer nachhaltigen Energiepolitik. Durch die Einteilung in die Typen Aktivitäts-, Energieeffizienz-, Politik- und Wirkungs-Indikatoren werden vereinfacht die grundlegenden Wirkungszusammenhänge wiedergegeben und mit Schlüsselgrössen versehen.

- **Zeitreihen:** Grundsätzlich eignen sich alle Indikatoren für die Erstellung von Zeitreihen, allerdings müssten einige Indikatoren neu erhoben werden, und ein Konzept für eine Fortschreibung in Jahres- oder Mehrjahresrhythmen müsste noch erarbeitet werden.
- **Vergleich mit Zielwerten:** Für alle Indikatoren wurde die *Zielrichtung* festgelegt, mit Ausnahme der Aktivitätsindikatoren, die als unabhängige Variable des Systems rein logisch gesehen gar keine Zielrichtung aufweisen können. Somit lässt sich z.B. im Zeitreihenvergleich sagen, ob sich ein Indikator verbessert oder verschlechtert hat. Eine andere Frage ist die Festlegung von *Zielwerten*. Wie oben bereits erwähnt, eignen sich nicht alle Indikatoren für die Festlegung von absoluten Zielwerten, entweder aus methodischen Gründen oder weil in hohem Ausmass Werturteile mit deren Festlegung verbunden wären. Daher eignet sich das Indikatorensystem als Ganzes nicht, um Aussagen vom Typ „im Bereich xxx ist das Energiesystem nachhaltig, im Bereich yyy sind wir noch am weitesten von den Zielen entfernt“ zu treffen. Insbesondere für einige Umweltkriterien liegen allerdings durchaus naturwissenschaftliche Grundlagen zu absoluten Belastungsgrenzen und/oder politisch definierte (Zwischen-)Ziele vor (z.B. CO<sub>2</sub>-Reduktionsziel), die z.T. auch sektoral aufgeteilt wurden (z.B. Reduktionsbeiträge Brenn- vs. Treibstoffe). In diesen Fällen kann ein Vergleich mit Zielwerten vorgenommen werden.
- **Gesamtbewertung:** Eine Gesamtbewertung im Sinne von „der Energiesektor in der Schweiz ist nachhaltiger geworden“ lässt sich bei Verzicht auf eine Aggregation streng genommen nur treffen, falls sich alle Indikatoren in die gleiche Richtung (z.B. Verbesserung) verändern, was kaum je der Fall sein dürfte. Falls dennoch eine solche Aussage gewünscht ist, lässt sie sich durch eine politisch vorzunehmende Skalierung und Gewichtung der Indikatoren (Nutzwertanalyse) erzielen, so dass hierfür das Indikatorensystem eine gute Grundlage hergibt.
- **Wirkungsanalyse:** Ein Indikatorensystem ist kein Wirkungsmodell! Wie in Kapitel 3 ausführlicher erläutert, wurden zwar im vorliegenden Modell nebst den Wirkungsindikatoren auch Politik-, Aktivitäts- und Energieeffizienz-Indikatoren aufgenommen: Damit sind implizit Aussagen über die Wechselwirkungen und Kausalbeziehungen verbunden. Diese Wechselwirkungen werden aber in keinem Fall quantifiziert oder modelliert. Ebenso wenig kann das Indikatorensystem vertiefte ex-ante oder ex-post-Analysen von einzelnen politischen Massnahmen oder anderen Wirkungsketten ersetzen. Das Indikatorensystem kann allerdings als Orientierungsrahmen helfen, bei Wirkungsmodellen und Evaluationen die Zielgrössen (z.B. eben die vorgeschlagenen Wirkungsindikatoren) rasch zu definieren.
- **Sektorenvergleiche:** Ein Vergleich mit Nachhaltigkeitsindikatoren anderer Sektoren (z.B. Landwirtschaft) ist möglich, sofern die Indikatoren überein stimmen. Auftragsgemäss haben wir auf diese Kompatibilität keinen grossen Wert gelegt und uns vielmehr darauf konzentriert, für den Energiebereich die zweckmässigsten Indikatoren vorzuschlagen. Längerfristig ist anzustreben, dass gewisse Kernindikatoren (z.B. CO<sub>2</sub>-Emissionen, Preisindizes, Arbeitslose etc.) in allen Sektoren gleich erhoben werden und dann auch verglichen werden können.

- **Internationale Vergleiche:** Theoretisch eignen sich die Indikatoren für internationale Vergleiche. Man darf sich aber keine Illusionen machen, dass diese auf internationaler Ebene jemals so erhoben werden, dass sie wirklich vergleichbar sind; praktisch ist also die Vergleichbarkeit nicht gegeben, weil wir dieser bewusst eine geringe Priorität gegeben haben - zu Gunsten der inneren Konsistenz und Vollständigkeit des Systems. Weiter stellt sich bei internationalen Vergleichen immer die Frage der Bezugsgrösse für die Indikatorwerte in absoluten Einheiten (z.B. CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf, pro BIP etc.). Für sinnvolle internationale Vergleiche wäre primär auf die Arbeiten der IEA und der EU abzustützen (vgl. Kapitel 4 und 5).
- **Regionale und lokale Anwendungen:** Grundsätzlich ist das System auch auf kantonaler oder kommunaler Ebene anwendbar. Allerdings dürfte vielerorts die Datenlage sehr schwierig sein, so dass eine aussagekräftige Regionalisierung mit vernünftigen Aufwand kaum machbar ist. Im Bereich der Politikindikatoren müsste zudem der unterschiedlichen Gewichtung der energiepolitischen Instrumente im Vergleich zur Bundesebene Rechnung getragen werden. Eine kantonal oder kommunal sinnvoll anwendbares Instrument müsste somit in einem nächsten Schritt noch erarbeitet werden.
- **Anwendungen für die Beurteilung von Projekten und politischen Massnahmen:** Das Indikatorensystem dient primär zur Charakterisierung der Entwicklungen auf nationaler Ebene und auf der Ebene der Energiepolitik, und ist somit für die Beurteilung von Projekten (z.B. Kraftwerksbauten) oder politischen Massnahmen (z.B. verschärfte Vorschriften) nicht ohne Anpassungen übertragbar. Die Überlegungen im Verkehrsbereich haben gezeigt, dass insbesondere Indikatoren zu den Projekt- oder Massnahmenkosten, zu den betriebs- und volkswirtschaftlichen Nutzen (Konsumentenrenten) und zur Akzeptanz konkreter Projekte ergänzt werden müssten, um das Indikatorensystem auf die Projekt- oder Massnahmen-Ebene herunterzubrechen. Weiter erfordert eine seriöse Projekt- und Politikbeurteilung eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem Wirkungsmodell, da ja ein Referenzfall „ohne Massnahme/Projekt“ mit einem Szenario „mit Projekt/Massnahme“ verglichen werden soll. Es ist aber wünschbar, dass das Indikatorensystem in diese Richtung ausgebaut wird und so zu einem Raster für **Zweckmässigkeitsbeurteilungen** werden könnte.

### 8.3 Empfehlungen

Aus den oben stehenden Ausführungen ergibt sich: Das Indikatorensystem ist als erster Wurf zu verstehen, der einige neue Gedanken einbringt, aber in verschiedener Hinsicht konsolidiert und ausgebaut werden sollte. Wir empfehlen daher Folgendes:

- Klärung der Ziele für die weitere Bearbeitung: Je nachdem, welchen Aspekten besonderes Gewicht zukommt (internationale Vergleichbarkeit, rasche Erhebbarkeit, differenzierte oder eher vereinfachende Indikatoren) müssen die Leitplanken für die weitere Bearbeitung anders gesteckt werden.
- Erste Vorschläge für die Umsetzung: Abhängig von der zu definierenden Zielsetzung und basierend auf einer etwas genaueren Klärung der Datenlage kann ein grober Vorschlag für die weitere Bearbeitung erstellt werden: Wird z.B. ein Set von Kernindikatoren (Headline-Indicators, Flagship-Indicators) angestrebt, das zudem ohne zusätzliche Erhebungen zu erstellen ist, können Vorschläge für eine Auswahl und nötigenfalls für vereinfachte Indikatoren gemacht werden.
- Breitere Abstützung, Workshop: Die Diskussionen wurden bisher in einem sehr kleinen Kreis von Fachleuten geführt. Wir empfehlen, einen Workshop mit rund 30 bis 40 Fachleuten oder einige themenspezifische Hearings, um die Vorschläge aus verschiedener Optik zu beleuchten und gleichzeitig in der Verwaltung breiter abzustützen.
- Vertiefungen: In einigen Bereichen sind Vertiefungen nötig. Dies betrifft insbesondere die Zweckmässigkeit und Machbarkeit von Indikatoren, namentlich in den Bereichen Energieeffizienz, Wirtschaft und Gesellschaft sowie graue Umweltwirkungen.
- Erhebung der Daten: Nach einer vertieften Prüfung der Zweckmässigkeit und der Erhebbarkeit der Indikatoren müssten, sofern dem System Leben eingehaucht werden soll, die Daten auch regelmässig aufbereitet und wo nötig erhoben werden.
- Broschüre: Zur besseren Kommunikation empfehlen wir, in einem noch zu definierenden Stadium des Projekts die wichtigsten Ergebnisse in einer leicht verständlichen Broschüre (z.B. ca. 12 Seiten, farbig) zu publizieren.
- Engere Kooperation: Es sind zahlreiche Bestrebungen im Bereich Indikatorensysteme im Gang. Das BFS und das BUWAL haben zusammen mit dem ARE im Januar 2001 an einem Seminar erstmals eine Plattform für einen breiten Austausch geschaffen. Dieser Austausch müsste fortgesetzt, intensiviert und auch mit den nötigen Ressourcen gepflegt werden.

## 9 Literaturverzeichnis

- Alison Gilbert 1996. Criteria for Sustainability in the Development of Indicators for Sustainable Development. *Chemosphere* 33/9:1739-1748
- Alpenkonvention 2000. *Des objectifs de qualité environnementale pour les Alpes*. Alpenkonvention
- Althaus, Hans-Jörg, Anne Haas, Markus Zimmermann 2000. Zur Messbarkeit von Nachhaltigkeit. ZEN-Standard für ökologisch nachhaltiges Bauen. *tec21* 47/2000, p.11–16
- BAK 2000, Konjunkturforschung Basel. *Wirtschaftliche Leistungsfähigkeit – Umweltverträglichkeit - Gesellschaftliche Ausgewogenheit. Eine Analyse der nachhaltigen Entwicklung im internationalen Vergleich und in ausgewählten Schweizer Kantonen*. Basel
- Balthasar Andreas 2000. *Energie2000. Programmwirkungen und Folgerungen aus der Evaluation*. Chur, Zürich.
- BAV 2000, Bundesamt für Verkehr. *Ziel- Indikatorensystem für die Beurteilung von Verkehrssinfrastrukturvorhaben*. Diskussionsgrundlage
- Becher Stefan 1997. *Biogene Festbrennstoffe als Substitut für fossile Brennstoffe – Energie und Emissionsbilanzen*. Stuttgart, IER
- BFE 2000a, Bundesamt für Energie. *Sachplan Übertragungsleitungen*. Stand November 2000. [www.admin.ch/bfe](http://www.admin.ch/bfe)
- BFE 2000b, Bundesamt für Energie. *Verbesserte Deckung des Nuklearrisikos zu welchen Bedingungen?* Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen. Bern
- BFE 2000c, Bundesamt für Energie. *Entwicklung und Bestimmungsgründe des Energieverbrauchs 1990 bis 1999 und 2000. Synthesebericht*. Bern, EDMZ
- BFE 2000d, Bundesamt für Energie. *Schweizerische Gesamtenergiestatistik 1999*. Bern, EDMZ
- BFE 2000e, Bundesamt für Energie. *Energieperspektiven Verkehr. Aktualisierung Grundszenario*. Autor: INFRAS, Bern
- BFS & BUWAL 1997, Bundesamt für Statistik und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. *Umwelt in der Schweiz*. Bern
- BFS & BUWAL 1999, Bundesamt für Statistik und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. *Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz - Materialien für ein Indikatorensystem*. Neuchâtel.
- BFS & BUWAL 2000a, Bundesamt für Statistik und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. *Hearings über Nachhaltigkeitsindikatoren – Zusammenfassung, September bis November 1999*. Bern/Neuchâtel
- BFS & BUWAL 2000b, Bundesamt für Statistik und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. *Projekt MONET – Monitoring der nachhaltigen Entwicklung. Projektbeschreibung und Arbeitsplanung*. Neuchâtel
- BFS 1999, Bundesamt für Statistik. *Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz. Materialien für ein Indikatorensystem*. Neuchâtel, Bundesamt für Statistik/BUWAL
- BLW 2000, Bundesamt für Landwirtschaft. *Agrarbericht 2000*. Bern

- BMW 1997, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. *Energie-Effizienz-Indikatoren: Statistische Grundlagen, theoretische Fundierung und Orientierungsbasis für die politische Praxis*. Kurzfassung des Abschlussberichts. Dokumentation Nr.456, Berlin
- Bossel Hartmut 1999. *Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications, a report to the Ballaton Group*. Winnipeg, Canada, International Institute for Sustainable Development
- Brodmann Urs & Spillmann Werner 2000. *Verkehr – Umwelt – Nachhaltigkeit: Standortbestimmung und Perspektiven*. Teilsynthese des NFP 41 aus Sicht der Umweltpolitik mit Schwerpunkt Modul C. Bern
- Bundesrat 1997. *Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz – Strategie*. Bern, BUWAL
- BUWAL 1995a, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. *Luftschadstoff-Emissionen des Straßenverkehrs 1950–2010*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 255. Bern
- BUWAL 1995b, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. *Vom Menschen verursachte Luftschadstoff-Emissionen in der Schweiz von 1900–2010*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 256, Bern
- BUWAL 1997a, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. *Der Weg zur nachhaltigen Schweiz*. Bern
- BUWAL 1997b, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. *Kriterien und Indikatoren für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Schweizer Waldes*. Bern
- BUWAL 1998a, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. *Begrenzung der Immissionen von nichtionisierender Strahlung. Frequenzbereich 0 Hz bis 300 GHz*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 302. Bern
- BUWAL 2000a, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. *Graue Treibhausgas-Emissionen des Energie- und des Ernährungssektors der Schweiz, 1990 und 1998*. Umwelt-Materialien Nr. 128. Bern
- BUWAL 2000b, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. *Luftschadstoff-Emissionen des Straßenverkehrs 1950–2020. Nachtrag*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 255. Bern
- BUWAL 2001a, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. *Massnahmen zur Reduktion von PM<sub>10</sub>-Emissionen*. Vorabdruck des Schlussberichts von Electrowatt Engineering, Januar 2001. Bern
- Carlsson-Kanyama Annida & Linden Anna-Lisa 1999. Travel Patterns and Environmental Effects Now and in the Future: Implications of Differences in Energy Consumption among Socio-economic Groups. *Ecological Economics* 30(3), p. 405-17
- Coenen Reinhard 2000. Konzeptionelle Aspekte von Nachhaltigkeitsindikatorensystemen. In: *TA-Datenbank-Nachrichten*, 2.Juni 2000, Hg.: Forschungszentrum Karlsruhe Technik und Umwelt, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Frankfurt
- COM 1999, Commission of the European Communities. Commission Working Document: Report on the Environment and Integration Indicators to Helsinki Summit. Brussels, SEC (1999) 1942 final. [http://europa.eu.int/comm/environment/newprg/sec991942\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/newprg/sec991942_en.pdf)
- Conseil du développement durable 1996. *Nachhaltige Entwicklung – Aktionsplan für die Schweiz*. Bern, BUWAL
- de Haes Udo H.A. 1996. *Discussion of general principles and guidelines for practical use*. In: Udo de Haes (ed.) 1996. *Towards a methodology for life cycle impact assessment*. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), Brussels

- DEZA 1998, Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit. *Nachhaltigkeit: Pilotversuch JP 99*. Bern, AG Nachhaltigkeit DEZA/SOM/14.8.98
- Diefenbacher H., Karcher H., Stahmer C. & Teichert V. 1997. *Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung im regionalen Bereich: Ein System von ökologischen, ökonomischen und sozialen Indikatoren*. FEST. Heidelberg
- Diekmann Jochen, Wolfgang Eichhammer, Anja Neubert, Heilwig Rieke, Barbara Schlomann & Hans-Joachim Ziesing 1999. *Energie-Effizienz-Indikatoren: Statistische Grundlagen, theoretische Fundierung und Orientierungsbasis für die politische Praxis*. Heidelberg, Physica Verlag
- Dones R. & Hirschberg S. 1996. *Ökoinventare zukünftiger Elektrizitätserzeugungssystem für die Schweiz*. VSE Bulletin 12/ 1996, Zürich
- Econcept 1999. *Ökologische Qualitäten der Wasserkraft im Vergleich zu anderen Stromproduktionsarten. Eine Übersicht über den Stand des Wissens*. Zürich
- ECOPLAN 1998. *Method for integrated evaluation of benefits, costs and effects of programmes for promoting energy conservation. National Report for Switzerland*. Bern
- ECOPLAN 1999. *Service Public im liberalisierten Strommarkt*. Bern.
- EEA 2000, European Environmental Agency. *Are we moving in the right direction? Indicators on transport and environment integration in the EU. TERM 2000*. Executive summary. Copenhagen, EEA
- EEA 2000b, European Environment Agency. *Environmental Signals 2000*. Copenhagen, EEA  
<http://themes-dev/binary/s/signals2000.pdf>
- Energieagentur NRW 1998. *Indikatoren zur Nachhaltigen Entwicklung in NRW, Dokumentation*. Wuppertal/Duisburg.
- Ernst Basler + Partner AG 1998. *Nachhaltigkeit: Kriterien im Verkehr*. Bericht C5 des Nationalen Forschungsprogramms Verkehr und Umwelt. Bern, EDMZ
- Europäische Kommission 2001. *Grünbuch – Hin zu einer europäischen Strategie für Energieversorgungssicherheit*. Luxembourg, Office des publications officielles des Communautés européennes
- Europäisches Energie-Effizienz-Indikatoren Projekt (Odyssee Datenbank) 1999. Fraunhofer-Institut ISI, <http://www.eu.fhg.de/EEI/frameeud.html>
- Eurostat 1997. *Indicateurs de développement durable*. Luxembourg, Office des publications officielles des Communautés européennes
- Eurostat 1999. *Integration – Indicators for Energy. Data 1985-97. 1999 Edition*. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Union, ISBN 92-828-8185-7
- FOEFL 1994, Federal Office of Environment, Forests and Landscape. *Critical Loads of Acidity for Forest Soils and Alpine Lakes*. Environmental Series No. 234, Berne
- FOEFL 1996, Federal Office of Environment, Forests and Landscape. *Critical Loads of Nitrogen and their Exceedances – Eutrophying Atmospheric Deposition*. Environmental Series No. 275, Berne
- Frauenfelder Sven 1998. *Indikatoren zur kantonalen Energiepolitik. Bundesamt für Energie, Konferenz kantonalen Energiefachleute, 1. Auswertung/Stand Mai 1998*. Frauenfeld, Support

- Frauenfelder Sven 2000. *Indikatoren zu ausgewählten kantonalen Energiemassnahmen, 2. Auswertung/Daten 1998*, im Auftrag des Bundesamtes für Energie und der Konferenz der kantonalen Energiefachstellen. Frauenfeld, Support
- Frischknecht R., Hofstetter P., Knoepfel I., Dones R. & Zollinger E. 1995. *Ökoinventare für Energiesysteme*. 3. Auflage. ETH Zürich und PSI Villigen
- Frischknecht, R., A. Braunschweig, P. Hofstetter, P. Sutter 2000. Human health damages due to ionising radiation in life cycle impact assessment. *Environmental Impact Assessment and Review* 20 (2000), pp. 159–189
- Gantner U. , Jakob M. & Hirschberg S. 2000. *Perspektiven der zukünftigen Energieversorgung in der Schweiz unter Berücksichtigung von Nachfrageorientierten Massnahmen - Ökologische und ökonomische Betrachtungen*. Villigen, PSI
- Goldblatt David, Pachauri Shonali & Andrea Scheller 2000. Nachhaltigkeit und Energie. *Bulletin ETH Zürich* Nr.276, Januar 2000, Zürich
- Haberl Helmut 1997. *Human Appropriation of Net Primary Production as An Environmental Indicator: Implications for Sustainable Development. Report*. Royal Swedish Academy of Sciences
- Haberl Helmut 1999. Arbeitskreis Energie – Impulsreferat. Nachhaltigkeitsindikatoren für den Energiebereich: Ansätze für strategische Umweltinformation. *Umweltindikatoren für Österreich*. Wien, Umweltbundesamt Österreich
- Haberl Helmut 2000. Energetischer Stoffwechsel und nachhaltige Entwicklung. *Natur und Kultur* 1/1 (2000):32-47, Gesellschaft für ökologisch-nachhaltige Entwicklung
- Hardi Peter & Zdan Terrence 1997. *Assessing Sustainable Development: Principles in Practice*. Published by the International Institute for Sustainable Development. Winnipeg, Canada, International Institute for Sustainable Development
- Helio International 2000. *Report 2000*. [www.helio-international.org/anglais/reports/reports2000b.htm](http://www.helio-international.org/anglais/reports/reports2000b.htm)
- Henseling Christine, Eberle Ulrike & Griesshammer Rainer 1999. *Soziale und ökonomische Nachhaltigkeitsindikatoren*. Freiburg i.B, Hrsg.: Öko-Institut e.V
- Hirschberg S., Spiekerman G, Dones R. 1998. *Severe Accidents in the Energy Sector* (Project GaBE: Comprehensive Assessment of Energy Systems, PSI-Bericht 98-16, Villigen.
- Hohmeyer Olav, Ottinger Richard & Rennings Klaus (Eds.) 1996. *Social Costs and Sustainability, Valuation and Implementation in the Energy and Transport Sector*. Berlin; Heidelberg; New York, Springer Verlag
- IDA-Rio 1996, Interdepartementaler Ausschuss Rio. *Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz. Stand der Realisierung*. Bern, BUWAL
- IDA-Rio 1997, Interdepartementaler Ausschuss Rio. *Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz – Bericht*. Bern, BUWAL
- IDARio 1997, Interdepartementaler Ausschuss Rio. *Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz, Stand der Realisierung*. Bern, BUWAL
- IDA-Rio 2000, Interdepartementaler Ausschuss Rio. *Stand der Umsetzung der Strategie „Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz“*. Bern, BUWAL
- IEA 1997, International Energy Agency. *Indicators of Energy Use and Efficiency. Understanding the link between energy and human activity*. Paris

- IEA 2000a, International Energy Agency. *Energy Policies of IEA Countries. 2000 Review*. Paris.
- IEA 2000b, International Energy Agency. *World Energy Outlook 2000*. Paris
- IEA 2001a, International Energy Agency. *Toward A Sustainable Energy Future*. Paris
- IKAÖ, EBP & Wuppertal Institut 2000, Interfakultäre Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie, Ernst Basler + Partner AG und Wuppertalinstitut. *Strategie Nachhaltiger Verkehr*. Bericht C7 des NFP 41. Bern, EDMZ
- Imboden Dieter & Caroline Roggo Voegelin 2000. Der Mondflug des 21. Jahrhunderts. *Bulletin ETH Zürich*, Nr 276, Januar 2000, Zürich
- INFRAS 1996. *Structural Transformation Processes towards Sustainable Development in India and Switzerland. Development Alternatives*. New Delhi; Indira Gandhi Institute of Development Research, Bombay; Tata Energy Research Institute, New Delhi; International Academy of Environment, Geneva; Zurich, INFRAS
- INFRAS, Econcept, Prognos 1996. *Die vergessenen Milliarden, Externe Kosten im Energie- und Verkehrsbereich*. Bern, Haupt Verlag
- INFRAS, TNO 2000. *Wirkungsanalyse kantonaler Förderprogramme im Rahmen von Art. 15 EnG. Diskussionspapier als Grundlage für die Sitzung der Arbeitsgruppe Erfolgskontrolle der kantonalen Energiefachstellen vom 12. Dezember 2000*. Zürich
- IPCC 1996a, Intergovernmental Panel on Climate Change. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumes I, II and III*. IPCC, Bracknell UK
- IPCC 1996b, Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Cambridge Press
- IPCC 2001a, Intergovernmental Panel on Climate Change. *IPCC Third Assessment Report. Report of Working Group I. Summary for Policy Makers*. www.ipcc.ch
- Jesinghaus Jochen 1999. *A European System of Environmental Pressure Indices. First Volume of the Environmental Pressure Indices Handbook. The Indicators, Part I: Introduction to the political and theoretical background*. <http://esl.jrc.it/envind/theory>
- Jochem & Goldemberg 2000. Herausforderungen und Optionen der künftigen Energiepolitik. *Bulletin ETH Zürich* Nr. 276, Januar 2000. Zürich
- Joss Stefan, 1995. In welchem Ausmass sind wir niederfrequenten Magnetfeldern ausgesetzt? *BUWAL-Bulletin* 3/1995, pp. 39-41. Bern
- Kaufmann Yvonne, Ruedi Meier, Walter Ott 2000. *Luftverkehr - eine wachsende Herausforderung für die Umwelt*. NFP 41-Materialienband M25. Bern, EDMZ
- Keating Micheal 1993. *Erdgipfel 1992. Agenda für eine nachhaltige Entwicklung. Eine allgemein verständliche Fassung der Agenda 21 und der andren Abkommen von Rio*. Bern, BUWAL
- Kirkpatrick C., Lee N. & Morrissey O. 1999. WTO. *New Round - Sustainability Impact Assessment Study, Phase One Report, Institute for Development Policy and Management*. University of Manchester, Nottingham, <http://europa.eu.int/comm/trade/pdf/repwto.pdf>
- Knoepfel Ivo 1995. *Indikatorensystem für die ökologische Bewertung des Transports von Energie*. Dissertation ETH Nr. 11446, September 1995, Zürich

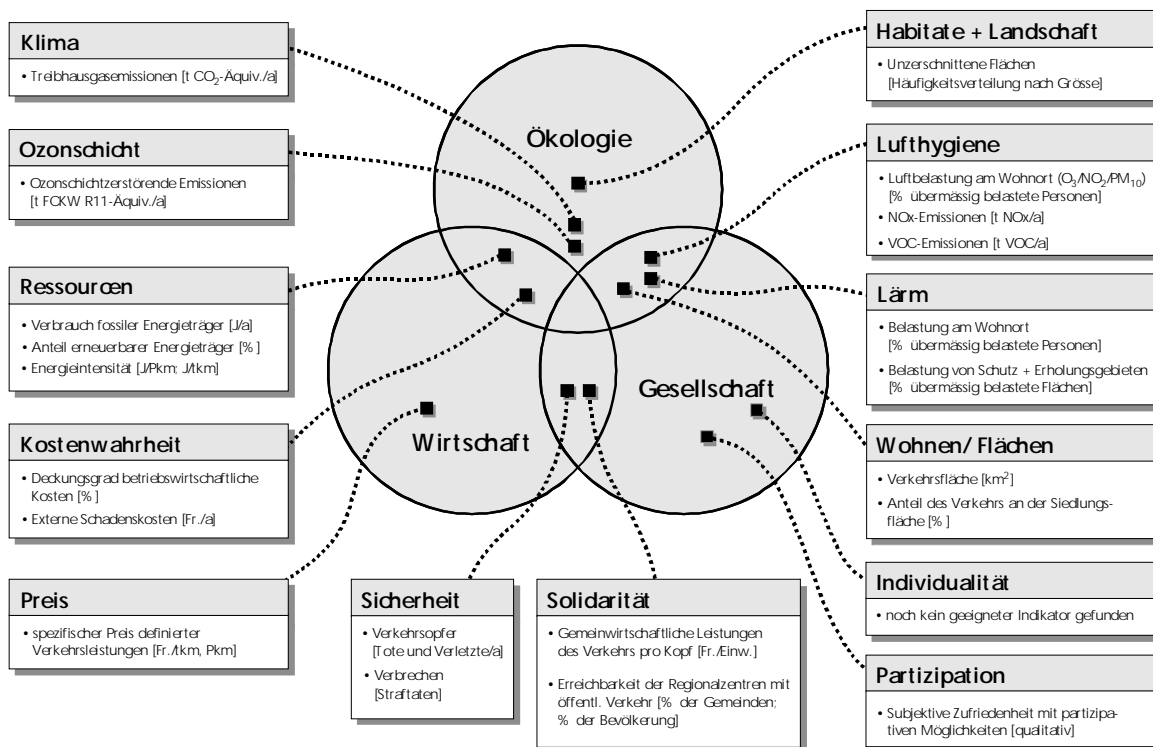
- Knoflacher Hermann 1993. *Zur Harmonie von Stadt und Verkehr, Freiheit vom Zwang zum Autofahren*. Wien; Köln; Weimar: Böhlau
- Kröger Wolfgang 1998. Nachhaltigkeit und Energie – Weniger Beliebigkeit. *BATS Report 5-98*. <http://www.bats.ch/publications/report5-98/>
- Ledergerber Tobias, Neuenschwander René, Suter Stefan 1998. *Erfolgskontrolle von Staatsbeiträgen im Kanton Bern. Eine Einführung*. Bern.
- Levett Roger 1999. Sustainability Indicators – Integrating Quality of Life and Environmental Protection. *Local loops - How environmental management cycles contribute to local sustainability*, p 127 - 140, Brussels, European Commission
- Mauch Consulting, INFRAS, Ernst Basler + Partner 1999. *Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz – Standortbestimmung und Perspektiven: Konzeptbericht, Werkstattbericht der Vorphase*, im Auftrag der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA). Bern
- Mauch Consulting, INFRAS, Ernst Basler + Partner 2001. *Politik der Nachhaltigen Entwicklung in der Schweiz: Standortbestimmung und Perspektiven. Hauptbericht*, im Auftrag der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA). Bern
- Meadows Donella 1998. *Indicators and Information Systems for Sustainable Development. A Report to the Ballaton Group*. Published by The Sustainability Institute, Four Corners, VT, Hartland
- Meier Ruedi 2000. *Daten zum Freizeitverkehr. Methodische Analysen und Schätzungen zum Freizeitverkehr*. NFP 41-Materialienband M19. Bern, EDMZ
- Meier Ruedi, Renggli Martin & Previdoli Pascal 1999, *Energie – Wirtschaft – Nachhaltigkeit*. Chur; Zürich, Rüegger
- Minsch Jürg et al. 1996. *Mut zum ökologischen Umbau, Innovationsstrategien für Unternehmen, Politik und Akteurnetze*. Basel, Birkhäuser
- Müller, Christopher & Christoph Schierz 2001. „Elektrosmog“: Einbildung oder Tatsache? *tec 21* (sia Zeitschrift), 16-17/2001
- Novantlantis 2000. *2000 Watt-Gesellschaft – Modell Schweiz. Ein Projekt der Strategie Nachhaltigkeit im ETH-Bereich*. [www.novantlantis.ch/projects](http://www.novantlantis.ch/projects)
- OECD 1994, Organisation for Economic Cooperation and Development. *Environmental Indicators – OECD Core Set*. Paris
- OECD 1997, Organisation for Economic Cooperation and Development. *Sustainable Consumption and Production: Clarifying the Concepts*. Paris
- OECD 1998a, Organisation for Economic Cooperation and Development. *Towards Sustainable Development. Environmental Indicators*. Paris
- OECD 1998b, Organisation for Economic Cooperation and Development. *Nachhaltige Entwicklung, Politikkonzepte der OECD für das 21. Jahrhundert*. Paris
- OECD 1999b, Organisation for Economic Cooperation and Development. *Towards Sustainable Development Indicators to Measure Progress. Conclusions of the Chairman, OECD Conference, Rome, 15-17 December 1999*. Paris
- OECD 2000a, Organisation for Economic Cooperation and Development. *Frameworks to Measure Sustainable Development*. Paris

- OECD 2000b, Organisation for Economic Cooperation and Development. *Towards Sustainable Development. Indicators to Measure Progress. Proceedings of the OECD Rome Conference*. Paris
- Öko-Institut e.V. 1999. *Soziale und ökonomische Nachhaltigkeitsindikatoren*. Institut für angewandte Ökologie, Freiburg i.B.
- Ott Walter, Masuhr Klaus P., 1994. *Externe Kosten und kalkulatorische Energiepreiszuschläge im Strom- und Wärmebereich*, Materialien zu PACER, Bern.
- Pearce David & Atkinson Giles 1998. The Concept of Sustainable Development. *Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik* 134(3), 251-269
- Pfister Christian 1995. *Das 1950er Syndrom: Der Weg in die Konsumgesellschaft*. Bern; Stuttgart; Wien, Haupt
- Pfister, Gerhard & Ortwin Renn 1996. *Indikatorensystem zur Messung einer nachhaltigen Entwicklung in Baden-Württemberg*. Arbeitsbericht Nr. 64. Akademie für Technikfolgenabschätzung, Stuttgart
- PSI 2000, Paul Scherrer Institut. *Energiespiegel*. Nr.3, September 2000, Villingen
- Renn, O. & H.G. Kastenholz 1996. *Ein regionales Konzept nachhaltiger Entwicklung*. GAIA 5/1996, 86–102
- Schelbert Heidi 1998. Nachhaltigkeit – (K)eine wirtschaftliche Selbstverständlichkeit. *BATS Report 5-98*. [www.bats.ch/publications/report5-98/](http://www.bats.ch/publications/report5-98/)
- Schubert Renate 1998. Indikatoren für Nachhaltigkeit. *Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik* 134(3), 391-413.
- Schweizerischer Energierat 2000. *Medienmitteilung: Energie für morgen – jetzt müssen wir handeln!* [www.energie-energy.ch](http://www.energie-energy.ch)
- Schweizerischer Wissenschaftsrat 1998. *Konzept Umwelt- und Nachhaltigkeitsforschung, Vorschläge der Kommission "Strategie Umweltforschung und Nachhaltige Entwicklung"* unter der Leitung von Prof. G. Petitpierre, Forschungspolitik FOP 52/1998, Bern
- SDC 1998, Swiss Development Cooperation. *Energy Thesis Paper, Version 2*. Bern, SDC Environment, Forest and Energy Section, July 1999
- SDC 1999, Swiss Development Cooperation. *Guiding Principles in Energy Sector Interventions, Version 1*. Bern, SDC Environment, Forest and Energy Section, 22. November 1999
- SGK 2000, Schweizerische Gesellschaft der Kernfachleute. *Nachhaltige Entwicklung und Energie. Antworten zu 10 Schlüsselfragen*. SGK
- SIA 1999, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. *Nachhaltige Entwicklung der gestaltbaren Umwelt*. Basisdokument Stand 1999. Zürich, SIA
- SIA 2000, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. *Kriterien für nachhaltige Bauten*. Dokumentation SIA D 0164. Zürich, SIA
- Socher Martin 2000. Das Konzept des "Sustainability Impact Assessment" der Europäischen Kommission – mehr als ein neuer methodischer Ansatz? In: *TA-Datenbank-Nachrichten* 9(1), März 2000

- Spreng Daniel & Kirk R. Smith 2000. Grenzen der Tragfähigkeit. *Bulletin ETH Zürich* Nr 276 Januar 2000, Zürich
- Stadt Winterthur 2000. *Kommunale Nachhaltigkeit. Aspekte von Indikatorsystemen*. Beitrag zur Indikatorendiskussion. Winterthur
- Stratmann, M., Ch. Wernli, U. Kreuter, S. Joss 1995. *Messung der Belastung der Schweizer Bevölkerung durch 50 Hz Magnetfelder*. PSI-Bericht Nr. 95-09. Villigen, Paul Scherrer Institut
- Stratmann, M., J.P. Grigat, H. Eisenbrandt, C. Wernli 1998. *Niederfrequente Elektromagnetische Felder in der Schweiz und in Deutschland*. PSI-Bericht Nr. 98-02. Villigen, Paul Scherrer Institut
- Suter Christian 2000. Sozialbericht 2000, Reihe „Gesellschaft Schweiz“, herausgegeben vom Schwerpunktprogramm Zukunft Schweiz, Zürich, Seismo
- Swiss Confederation 2000. *Swiss Greenhouse Gas Inventory 1998. Common Reporting Format*. Berne, SAEFL / BUWAL
- Symposium Sustainability Zürich 2000. Nachhaltigkeit: Triebfeder für wirtschaftlichen Erfolg? Zürich [www.sustainability-zurich.ch/deutsch/news/thesen.html](http://www.sustainability-zurich.ch/deutsch/news/thesen.html)
- UK Department of the Environment 1996. *Indicators of Sustainable Development for the United Kingdom*. London, HSMO
- UNCSD 1996, United Nations Commission on Sustainable Development. *Indicators of Sustainable Development. Framework and Methodologies*. New York, United Nations
- UVEK 1999a, Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation. *Departementsstrategie UVEK*. Bern
- UVEK 2000, Bundesamt für Raumentwicklung. *Vorstudie: Nachhaltigkeitsindikatoren Verkehr*. Entwurf, UVEK
- Wall Göran 2000. *Exergy, Ecology and Democracy*. [www.exergy.se](http://www.exergy.se)
- World Economic Forum 2000. *Pilot Environmental Sustainability Index, An initiative of the Global Leaders for Tomorrows Environment Task Force*. World Economic Forum, Annual Meeting 2000, Switzerland, Davos
- Wüest & Partner 2000. *Erhebung der durchschnittlichen Energiekennzahlen für Neubauten in 13 Kantonen*. Bundesamt für Energie, Programm EWG. Zürich/Bern
- ZKB, Zürcher Kantonalbank. *Monitoring der Nachhaltigkeit*. Symposium, Zürich
- Zweifel Peter, Umbricht Roland D. 2000. *Verbesserte Deckung des Nuklearrisikos zu welchen Bedingungen*, im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern.

# A1 Nachhaltigkeitsindikatoren Verkehr (EBP / NFP 41)

Quelle: Ernst Basler + Partner AG 1998, Nachhaltigkeit: Kriterien im Verkehr.





## A2 Ausgewählte Systeme von Energieindikatoren

### A2.1 International Energy Agency (IEA)

Quelle: IEA 1997, International Energy Agency. Indicators of Energy Use and Efficiency.

#### A. Transport

##### 1. Reisen

- Stellenwert des Individualverkehrs in der Transportenergie
- Autos / 1000 Einwohner
- Durchschnittliches Gewicht der Autos in kg
- 1000 Autokilometer / Kopf
- Kilometer / Kopf / Woche
- Reisen / Kopf / Woche
- Passagierkilometer in 1000 gegliedert nach Transportart
- Durchschnittlicher Treibstoffverbrauch in Liter / 100km
- Energieverbrauch in MJ / Passagierkilometer
- Treibstoffverbrauch in Liter / 100 km für Neuwagen
- Treibstoffverbrauch in Liter / 100 km / kg
- Energieverbrauch von Reisen / Kopf, unterteilt nach Transportmittel
- Intensität des Reiseverkehrs am BSP in Passagierkilometer / US\$
- Reiseenergieverbrauch im Verhältnis zum BSP in MJ / US\$
- Gefahrene km / Haushalt / Tag, aufgeteilt nach Einkommensgruppen
- Benzinkosten / km
- Autobenützung aufgeteilt nach Alter und Geschlecht in 1000 Meilen / Fahrer / Jahr
- Durch den Personenverkehr verursachte CO<sub>2</sub>-Emissionen in t CO<sub>2</sub> / Kopf

##### 2. Fracht:

- Inland Güterverkehr in Tonnenkilometer / BSP
- Produkte in % an der Gesamtfracht
- Fahrzeuge / 100 Personen aufgeteilt in verschiedene Grössentypen
- Anteile der Verkehrsmittel an der Gesamtfracht in %
- Energieverbrauch in MJ / Tonnen-Kilometer
- Treibstoffverbrauch in Liter / 100km nach Fahrzeugtyp
- Kohlenstoffemissionen in kg C / 1000 Tonnen-Kilometer
- Transportenergieverbrauch in MJ / BSP
- Treibstoffpreise

**B. Haushalt / Dienstleistungen****1. Haushalt:**

- Haushaltsgrösse in Personen / Wohnhaus
- Wohnhausfläche in  $m^2$  / Kopf
- Anteil Wohnhäuser mit Zentralheizung
- Klimaeinfluss auf Heizgewohnheit in Heizgradtagen
- Anzahl Kühlschränke / 100 Haushalte
- Anzahl Tiefkühler / 100 Haushalte
- Anzahl Waschmaschinen / 100 Haushalte
- Anzahl Kleidertrockner / 100 Haushalte
- Anzahl Klimaanlage / 100 Haushalte
- Anzahl Haushaltgeräte (TV, Radio, Kaffeemaschinen, Mikrowellenherde) / 100 Haushalte
- Anzahl Geschirrwashmaschinen / 100 Haushalte
- Heizenergie in GJ / Wohnhaus
- Heizenergie / Fläche in MJ /  $m^2$
- Heizenergie in kJ / Fläche in  $m^2$  / Heizgradtag
- Stromverbrauch GJ / Kopf
- Energiepreise für Strom, Öl, Benzin, Erdgas
- CO<sub>2</sub> Emissionen der Haushalte in kg C / GJ Primärenergie

**2. Dienstleistungen:**

- vom Dienstleistungssektor beanspruchte Fläche in  $m^2$  / Kopf
- Fläche in  $m^2$  / Kopf gegliedert nach Subsektoren
- Fläche in  $m^2$  / Anteil der Dienstleistungen am BSP in  $m^2$  / BSP
- Fläche in  $m^2$  / Angestellter
- Heizenergie / Fläche aufgeteilt nach Gebäudealter in MJ /  $m^2$
- Stromverbrauch in Bezug auf den Output (BSP) des Dienstleistungssektors
- Stromverbrauch in GJ / Angestellter
- Stromverbrauch / Fläche in MJ /  $m^2$
- Stromverbrauch / Anteil Dienstleistungen am BSP in MJ / US\$
- CO<sub>2</sub> Emissionen / Kopf in kg C / Kopf

**C. Industrie und Gewerbe:**

- Energieverbrauch Industrie
- Energieverbrauch Industrie / BSP
- Energieverbrauch Industrie nach Energieträger
- BSP / Kopf

- Anteil Industrie/Gewerbe am BSP
- Anteil Industrie/Gewerbe am BSP / Kopf
- Stahlproduktion / Kopf
- Energieverbrauch in der Stahlproduktion in GJ / t
- Energieverbrauch Industrie aufgeteilt nach Industriezweigen
- Energieverbrauch Industrie / Kopf
- Stromverbrauch
- Strompreis
- Rohölpreis
- CO<sub>2</sub> Emissionen des Industrie-Energieverbrauchs in 1000 t C / PJ
- Aggregierte Intensität der durch die Industrie verbrauchte Energie in MJ / US\$
- Aggregierte Intensität der durch die Industrie verbrauchten Strom in MJ / US\$

## **A2.2 Helio International**

Quelle: Helio International 2000, [www.helio-international.org/anglais/reports/reports2000b.htm](http://www.helio-international.org/anglais/reports/reports2000b.htm)

### ***Environmental Sustainability***

1. Globale Umweltauswirkungen: CO<sub>2</sub> Ausstoss pro Kopf, verursacht durch den Gebrauch von Primärenergie.
2. Lokale Umweltauswirkungen: Messung des Ausstoss der relevantesten Schadstoffe verursacht durch den Energiesektor (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC, O<sub>3</sub>, usw.. ausgesucht vom lokalen Berichterstatter gemäss den Richtlinien).

### ***Social Sustainability***

3. Stromversorgung: Prozentsatz der Bevölkerung mit Zugang zu Stromversorgung.
4. Beschäftigungsintensität: Investitionen in Erneuerbare Energieprogramme sowie Energie-Effizienz-Programme als Prozentsatz der totalen Investitionen in Energiesysteme.

### ***Economic Sustainability***

5. Empfindlichkeit gegenüber externen Einflüssen (stabile Energiepreise und Versorgungssicherheit): Prozentsatz von Netto Energie-Exporten bzw. Importen.
6. Belastung durch Energie Investitionen: Direkte staatliche Investitionen in Förderungs-, Verarbeitungs- und Verteilungsaktivitäten im Sektor nicht-erneuerbarer Energien bezogen auf das Brutto Inlandprodukt (BIP).

### ***Technological Sustainability***

7. Energie- Produktivität: BIP dividiert durch den Primärenergieverbrauch
8. Einsatz erneuerbarer Energie: Anteil des Energieoutputs aus erneuerbarer Energie

### A2.3 Deutschland

Quelle: Diekmann Jochen et al. 1999, Energie-Effizienz-Indikatoren

Folgende gesamtwirtschaftlichen und sektoralen Energieverbrauchsindikatoren für Deutschland werden vorgeschlagen:

Sektor	Teilbereich	Indikatorbezeichnung
Gesamtwirtschaftliche Energieverbrauchsindikatoren (Makroebene)	Primärenergieverbrauch	Pro-Kopf- Primärenergieverbrauch
		Primärenergieverbrauch bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt (gesamtwirtschaftliche Energieintensität)
	Bruttostromverbrauch	Pro-Kopf-Stromverbrauch
		Bruttostromverbrauch bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt (gesamtwirtschaftliche Stromintensität)
Personenverkehr	Schienenpersonenverkehr (unterteilt nach Nah- und Fernverkehrszügen)	Spezifischer Energieverbrauch im Schienenpersonenverkehr
	Motorisierter Individualverkehr	Spezifischer Energieverbrauch im Motorisierten Individualverkehr
	Öffentlicher Strassenpersonenverkehr	Spezifischer Energieverbrauch im Öffentlichen Strassenpersonenverkehr
	Luftverkehr	Spezifischer Energieverbrauch im Luft-Passagierverkehr
Güterverkehr	Schienengüterverkehr	Spezifischer Energieverbrauch im Schienengüterverkehr
	Strassengüterverkehr	Spezifischer Energieverbrauch im Strassengüterverkehr
	Binnenschiffverkehr	Spezifischer Energieverbrauch im Binnenschiffverkehr
Industrie	Übriger Bergbau und verarbeitendes Gewerbe (ohne Mineralölverarbeitung)	Energieintensität im übrigen Bergbau und verarbeitenden Gewerbe
	Ausgewählte Branchen der Industrie	Energieintensität einzelner Branchen des übrigen Bergbaus und des verarbeitenden Gewerbes (ohne Mineralölverarbeitung)
	Übriger Bergbau und verarbeitendes Gewerbe (ohne Mineralölverarbeitung)	Komponenten der Änderung des Energieverbrauchs im übrigen Bergbau und verarbeitendem Gewerbe
	Ausgewählte Branchen der Industrie	Komponenten der Änderung des Energieverbrauchs einzelner Branchen des übrigen Bergbaus und des verarbeitenden Gewerbes (ohne Mineralölverarbeitung)

Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD), inkl. Militär	GHD (früher Kleinverbraucher) (einschliesslich Land- und Forstwirtschaft, Gartenbau, Baugewerbe, Handwerke und industrielle Kleinbetriebe)	Energieintensität im Sektor Handel, Gewerbe, Dienstleistungen
	Ausgewählte Untersektoren des Sektors GHD, ohne Handwerk und industrielle Kleinbetriebe	Energieintensität einzelner Untersektoren des Sektors GHD
	GHD (ohne Handwerk und industrielle Kleinbetriebe)	Komponenten der Aenderung des Energieverbrauchs In GHD (ohne Handwerk und industrielle Kleinbetriebe)
	Raumheizung für GHD	Endenergieverbrauch des Sektors und einzelner Subsektoren zur Raumheizung je (beheizter) Fläche
Private Haushalte	Sektor insgesamt	Endenergieverbrauch der privaten Haushalte je Einwohner
		Endenergieverbrauch der privaten Haushalte je Wohnfläche
	Stromverbrauch	Stromverbrauch der privaten Haushalte je Einwohner
	Raumheizung	Endenergieverbrauch der privaten Haushalte zur Raumheizung je Wohnfläche
Umwandlungssektor	Sektor insgesamt	Gesamt-Umwandlungsnutzungsgrad
	Elektrizität	Nutzungsgrad der Strombereitstellung
		Spezifischer Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung

## A2.4 Schweizerische Gesamtenergiestatistik

Quelle: BFE 2000d, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 1999

Erfasst werden unter anderem folgenden Grössen:

Inlandproduktion, Import/Export, Bruttoverbrauch, Umwandlung von Energie und Endverbrauch von Erdöl, Elektrizität, Erdgas, Holz, Fernwärme, Kohle, Kehricht und industriellen Abfällen sowie die Aufteilung des Energieverbrauchs auf die einzelnen Verbrauchsgruppen (Haushalt, Industrie, Verkehr, sowie Gewerbe, Landwirtschaft und Dienstleistungen), Energiepreisindices, Endverbraucherausgaben und weitere energierelevante Zahlen.

Die Energiewirtschaftlichen Kennziffern (Statistik 1999) umfassen beispielsweise :

- Historische Entwicklung des Bruttoverbrauchs (1950-1999)
- Historische Entwicklung des Endenergieverbrauchs (von 1910-1999) aufgeteilt nach Energieträgern
- Endenergieverbrauch aufgeteilt nach Verbrauchergruppen
- Endverbraucherausgaben für Energie in Mio. Fr. und in % des BIP (nominal)
- Einfuhrüberschüsse in Mio. Fr. und in % aller Einfuhren
- Auslandabhängigkeit in %
- Index der Konsumentenpreise von Heizöl, Benzin, Gas und Elektrizität (Basis 1990)
- Endverbrauch pro Kopf (Basis 1990)
- Industrielle Produktion (Basis Index 1990)

Als wichtige ökologische Grösse werden die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen ausgewiesen (Zeitreihe der Gesamtemissionen und Emissionen nach Energieträgern).

## A2.5 Indikatoren zur Bewertung von Energieerzeugungsanlagen / Projekt GaBE

Quelle: Energie-Spiegel Nr. 3, September 2000, PSI Villigen

Prinzipien	Kriterien	Indikatoren	Masseinheit	
„keine“ Erschöpfung von Ressourcen	Verbrauch von Brennstoff	Abbauzeit <sup>1)</sup>	Jahre	
	Verbrauch von anderen Materialien	Verbrauch (z.B. Kupfererz)	kg *	
	Beanspruchte Fläche	Betrieb	km <sup>2</sup> *	
	Effekte auf Wasser	Verunreinigung (z.B. Zink) oder Verbrauch	kg oder m <sup>3</sup> *	
	Beeinträchtigung der Umwelt durch Emissionen		Klimarelevante Gase	Tonnen CO <sub>2</sub> äquiv. *
			Ozonschicht schädigende Gase	Tonnen FCKW äquiv. *
	Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit		Normalbetrieb	Verlorene Lebensjahre *
			Unfälle/ Kollektivrisiko	Todesfälle *
	Beeinträchtigung sozialer Aspekte		Risikoaversion	Landverlust, Todesfälle <sup>2)</sup>
			Arbeitsplätze	Δ PJ *
Proliferationsgefahr			Qualitativ	
Wirtschaftlichkeit		Interne und externe Kosten	Währungseinheit/ kWh	
„keine“ Produktion nicht abbaubarer Abfälle	Produzierte Menge relevanter Substanzen		m <sup>3</sup> oder kg *	
	Notwendige Einschusszeiten <sup>3)</sup>		Jahre	
„keine“ hohe Empfindlichkeit gegenüber dem Umfeld	Ver- und Entsorgungssicherheit	Auslandsabhängigkeit	Qualitativ	
		Technologieverfügbarkeit <sup>4)</sup>	Währungseinheit	
	Robustheit, d.h. keine Notwendigkeit...	...rascher Eingriffe von aussen <sup>5)</sup>	Stunden	
		...soziopolitische/ finanzielle Stabilität	Qualitativ	

\* pro GWh

1) bei Annahme einer Stabilisierung auf heutigem Produktionsniveau

2) Maximalwert identifiziert durch Risikoanalysen für eine 1GW(e)- Anlage

3) notwendig zur Erreichung „natürlicher Niveaus“

4) ausgedrückt in erwarteten Kosten investiert in F&E bis zu Kommerzialisierung

5) Zeitperiode nach einem anormalen Ereignis, bevor menschliche Korrekturaktionen notwendig werden

## A2.6 Kantonale Energieindikatoren

Quelle: Frauenfelder 2000, Indikatoren zu ausgewählten kantonalen Energiemassnahmen, 2. Auswertung/Daten 1998

### A) Indikatoren Entwicklung

	Aktionsbereich	Zielgrösse	Monitoring kantonaler Entwicklungen	Indikator für Benchmarking unter den Kantonen
1	Neubauten	Rationelle Energienutzung im umbauten Raum (Neubauten)	Durchschnittliche Energiekennzahl Wärme von Mehrfamilienhäusern (6-12 Wohnungen)	Durchschnittliche Energiekennzahl Wärme (Klimabereinigt)
2	Altbauten	Rationelle Energienutzung im umbauten Raum (Altbauten)	Energiekennzahl Wärme öl-/gasbeheizte Mehrfamilienhäuser (6-12 Wohnungen)	Energiekennzahl Wärme (Klimabereinigt)
3	Industrielle Prozesse	Rationelle Nutzung Prozessenergie	- (keine Indikatoren)	-
4	Verkehr	Rationelle Energienutzung im Verkehr	ÖV- Verkehrsleistung (Personenkilometer)	ÖV- Verkehrsleistung pro Einwohner
			Durchschnittlicher Treibstoffverbrauch der jährlich neu zugelassenen PW	Abweichung vom schweizerischen Durchschnitt
5	Geräte	Rationelle Energienutzung	- (keine Indikatoren auf kantonaler Ebene)	-
6	Umgebungswärme	Nutzung erneuerbarer Energien	Wärmeerzeugung in mit Wärmepumpen beheizten Wohnungen (kWh)	Wärme aus WP-beheizten Wohnungen (kWh/ Einwohner)
7	Holz	Nutzung einheimischer Energiequellen	Energieholzabsatz in m <sup>3</sup> im Kanton pro Jahr	Energieholzverbrauch in kWh/ha Waldfläche pro Einwohner
			Installierte Kapazität in Holzschnitzelfeuerungen	Wärme aus Holzschnitzelfeuerungen pro Einwohner (kWh/ Einw.)
8	Biogene Stoffe	Nutzung einheimischer Energiequellen	Biogas aus Landwirtschaft-, Industrie- und Grünabfallanlagen in kWh	Biogas in kWh pro Einwohner
9	Sonnenkollektoren	Nutzung einheimischer Energiequellen	Solarwärme in kWh aus Wohnungen mit Solarwarmwasser	Solarwärme in kWh pro Einwohner aus Wohnungen mit Solarwarmwasser
10	Photovoltaik	Nutzung einheimischer Energiequellen	Elektrizität aus Photovoltaikanlagen in kWh	Erzeugter Solarstrom in kWh / Einwohner

11	Abwärme	Nutzung vorhandener Abwärme	Abwärmenutzung pro Jahr aus KVA und Industrie (kWh)	Abwärmenutzung in kWh pro Einwohner
12	Abwasserreinigungsanlagen	Nutzung vorhandener Abwärme	Genutzte Wärme aus ARA in kWh	Genutzte Wärme aus ARA in kWh / Einwohner
13	Erdöl	Substitution	Jährlicher Erdölabsatz im Kanton (kWh)	Erdölverbrauch in kWh/ Einwohner
14	Erdgas	Erdölsubstitution / CO <sub>2</sub> -Reduktion	Jährlicher Erdgasabsatz im Kanton (kWh)	Erdgasverbrauch in kWh / Einwohner
15	WKK erzeugte Elektrizität	Rationeller Energieeinsatz	Stromerzeugung aus WKK- Anlagen in kWh	Stromerzeugung in kWh/ Einwohner
16	Elektrizität	Rationeller Elektrizitätseinsatz	Jährlicher Elektrizitätsabsatz im Kanton in kWh	Elektrizitätsverbrauch in kWh / Einwohner
		Importabhängigkeit	Jährliche Stromerzeugung in Wasserkraftwerken	Elektrizitätsverbrauch in kWh / Franken BIP
				Hydraulische Stromerzeugung in kWh / Einwohner

## B) Leistungsindikatoren

	Aktionsbereich	Zielgrösse	Monitoring kantonaler Entwicklungen	Indikator für Benchmarking unter den Kantonen
17	Vollzugshilfe/ Vollzugsberatung	Vollzugsqualität in den Gemeinden	Anzahl Auskünfte, Beratungsgespräche, Vollzugskurse, Vollzugsordner, etc.	Keine (unterschiedliche Vollzugsstrukturen)
18	Vollzug	Vollzugsaufgaben Kanton	Anzahl bearbeitete Gesuche (z.B. Ausnahmegewilligungen etc.)	Keine (unterschiedliche Vollzugsstrukturen)
			VHKA- ausgerüstete Wohnungen	Anteil VHKA- ausgerüstete Wohnungen an Zahl Wohnungen in MFH
19	Ausnahmegewilligungen	Vollzugsaufgaben Kanton	Anzahl bearbeitete Ausnahmegesuche	Keine (unterschiedliche Vollzugsstrukturen)
20	Pilotanlagen	Umsetzung von Energieinnovationen	P&D- Anlagen mit Kantons- und/oder Bundesunterstützung / Durchschnitt letzte 3 Jahre	Investition in P&D- Anlagen in Fr. / Einwohner
21	Förderung erneuerbare Energie/ - Abwärme	Intensität der Förderung erneuerbarer Energien	Erneuerbare Energie in kWh aus geförderten Anlagen	Erneuerbare Energie in kWh aus geförderten Anlagen / Einwohner
22	Förderung Energiesparmassnahmen	Intensität der Förderung der rationellen Energienutzung	Eingesparte Energie in kWh mit Förderprogramm	Eingesparte Energie in kWh mit Förderprogramm/ Einwohner

23	Information/ Beratung	Kenntnisstand in Energiefragen	Von Energiefachstellen abgegebene Informationsschriften (Merkblätter, Broschüren)	Informationsschriften / Einwohner
			Anzahl Energieberatungen pro Jahr	Anzahl Energieberatungen / Einwohner
24	Weiterbildung	Stand des Wissens bei Fachleuten	Anzahl Teilnehmerstunden aus Weiterbildungskursen (von Energiefachstellen organisiert resp. mitorganisiert)	Teilnehmerstunden/ Einwohner
25	Kantonale Bauten	Vorbildfunktion des Kantons	Energieverbrauch kantonalen Bauten in kWh	Durchschnittliche Energiekennzahl der kant. Bauten
26	Energierichtplan	Intensität der kommunalen Energiepolitik	Anzahl Gemeinden mit genehmigtem Energierichtplan resp. Energiekonzept (neu: Energiestadtlabel)	Mit Energierichtplan abgedeckter Bevölkerungsanteil
27	Ressourcen	Intensität der kantonalen Energiepolitik	Budget der Energiefachstelle (Personal- + Sachmittel) ohne Mittel für Sanierung kantonalen Bauten	Aufwand der Energiefachstelle in Fr./ Einwohner