

**Zeitschrift:** Energie & Umwelt : das Magazin der Schweizerischen Energie-Stiftung SES

**Herausgeber:** Schweizerische Energie-Stiftung

**Band:** 1 (1982)

**Heft:** 4: Sondernummer CO2

**Artikel:** Vorsorgestrategie 2 : der sanfte Weg

**Autor:** Fornallaz, Pierre

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-586621>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

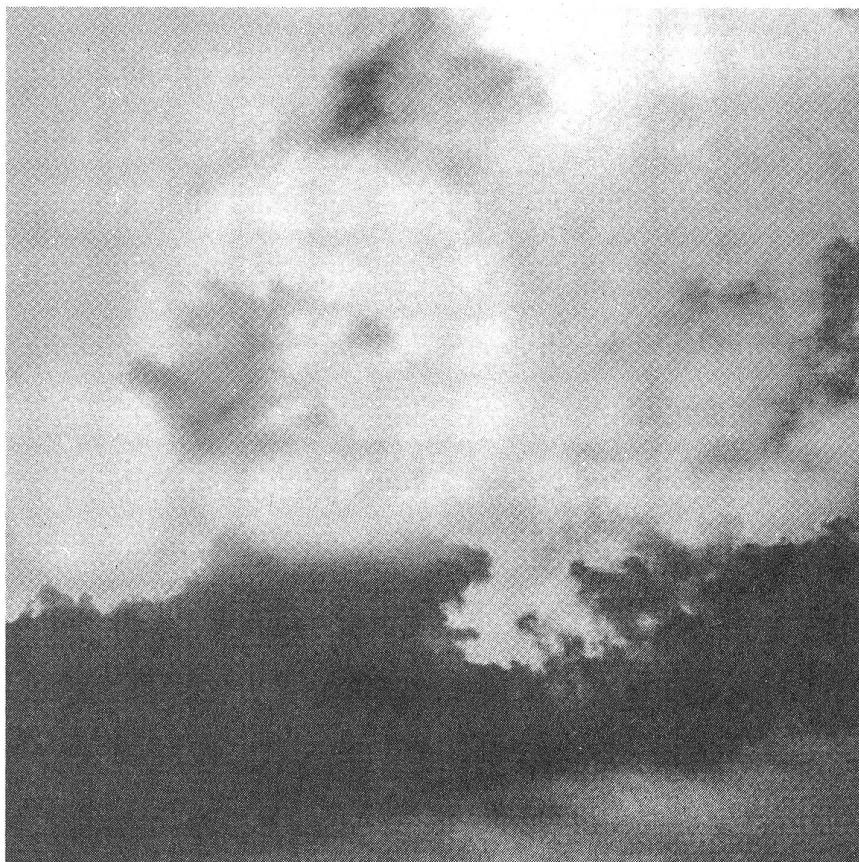
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 12.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# VORSORGESTRATEGIE 2: DER SANFTE WEG

Der vorgehende Beitrag zeigt, wie das CO<sub>2</sub>-Problem nicht gelöst werden kann. In diesem Artikel legt Pierre Fornallaz, Ingenieur, Ökozentrum Langenbruck, dar, wie man im Einklang mit der Natur unsere Energiezukunft bauen kann: Durch wirksame Nutzung erneuerbarer Energie, sanfte Technologie und Abkehr von den überrissenen Wachstumsprognosen. Dass dies ohne Einbussen in unserer Lebensqualität möglich ist, zeigt er in seinem Artikel auf.



Globale Umweltprobleme sind im allgemeinen schwer zu lösen. In Ökosystemen ist alles mit allem verhängt, und es lässt sich keine einzelne Ursache ermitteln und bekämpfen. Ein in letzter Zeit viel diskutiertes Beispiel ist das in Industrieländern festgestellte Waldsterben, welches auf das Zusammenwirken von Luftverunreinigungen, saurem Regen, Schwermetallen, jahrzehntealten Bodenbelastungen, Trockenheit und Kälte zurückzuführen ist. Im Gegensatz dazu ist das Umweltproblem CO<sub>2</sub> aus technisch-wissenschaftlicher Sicht gesehen

relativ leicht zu meistern. Das hat zwei Gründe:

1. Man kennt die Ursache. Der zunehmende Einsatz fossiler Brennstoffe und die Zerstörung tropischer Regenwälder setzen Kohlenstoff frei, der in Kohle, Erdöl, Erdgas und Biomasse gebunden war.
2. Damit ist das *Energieproblem* angesprochen. Energie ist aber das einzige Gut, das unserem Planeten in hochwertiger Form ständig zugeführt wird. Falls es also gelingt, den heutigen und zukünftigen Weltbedarf an Energie in Ein-

klang zu bringen mit dem Potential der auf die Erde anfallenden Solarenergie, so kann das CO<sub>2</sub>-Problem gemeistert werden.

Das Problem ist damit zurückgeführt auf die im letzten Jahrzehnt immer wieder gestellten und umstrittenen Fragen:

- Können sich Industrieländer mit Sonnenenergie selbst versorgen?
- Können Länder, die einen Nachholbedarf an Entwicklung aufweisen, diesen mit Sonnenenergie allein decken?
- Kann die weitere Entwicklung aller Länder mit Sonnenenergie bewerkstelligt werden?

Nach unserer Überzeugung können alle diese Fragen mit einem klaren Ja beantwortet werden. Andere verneinen sie mit derselben Überzeugung. Wir müssen also die Voraussetzungen kennen lernen, welche diese sich widersprechenden Antworten hervorrufen. Wenn wir Energieträger auch in Zukunft verschwenderisch einsetzen wollen wie in der Vergangenheit, so kann die Nutzung der direkten Sonnenstrahlung und alle von ihr gespeisten regenerativen Energiequellen niemals genügen. Wenn wir aber – basierend auf neuen naturwissenschaftlichen Kenntnissen – Energie nur noch hocheffizient einsetzen, so können wir das Problem unserer Energieversorgung dauerhaft und umweltverträglich lösen.

## Der sanfte Weg

Ich will im Folgenden den sogenannten sanften Weg der Energieversorgung darzustellen versuchen. Dieser Weg ist schon oft beschrieben worden. Ich kann also keine neuen Erkenntnisse vorlegen, sondern stütze mich im wesentlichen auf drei neuere Studien (1, 2, 3). Diese berufen sich wiederum auf eine grosse Anzahl globaler, nationaler und regionaler Energiestudien, die alle in den vergangenen 5 Jahren publiziert worden sind. Der methodische Ansatz ist immer derselbe: Materieller Wohlstand und wirtschaftliche Aktivitäten werden nicht durch die Höhe des Energieverbrauchs als solchem bestimmt, sondern durch den Umfang und die Qualität der Energiedienstleistungen, die bereitgestellt werden können. Dabei sind folgende Kriterien zu beachten:

- *Energiequalität*: Die Qualität des Angebotes muss der Qualität des Bedarfs angepasst sein. Nichtanpassung ist Verschwendug!
- *Endenergiebedarf*: Je besser sich die eingesetzte Energie qualitativ und quantitativ an den Endenergiebedarf anpassen kann, desto effizienter, umweltfreundlicher und billiger ist die Lösung.
- *Dezentralisierung*: Die dezentralisierte Bereitstellung der Energie ist meistens vorteilhaft, weil der Endenergiebedarf dezentralisiert anfällt.

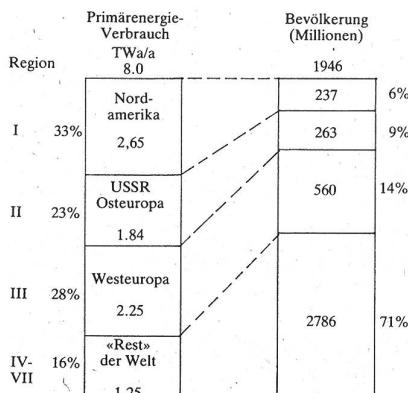


Abb. 1: Aufteilung von Weltenergie-Verbrauch und Weltbevölkerung im Jahr 1975.  
Quelle: IIASA

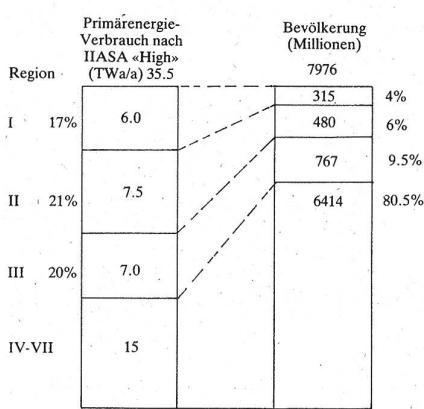


Abb. 2: Aufteilung des Primärenergie-Verbrauchs auf die Weltbevölkerung im Jahr 2030 im IIASA «High» Szenario.  
Quelle: IIASA

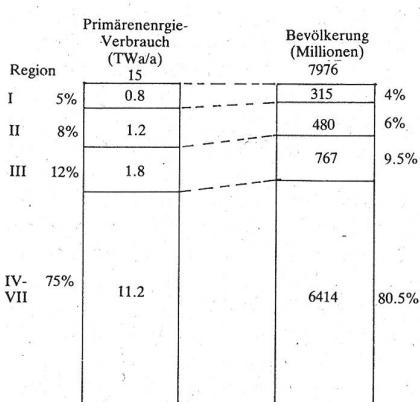


Abb. 3: Aufteilung des Primärenergie-Verbrauchs auf die Weltbevölkerung im Jahr 2030 für ein sanftes Konzept.  
Quelle: Oeko-Mitteilungen, 2/82, Freiburg i. Br.

Energiequelle	technisches Potential TWa/a
Biomasse	6
Wasserkraft	3
Wind	3
geothermische Energie	2
thermische Meeresenergie	1
Tiden, Meeresströme, Welle	0.045
sanfte Solarenergie	2.2
Gesamt	17.2

Abb. 4: Die technischen Potentiale erneuerbarer-Energiequellen und sanfter Solarenergie (Terawattjahr pro Jahr = TWa/a).  
Quelle: IIASA

● **Eigenverantwortlichkeit:** Dezentralisation ermöglicht und fördert die Eigenverantwortlichkeit, welche wiederum die effiziente Nutzung sicherstellt.

### Wie viel Energie benötigen wir?

Gegenwärtig beträgt der jährliche Weltenergieverbrauch etwa 9 TWa. Es sind in den letzten Jahren zahlreiche Studien veröffentlicht worden (IIASA, Weltenergiekonferenz usw.), welche ein Ansteigen des Weltenergiebedarfs auf Werte für das Jahr 2030 von 100 TWa/a (Trendextrapolation basierend auf einem Wachstum des Bruttonsozialproduktes von 4,5 Prozent pro Jahr) und 22 TWa/a (basierend auf einem BSP-Wachstum von 1,2 Prozent pro Jahr) prognostizieren. Diese hohen Werte stammen aus frühen Prognosen. Wie auch in der Schweiz tritt überall bei der Energielobby eine zunehmende Ernüchterung ein: Die Bedarfswerte werden mit jedem Jahr niedriger. Die IIASA hat vor kurzem ein niedriges und ein hohes Bedarfsszenario von 22,8 bzw. 35,7 TWa/a für das Jahr 2030 veröffentlicht. (Vergleiche auch Artikel «Der grosse Bluff der Atomstrategen»). Diese Prognosen weisen grundsätzliche Mängel auf:

1. Die Bindung der Wachstumsraten des Energieverbrauchs an ein angenommenes Wirtschaftswachstum berücksichtigt die durch technischen Fortschritt bei der rationellen Energieverwendung mögliche Entkopplung nicht. Dies ist ein *technischer Mangel*.

2. *Die hohen Zuwachsrraten beim Energieeinsatz der Vergangenheit beruhten auf fallenden realen Energiepreisen. Diese hohen Zuwachsrraten dürfen für Zukunftsprognosen nicht verwendet werden. Dies ist ein wirtschaftlicher Mangel* denn die heute und in Zukunft zu erwartenden steigenden realen Preise erhöhen die Effizienz des Energieeinsatzes stark.

3. Gegenwärtig beanspruchen 29 Prozent der Weltbevölkerung in den industrialisierten Ländern 84 Prozent der verbrauchten Primärenergie (Abb. 1). Gemäß der IIASA-Studie (hohes Szenario) werden im Jahre 2030 bei einem vervierfachten Energieeinsatz 20 Prozent der Weltbevölkerung in den industrialisierten Ländern immer noch 58 Prozent der verbrauchten Primärenergie beanspruchen (Abb. 2). Also wird die reale Zunahme des Energieverbrauchs pro Kopf und Jahr in den Industrieländern immer noch wesentlich grösser sein als in den Entwicklungsregionen. Dies ist ein *sozialer Mangel*.

4. Für die Entwicklungsregionen werden stark zentralistische entwicklungspolitische Strategien angewandt. Dies ist ein *entwicklungspolitischer Mangel*. Strebt man nämlich – statt die Expansion riesiger Städte zu fördern – die Entwicklung kleinräumiger lokaler Wirtschaftsregionen an, welche Beschäftigungsmöglichkeiten und Produktionska-

pazitäten dort vorsehen, wo heute die meisten Menschen leben, so ergeben sich wesentlich geringere Energiebedürfnisse pro Einheit des Bruttonsozialproduktes. Werden diese 4 Mängel vermieden und werden gemäß oben erwähntem methodischen Ansatz Umfang und Qualität der benötigten Energiedienstleistungen bestimmt, so lassen sich *wesentlich tiefere Weltenergiebedürfnisse* für das Jahr 2030 errechnen. Bei sorgfältiger Beachtung technischer Möglichkeiten und Grenzen und konsequenter Anwendung von Wirtschaftlichkeitskriterien kann durch den Einsatz bereits heute verfügbarer und unkomplizierter technischer Verbesserungen die *Produktivität der Primärenergienutzung um einen Faktor drei bis sechs gesteigert* werden. Für die Bundesrepublik Deutschland zeigt die Energiestudie des Öko-Institut in Freiburg i. Br., dass die Energiedienstleistungen entsprechend dem heutigen materiellen Wohlstand mit etwa 36 Prozent des heute üblichen Energieaufwandes bereitgestellt werden können.

Wird der gegenwärtige materielle Wohlstand der Bundesrepublik vorausgesetzt und werden die unterschiedlichen Heizungsaufwendungen in den verschiedenen Weltregionen angemessen berücksichtigt, so berechnet sich über dieselben angenommenen Bevölkerungszahlen der verschiedenen Regionen der Jahresbedarf an Primärenergie auf 15 TWa. Dabei ergibt sich eine weitgehende weltweite Verteilungsgerechtigkeit des Energieangebotes. 20 Prozent der Weltbevölkerung in den Industrieländern werden dann nur noch 25 Prozent des Primärenergieverbrauchs beanspruchen. (Abb. 3)

### Die Autoren

A. B. Lovins, L. H. Lovins, F. Krause und W. Bach gelangen bei noch weitergehenden Massnahmen der rationellen Energieverwendung und optimierter Prozessführung in der Industrie zu einem Weltenergiebedarf von nur 8 TWa/a, also etwas weniger als heute. Wird in den Entwicklungsregionen die oben angeführte kleinräumige entwicklungspolitische Strategie angewandt, so reduziert sich dieser Wert sogar auf 5,2 TWa/a, und dies bei gleichem durchschnittlichem Wohlstand wie in den anderen Studien. *Wir können also für unsere weiteren Überlegungen davon ausgehen, dass, basierend auf eine Weltbevölkerung von 8 Milliarden Menschen im Jahre 2030 und den übernommenen wirtschaftlichen Wachstumsraten des niedrigen IIASA Szenario (die wir aber als zu hoch beurteilen), ferner basierend auf einer effizienten und wirtschaftlichen Nutzung der beanspruchten Primärenergie, der Weltenergiebedarf im Jahre 2030 zwischen 5 und 15 TWa liegen wird.*

## Potential erneuerbarer Energiequellen.

Es stellt sich nun die Frage, ob das Potential erneuerbarer Energiequellen diesen ermittelten Weltenergiebedarf zu decken vermag. Gelingt dies, so wäre die Energieseite des CO<sub>2</sub>-Problems gelöst. Um es ganz zu eliminieren, müsste noch der Zerstörung der tropischen Regenwälder Einhalt geboten werden.

Trotz den analytischen Schwierigkeiten, die die Einschätzung dieses Potentials von sehr vielfältigen, dezentralisierten und meist kleinen Energiequellen erschweren, liegen heute sehr sorgfältige Untersuchungen über den Stand der Technik vor, mit der sich auf erneuerbarer Basis sowohl Wärme in allen Temperaturbereichen als auch Kühlung, flüssige Treibstoffe und Strom bereitstellen lassen. Bei einer wirtschaftlich optimierten Energieeffizienz lässt sich fast der gesamte langfristige Energiebedarf in jedem der untersuchten Industrieländer damit decken. Auf regionaler Ebene ergibt sich ein noch günstigeres Bild für erneuerbare Energiequellen.

Unter der Voraussetzung, dass die erneuerbaren Quellen geschickt und effizient eingesetzt werden, sind sanfte Technologien für die Energieversorgung nicht nur ausreichend, sondern auch aus wirtschaftlichen Überlegungen heraus vorzuziehen. Sie sind zwar nicht billig, aber doch billiger als die nichterneuerbaren Alternativen, mit denen das zur Neige gehende Öl und Gas ersetzt werden müsste. Sie sind sogar investitionsmäßig günstiger und damit vom Preis der gelieferten Energiedienstleistung her um ein mehrfaches billiger.

Eine globale Betrachtung des möglichen Welthandels mit erneuerbaren Energieträgern zwischen den sieben IIASA-Regionen wurde von Bent Sørensen ange stellt. In dieser sehr konservativ angelegten Studie geht er von einem Weltenergiebedarf von 40 TWa/a aus, einem Wert, der also 3 bis 5 mal über dem wirtschaftlich sinnvollen Betrag liegt. Trotzdem zeigte sich, dass selbst bei Berücksichtigung physischer, ökologischer und flächenmässiger Beschränkungen sich alle Regionen mit erneuerbarer Energie versorgen könnten, mit Ausnahme eines leicht auszugleichenden Defizits in Asien.

Unabhängig von dieser Untersuchung gibt eine IIASA-Studie folgenden Überblick über die technischen Potentiale erneuerbarer Energiequellen (Abb. 4). In dieser Tabelle ist nur dezentral in kleinen Einheiten genutzte Sonnenenergie aufgeführt. Die jährlich potentiell verfügbare Energiemenge beträgt 17,2 TWa.

*Wir folgern also, dass das jährliche nutzbare Energieeinkommen der Erde ausreicht, um die zunächst noch wachsende Weltbevölkerung dauerhaft mit allen wünschbaren Energiedienstleistungen zu versorgen. Zur Nutzung dieses Potentials*

bedarf es des Aufbaus entsprechender Energiebereitstellungssysteme. Für die Aufbauzeit wird eine Übergangsstrategie notwendig sein, die sich im wesentlichen noch auf fossilen Energieträgern stützen wird.

## Die Lösung des CO<sub>2</sub>-Problems.

Die Gefahr einer Klimaänderung ist das grösste mit unserem gegenwärtigen, fast ausschliesslich auf fossilen Brennstoffen beruhenden Energiesystem verbundene Risiko. Es ist also dringend notwendig, unsere Energiebasis zu verändern. Es ist technisch machbar und volkswirtschaftlich vorteilhaft, den Einsatz fossiler Brennstoffe zunächst zu stabilisieren und dann allmählich auf Null zu senken, ohne dabei selbst die weitreichendsten Ziele weltwirtschaftlichen Wachstums aufzugeben zu müssen. Eine wohlhabende Welt von 8 Milliarden Menschen kann, indem sie Energie effizient und wirtschaftlich nutzt, ohne wesentlichen Mehrbedarf – eventuell sogar mit weniger Energie als heute – auskommen. Dieser Betrag lässt sich kostengünstig mit den verfügbaren erneuerbaren Energieträgern decken, die das Klima nicht beeinträchtigen. Wenn mit ihrem Einsatz jetzt begonnen wird, kann die Nutzung fossiler Energieträger innerhalb 50 Jahren grösstenteils oder sogar ganz eliminiert werden. Es gibt keinen andern Ansatz, mit welchem dieses Ziel in der genannten Zeitspanne zu erreichen wäre. Selbst wenn das Ziel nur teilweise erreicht werden sollte, würde sich der Beginn schwerwiegender Klimaänderungen vom gegenwärtig geschätzten Zeitraum von wenigen Jahrzehnten auf fast ein Jahrhundert hinauszögern. Denn der Gewinn an klimatischer Sicherheit wird wenig davon beeinflusst, ob und wann der Verbrauch fossiler Energieträger völlig eingestellt wird, wenn er nur auf ein vergleichsweise niedriges Niveau abgesenkt werden kann.

Die Substitution fossiler Brennstoffe durch effiziente Energienutzungstechnik und durch erneuerbare Energieträger sollte schon aus rein wirtschaftlichen Gründen kräftig vorangetrieben werden. In allen bisher untersuchten Ländern zeigt sich, dass die Erhöhung des Energienutzungsgrades die schnellste und billigste Energiequelle ist, gefolgt vom Einsatz sanfter Technologien, während der Grosskraftwerkbau langsam und teuer ist. So wurde in der EG in der Zeit von 1973 bis 1978 der vom Wirtschaftswachstum her sich ergebende Mehrbedarf an Energie zu 95 Prozent durch erhöhte Energieproduktivität abgedeckt, während die Bereitstellung zusätzlicher Energie nur 5 Prozent betrug. Die Einsparungen übertrafen sogar den absoluten Zuwachs an Atomenergie im gleichen Zeitraum um mehr als das Zehnfache. In Japan wuchs das Bruttosozialprodukt in den letzten sieben Jahren um

durchschnittlich 4 Prozent pro Jahr, während der Energieeinsatz praktisch konstant blieb. In den USA war der Beitrag der Energieeinsparung im Jahre 1979 sogar 50-mal so gross wie die zusätzliche Energiebereitstellung. In den früheren Zeiten real fallender Energiepreise führten Millionen von Einzelentscheidungen zu einem wachsenden Energiebedarf; heute, bei real steigenden Kosten, reduzieren Millionen von Verbrauchern ihren Energiebedarf, um Geld zu sparen und verursachen dadurch eine massive Reduktion des Gesamtenergiebedarfs.

*Aus all diesen Gründen scheint die einzuschlagende Energiepolitik vorgezeichnet zu sein. Das ist leider nicht der Fall, denn die Trägheit unserer Institutionen und der Einfluss mächtiger Interessengruppen muss zuerst überwunden werden. Entscheidungen dieser Tragweite werden leider selten auf der Grundlage volkswirtschaftlicher Vernunft getroffen.* Die Informationsarbeit der SES in der Öffentlichkeit ist deshalb von grösster Bedeutung.

Ich fasse zusammen: Eine Energiestrategie, die das CO<sub>2</sub>-Klimarisiko auf ein Minimum reduziert, ist technisch möglich, mit pragmatischen Mitteln durchführbar und volkswirtschaftlich vorteilhaft.

## Quellen:

1. Internationales Institut für Angewandte Systemanalyse (IIASA), Energy Systems Program Group, «Energy in a Finite World», Executive Summary, Laxenburg b. Wien, 1981.
2. A. B. Lovins, L. H. Lovins, F. Krause, W. Bach: «Energy Strategy for Low Climatic Risks», Universität Münster, im Auftrag des UBA, Berlin 1981.
3. H. Bossel, U. Fritzsche: «Die harten Fakten sprechen für den sanften Weg», Öko-Mitteilungen 2/82, Institut für Angewandte Ökologie, Freiburg i. Br.