

# Sanfte Energieversorgung — eine neue Utopie?

Von  
Dr. rer. pol. D. Oesterwind, Dipl.-Volksw. O. Renn  
und Dr.-Ing. A. Voß, Jülich \*)

## 1. Einführung in die Problemstellung

Die Idee des sanften Energieweges hat nun auch in der Bundesrepublik Eingang in die öffentliche energiepolitische Diskussion gefunden [1]. Was, wenn es noch eines Beweises bedürft hätte, durch die am 1. 12. 1979 stattgefundene Anhörung der Enquete-Kommission „Zukünftige Kernenergiepolitik“ des Deutschen Bundestages zum Thema „Sanfte Energie und dezentrale Energieversorgung als energiepolitische Alternativlösung für die Bundesrepublik Deutschland“ belegt wird.

Hinter dem Schlagwort von der „sanften Energie“ verbirgt sich der Aufruf zu einer grundlegenden Änderung unserer Energieversorgung und die Aufforderung einer „energie- und industriepolitischen Umrüstung unserer Gesellschaft“, wie es im Untertitel zu der deutschen Übersetzung des Buches „Soft Energy Paths“ von dem wohl bekanntesten Vertreter des „sanften Energieweges“ Amory B. Lovins heißt [2]. Es geht also um mehr als nur um Energie; es geht um die Veränderung der Wirtschafts- und Gesellschaftsstruktur durch die Einführung „sanfter“, dezentraler Technologien, die ein überschaubares sinn-erfülltes Leben im Einklang mit der Natur und Umwelt garantieren sollen. Nach den Vorstellungen der Vertreter eines „sanften“ Energieweges müssen wir heute die Weichen für eine Energieversorgung stellen, die nach einer Übergangszeit von etwa 40—50 Jahren zu einem Energiesystem führt, das dann ausschließlich auf der dezentralen Nutzung regenerativer Energiequellen beruht und zwar mit vergleichsweise einfachen Techniken, die in ihrer Größe und in der geographischen Verteilung den Bedürfnissen des Endverbrauchs angepaßt sind. Die wichtigsten „sanften“ Energietechnologien sind:

- solare Heizungs- und Kühlungs-systeme,
- Verfahren zur Umwandlung landwirtschaftlicher und forstwirtschaftlicher Abfälle und städtischen Mülls in flüssige und gasförmige Brennstoffe,
- Windenergiekonverter und
- Kombinationen aus diesen Techniken.

Große solare Kraftwerke sind in diesem Sinne ebensowenig „sanfte“ Techniken wie z. B. Kernkraftwerke oder Kohleverflüssigungsanlagen. Weitere wichtige Charakteristika der „sanften“ Energie sollen sein, daß sie nahezu keine Transport- und Verteilungsverluste haben, daß ihre Bauzeiten kurz und ihre Funktion wegen ihres einfachen Aufbaus für jeden verständlich ist. Sie seien darüber hinaus heute schon erprobt und wirtschaftlich. Insbesondere sei ihr Kapitalbedarf wesentlich geringer als bei den heute genutzten Großtechnologien. Eine auf diesen „sanften Techniken“ aufbauende Energieversorgung bietet darüber hinaus, so Amory B. Lovins [3] „viele gesellschaftliche, wirtschaftliche und geopolitische Vorteile, einschließlich der praktischen Beseitigung der nuklearen Proliferation, der Weiterverbreitung von Kernenergie auf der Welt“.

Angesichts dieser von den „sanften“ Vertretern gezeichneten Zukunftsperspektiven muß jedem die „sanfte“ Energieversorgung als ein paradiesisches Angebot erscheinen, das man kaum ausschlagen kann, insbesondere dann, wenn man es mit den von den „sanften“ Energievertretern beschriebenen Konsequenzen des Alternativweges, den sie den „harten“ Weg nennen, vergleicht. Dieser so-

genannte „harte“ Weg, der die Fortsetzung der bisherigen Entwicklung zu immer größeren Einheiten und von einander abhängigen Subsystemen darstellt; der die Lösung des Energieproblems allein durch eine rasche Ausweitung der Nutzung der Kohle (sowohl zur Erzeugung von Elektrizität wie auch von synthetischen Brennstoffen), der Kernspaltung (einschließlich des Schnellen Brütters) und der Erschließung der unkonventionellen Erdöl- und Erdgasreserven gegeben sieht; der den sparsamen Umgang mit Energie „zwar als nötig“ ansieht, ihm aber „eher rhetorische als wirkliche Priorität“ einräumt und den regenerativen Energiequellen „höchstens eine unbedeutende Rolle“ zuspricht. Dieser „harte“ Weg sei ein Weg in die Sackgasse. Sein Kapitalbedarf übersteigt die Möglichkeiten unserer Volkswirtschaft; er sei unwirtschaftlich und er führe zur Machtkonzentration und zu Technokratentum. Letztlich bewirke der „harte“ Weg die Entmündigung des Menschen und die Entfremdung von der Natur und den vom Menschen selbst geschaffenen Gütern.

Es sind also nicht technische und primär auch nicht ökonomische Argumente, die den sogenannten „harten“ Weg unerwünscht erscheinen lassen, sondern es sind seine angeblichen gesellschaftlichen und soziopolitischen Konsequenzen. Hieraus folgt, daß eine kritische Auseinandersetzung mit der Idee „sanft“ nicht allein auf technisch-ökonomischer Ebene geführt werden kann.

Wir wollen uns deshalb im folgenden mit drei für die Beurteilung des „sanften“ Energieweges zentralen Fragen auseinandersetzen.

1. Ist eine ausschließlich „sanfte“ Energieversorgung in der Bundesrepublik Deutschland überhaupt möglich?
  2. Wie sieht es mit der Wirtschaftlichkeit der „sanften“ Energietechniken aus?
  3. Was sind die gesellschaftlichen Konsequenzen eines „sanften“ Energieweges?
- 2. Ein sanftes Energieszenarium für die Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2030**

Das im folgenden näher erläuterte sanfte Energieszenarium für das Jahr 2030 ist, dies sei ausdrücklich bemerkt, nicht als Prognose aufzufassen, sondern es stellt eher die Quantifizierung des Gedankenexperiments dar, ob eine ausschließlich auf sanfte Energietechniken aufbauende Energieversorgung unseres Landes möglich ist und welche Probleme damit verbunden sind. In Anbetracht der Unsicherheiten, die mit jeder Aussage, die sich auf langfristige Zeiträume bezieht, verbunden sind, können es nicht die im einzelnen angegebenen Zahlen sein, auf die es ankommt, sondern die Größenordnung, die diese Zahlen repräsentieren. Auch wenn im Einzelfall erhebliche Abweichungen nach oben oder unten möglich sind, behalten trotzdem die aus den Berechnungen gezogenen grundsätzlichen Schlußfolgerungen ihre Gültigkeit.

### 2.1 Energienachfrage

Bei der Untersuchung der Frage, ob eine ausschließlich sanfte Energieversorgung unseres Landes überhaupt möglich ist, stellt sich zunächst die Frage nach dem Energiebedarf im Jahre 2030. Wenn überhaupt, so kann man den Energiebedarf im Jahre 2030 nur im Zusammenhang mit einer Fülle von Annahmen, z. B. über die wirtschaftliche Entwicklung, die Bevölkerungsentwicklung und die durchgeführten Einsparmaßnahmen abschätzen, wobei natürlich die getroffenen Annahmen selbst wieder in Frage gestellt werden können.

Wir sind bei der Ermittlung des Energiebedarfs von vergleichsweise günstigen Annahmen für die sanften Ener-

\*) Dr. rer. pol. Oesterwind, Dr.-Ing. A. Voß, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung der Kernforschungsanlage Jülich GmbH.  
Dipl.-Volksw. O. Renn, Programmgruppe Kernenergie und Umwelt der Kernforschungsanlage Jülich GmbH.

giesysteme ausgegangen. Interpretiert man die von A. Lovins [4] gemachte Aussage, daß „eine ausschließlich auf sanften Energieformen beruhende Versorgung also langfristig durchführbar“ ist, „unabhängig davon, ob die von 2000 bis 2025 gezeigte Schrumpfung des Energiebedarfs eintritt oder nicht“, so sind die zentralen Thesen des sanften Weges keineswegs a priori nur für niedrige Energiebedarfsentwicklungen gültig.

Ausgehend von einer Analyse der Letztverwendungszwecke der Energie zur Produktion von Gütern und Bereitstellung von Dienstleistungen, ergibt sich für unser Szenario im Jahre 2030 ein Nutzwärmebedarf für die Raumheizung, Warmwasserbereitung und industrielle Prozesse von 1166 TWh und ein Endenergiebedarf an Elektrizität und flüssigen bzw. gasförmigen Kraftstoffen für den Verkehr in Höhe von 813 TWh. Die vergleichbaren Zahlen für das Jahr 1978 lauten 860 TWh Nutzwärme und 650 TWh Strom und Kraftstoffe. In Tabelle 1 sind für die verschiedenen Verbrauchssektoren die jeweiligen Zahlen für den Energiebedarf im Jahre 2030 nach den verschiedenen Verwendungszwecken zusammengestellt. Dieser Abschätzung des Energiebedarfs liegen die folgenden wichtigen Annahmen zugrunde:

- Rückgang der Wohnbevölkerung von 61 auf 53 Mill. Menschen im Jahr 2030.
- Wachstum des Brutto sozialprodukts pro Einwohner um den Faktor 3.
- Fortsetzung der Tendenz zur Ausweitung des Dienstleistungssektors.

Tabelle 1: Energiebedarf im Jahre 2030

Sektoren	Energiebedarf (TWh/a) für	
	Licht und mech. Energie (Endenergie)	Nutzwärme
<b>Haushalte</b>		
Ein- und Zweifamilienhäuser		
— Licht und Kraft (Strom)	44	165
— Wärme		
Mehrfamilienhäuser		
— Licht und Kraft (Strom)	29	109
— Wärme		
<b>Kleinverbraucher</b>		
— Licht und Kraft (Strom)	34	257
— Heiz- und Prozeßwärme		
<b>Landwirtschaft</b>		
— Licht und Kraft (Strom)	9	35
— Wärme		
<b>Industrie</b>		
— Licht und Kraft (Strom)	250	600
— Prozeßwärme		
<b>Verkehr</b>		
— elektrische Antriebe	18	
— flüssige und gasförmige Kraftstoffe		
	Σ	813
		1166

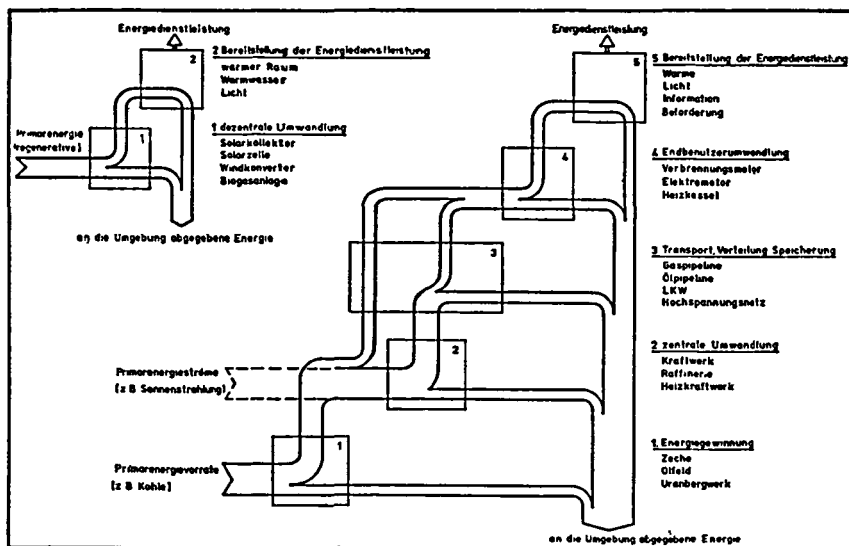


Bild 1: Schematische Darstellung zentraler und dezentraler Energieversorgungssysteme

- Zunahme der Wohnfläche pro Kopf von heute 30 auf 40 m<sup>2</sup>.
- Durchsetzung von Maßnahmen zum sparsameren Umgang mit Energie, z. B. Verbesserung des spezifischen Nutzungsgrades um
  - 50 % bei der Raumheizung im privaten Bereich,
  - 35 % bei der Licht- und Kraftnutzung in den Haushalten,
  - 40 % bei der Raumheizung im Bereich des Dienstleistungssektors,
  - 30 % im Bereich der Grundstoffindustrie und
- eine Reduktion des durchschnittlichen Benzinverbrauchs der Pkw von heute 11 l/100 km auf 6 l/100 km im Jahre 2030.

Wie der unter den getroffenen Annahmen berechnete Energiebedarf durch regenerative Energiesysteme gedeckt werden kann, soll im folgenden untersucht werden.

## 2.2 Energieversorgungspotential

Eine sanfte Energieversorgung geht von dem Gedanken aus, die Energie am Ort des Verbrauchs zu gewinnen und nutzbar zu machen. Zentrale Energieversorgungssysteme hingegen transportieren die Energie vom Ort des Vorkommens zum Verbrauchsort, wobei in der Regel eine Umwandlung der Primärenergie zwischengeschaltet ist. In Bild 1 sind die Unterschiede einer dezentralen und zentralen Energieversorgung schematisch dargestellt. Eine enge Auslegung der Forderung nach Dezentralität schränkt das nutzbare regenerative Energieangebot erheblich ein. In diesem Fall blieben beispielsweise das über die örtliche Nachfrage hinausgehende örtliche Wind- und Wasserangebot ungenutzt. Aus diesem Grunde gehen wir im folgenden von einer weitergefaßten Auslegung des Begriffs „dezentral“ aus, wodurch das Potential des sanften Energieweges eher zu optimistisch abgeschätzt wird.

Die folgenden Energiesysteme werden im Rahmen des sanften Energieszenariums betrachtet:

- Wasser- und Windkraftwerke zur Elektrifizierung,
- Solarsysteme zur Wärmebereitstellung in Ein- und Zweifamilienhäusern,
- Solarsysteme mit dieselmotorbetriebener Wärmepumpe zur Wärmebereitstellung in Mehrfamilienhäusern, im Kleinverbrauchersektor und in der Industrie (< 100 °C),
- Monovalente Motor/Generator-Anlagen zur Wärmebereitstellung in Mehrfamilienhäusern, im Kleinverbrauchersektor und in der Industrie (< 100 °C), sowie zur Elektrizitätserzeugung als Koppelprodukt und
- Blockkonversionsanlagen zur Erzeugung von flüssigen und gasförmigen Brennstoffen.

## Wasserkraftwerke zur Elektrizitätserzeugung

Wasserkraftwerke sind ein fester Bestandteil unserer heutigen Energieversorgung. 1978 wurden 18,5 TWh/a aus Wasserkraft erzeugt. Wird das technische Ausbaupotential vollständig ausgeschöpft, so stehen im Jahre 2030 23,2 TWh/a zur Verfügung [5]. Entsprechend 22 TWh/a nach den Transport- und Verteilungsverlusten.

## Windkraftwerke zur Elektrizitätserzeugung

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, Windkraftwerke in einem Elektrizitätsverbundnetz oder im Inselbetrieb zu betreiben.

Zur Abschätzung des über ein Verbundnetz nutzbaren Windenergiepotentials wird von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Aus dem derzeitigen, noch lückenhaften Datenmaterial über Windverhältnisse (Windgeschwindigkeit, jahreszeitliche Schwankungen etc.) in der Bundesrepublik Deutschland läßt sich näherungsweise der Schluß ziehen, daß auf rd. 30 000 km<sup>2</sup> (12% der Gesamtfläche in der Bundesrepublik) mit einem Windangebot gerechnet werden kann, das den Betrieb von größeren Anlagen gestattet. Zu diesen Gebieten zählen die Norddeutsche Tiefebene sowie exponierte Lagen der Mittelgebirge [6]. Damit in diesen Gebieten die Windenergieanlagen ohne gegenseitige Beeinflussung arbeiten können (Verhinderung von Windschatten etc.), wird davon ausgegangen, daß pro km<sup>2</sup> eine Anlage errichtet werden kann.
- Über die optimale Leistungsgröße und die Benutzungsdauer von großen Windanlagen liegen derzeit noch keine eindeutig gesicherten Angaben vor. Aus diesem Grunde wird hier von einer durchschnittlichen Leistung von 1,5 MW<sub>e</sub> und einer durchschnittlichen Vollastbenutzungsdauer von 2000 h/a ausgegangen, die in den Küstengebieten überschritten und in den Mittelgebirgen wahrscheinlich unterschritten werden dürfte.

Unter Berücksichtigung der obigen Prämissen ergibt sich ein maximal technisches Leistungspotential von 45 GW und eine jährliche Stromerzeugung von 90 TWh. Dies stellt sicher einen oberen technischen Grenzwert dar, der unter realen Bedingungen nicht erreichbar ist. Berücksichtigt man, daß es sich bei den windbegünstigten Gebieten um Flächen handelt, die teilweise besiedelt sind, sowie Naturschutz- und Erholungsgebiete darstellen, so wird dadurch das tatsächlich nutzbare Windenergiepotential noch einmal reduziert. Wir gehen hier davon aus, daß das nutzbare Windenergiepotential 45 TWh/a beträgt.

Unter technischen Gesichtspunkten gilt es weiterhin noch zu bedenken, daß das Windenergieangebot zeitlich erheblichen Schwankungen unterliegt. Neben technischen Vorkehrungen zur Frequenz- und Spannungsstabilisierung [7] gilt es auch die Zeiten von Windflauten zu überbrücken. Diese können an der Küste zwischen 7 und 10 Stunden und im Binnenland zwischen 16 und 30 Stunden betragen. Da die Flauten nicht örtlich, sondern i. d. R. großflächig und gleichzeitig auftreten, ist in einem regionalen Verbundsystem, das allein aus Windkraftanlagen besteht, ohne zusätzliche Speichereinrichtungen eine jederzeitige Deckung der Nachfrage nicht gewährleistet.

Neben der Nutzung der Windenergie in großen Anlagen besteht natürlich auch die Möglichkeit, einzelne Energieverbraucher quasi autonom durch kleine Windkraftanlagen, die im Inselbetrieb arbeiten, zu versorgen. Wir unterstellen hier, daß alle 914 000 landwirtschaftlichen Betriebe in der Bundesrepublik [8] ihren Elektrizitätsbedarf aus kleinen Windkraftanlagen mit Speichereinrichtungen decken. Je nach Größe des Betriebes handelt es sich dabei um Windanlagen im Leistungsbereich von 6—14 kW<sub>e</sub>.

Das gesamte nutzbare Windenergiepotential beträgt somit 42 TWh (nach Abzug der Verteilungsverluste) aus großen und 9 TWh aus kleinen Windanlagen.

## Solarsystem für Ein- und Zweifamilienhäuser

Dieses System wandelt solare Strahlung mit Hilfe von thermischen Niedertemperaturkollektoren direkt in Nutzwärme um. Bei den Auslegungsberechnungen wurde von einer Kollektorfläche von etwa 100 m<sup>2</sup> und einem Speichervolumen (zum Ausgleich der tages- und jahreszeitlichen Sonneneinstrahlungsintensitäten) in Höhe von 10 m<sup>3</sup> pro kW Wärmeleistungsbedarf ausgegangen. Hierdurch ergeben sich nicht nur Speichervolumen in der Größenordnung von ca. 150 m<sup>3</sup>, sondern es fehlen derzeit zudem noch Wärmeisolierstoffe, um den Speicherinhalt auf einem ausreichenden Temperaturniveau zu halten. Weiterhin wurde die optimistische Annahme zugrunde gelegt, daß durch eine Steigerung der Kollektorwirkungsgrade die nutzbare Kollektorenergie auf 200 kW/m<sup>2</sup> · a gesteigert werden kann und hierdurch eine solare Deckungsrate von 100% erreicht wird, die ein zusätzliches Heizungssystem überflüssig macht [9]. Trotz teilweise ungünstiger Bedingungen (z. B. nicht optimale Dachneigung und Firstausrichtung) gehen wir hier davon aus, daß bis zum Jahre 2030 alle Ein- und Zweifamilienhäuser mit solaren Raumheizungs- und Warmwasseranlagen ausgestattet werden können, die den gesamten Wärmebedarf decken.

## Solarsystem mit dieselmotorbetriebener Wärmepumpe

Zur Deckung des Wärmebedarfs bei hohen Bedarfsdichten, wie z. B. in Mehrfamilienhäusern, im Kleinverbrauchsbereich oder in der Industrie sind monovalente Solarsysteme wegen der erforderlichen großen Kollektorflächen nicht geeignet. Aus diesem Grunde kommen für diese Bereiche Solarsysteme mit dieselmotorgetriebenen Wärmepumpen und Motor/Generator-Anlagen zum Einsatz, wobei modellhaft angenommen wird, daß die Verbraucher sich zu 50% für ein Solarsystem mit dieselmotorbetriebener Wärmepumpe und zu 50% für eine Motor/Generator-Anlage entscheiden.

Das Solarsystem mit dieselmotorgetriebener Wärmepumpe wird dabei so dimensioniert, daß der gesamte Wärmebedarf gedeckt wird. Dies bedeutet beispielsweise für ein Zwölffamilienhaus mit einem Nutzwärmebedarf von 140 MWh/a eine Anlage mit einer Kollektorfläche von 312 m<sup>2</sup>, einem Speichervolumen von 55 m<sup>3</sup> und einer Heizleistung der Wärmepumpe von 78 kW. Eine derartige Anlage verbraucht dabei pro Jahr etwa 65 MWh an flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen und 1,8 MWh an Strom für Pumpen und Hilfseinrichtungen [10]. Zur Deckung von 50% des Wärmebedarfs der Mehrfamilienhäuser und Kleinverbraucher und der Hälfte des industriellen Niedertemperaturwärmebedarfs (< 100 °C) wäre somit ein Energieinput in Höhe von 100 TWh/a an Brennstoffen und 2,8 TWh/a an Elektrizität notwendig, um 215 TWh/a an Wärmeenergie bereitzustellen.

## Motor/Generator-Anlage

Motor/Generator-Anlagen erzeugen sowohl Wärme als auch Strom. Ein Verbrennungsmotor treibt dabei einen Synchron- oder Asynchrongenerator an, wobei die anfallende Motorabwärme zur Wärmeerzeugung genutzt wird. Für die Auslegungsberechnungen wurde eine monovalente Anlage zugrundegelegt. Die typischen Daten einer Motor/Generator-Anlage für ein Zwölffamilienhaus sind: Motorleistung 42 kW, Heizleistung 78 kW, energetischer Nutzungsgrad 71%, Vollastbenutzungsstunden 2073 h/a, Stromerzeugung 77 MWh/a, Brennstoffverbrauch 305 MWh/a [11].

Werden mit diesem System 50% des Wärmebedarfs der Mehrfamilienhäuser und der Kleinverbraucher und 50% des industriellen Niedertemperaturwärmebedarfs gedeckt, so ist dazu ein Brennstoffeinsatz von 468 TWh/a notwen-

dig, wobei gleichzeitig 118 TWh/a an Elektrizität erzeugt werden.

### Biokonversionsanlagen

Biokonversionsanlagen dienen im sanften Energieversorgungszenarium der Erzeugung von flüssigen und gasförmigen Brennstoffen. Zur Energiegewinnung kommen folgende Substrate in Betracht:

- Klärschlamm,
- Hausmüll,
- Holzabfälle aus der Forstwirtschaft,
- Stallmist und
- Pflanzen.

#### Klärschlamm

Methan fällt als Nebenprodukt in der anaeroben Stufe einer Kläranlage, bei der sogenannten Schlammfäulung an. Die dort erzeugte Gasmenge wird i. allg. zum Zuheizen verwendet. Sie stellt in summa aber kein erwähnenswertes Energiepotential dar, da diese selbst zur Energieautarkie einer Kläranlage unzureichend ist. In der Frage, inwieweit in Zukunft eine Energieautarkie erzielt werden kann, gehen die Meinungen zum Teil erheblich auseinander [12].

#### Hausmüll

Wird einerseits davon ausgegangen, daß die Menge des Hausmülls pro Kopf noch weiter ansteigt, andererseits aber aufgrund abnehmender Bevölkerungszahlen der Hausmüll auf seinem heutigen Niveau verbleibt, so können bei einer ausreichenden Zahl von Methangewinnungsanlagen im Jahre 2030 42 TWh/a an Methan erzeugt werden [13].

#### Holzabfälle aus der Forstwirtschaft

Ohne den Waldbestand zugunsten der Energiegewinnung zu reduzieren, wird geschätzt, daß jährlich  $12,5 \cdot 10^6$  t/a Holzabfälle zur Energiegewinnung herangezogen werden können [14]. Wird hiervon der Eigenverbrauch für Abtransport, Aufbereitung und Trocknung abgezogen, verbleiben rd.  $9,25 \cdot 10^6$  t/a. Wird diese Menge im Jahr 2030 zur Gaserzeugung genutzt (1 kg trockenes Holz  $\cong 2,3$  m<sup>3</sup> Gas, 1 m<sup>3</sup>  $\cong 1250$  kcal), so ergibt sich damit eine nutzbare Energiemenge in Höhe von 30 TWh/a.

#### Stallmist

Bleibt der Anfall an tierischen Exkrementen in der Landwirtschaft bis zum Jahre 2030 konstant ( $17,5 \cdot 10^6$  t/a) und werden sie ausschließlich zur Biogasproduktion herangezogen, so können im Jahre 2030 37,8 TWh/a an Biogas dezentral bereitgestellt werden [15].

#### Pflanzen

In unseren Breiten ist der Anbau von Zuckerrüben, Kartoffeln, Mais und Getreide zur Energiegewinnung denkbar. Da die Zuckerrübe zum größten Energieertrag führt, wird davon ausgegangen, daß sie zur Energienutzung gewählt wird. Die Zuckerrübe kann sowohl zur Gas- als auch zur Äthanolherstellung eingesetzt werden, wobei das Äthanol als Kraftstoff für Automobile eingesetzt werden kann. Da die Äthanolherstellung günstigere Umwandlungswirkungsgrade besitzt als die Methanolherstellung, wird die Äthanolherstellung als Verfahren gewählt.

Um 1 l Äthanol herzustellen, werden 11,8 kg Zuckerrüben benötigt. Bei einem jährlichen durchschnittlichen Ernteertrag von 42 t/ha ergibt sich hieraus ein Äthanolertrag von 3560 l/ha, entsprechend  $2,3 \cdot 10^6$  kWh/km<sup>2</sup>, bei einem energetischen Benzin/Äthanoläquivalent von 1:0,62 [16]. Hiervon ist der Energieverbrauch zur Düngung, Feldbestellung und Äthanolherstellung ( $0,73 \cdot 10^6$  kWh/km<sup>2</sup> · a) abzuziehen, wobei unterstellt wurde, daß durch eine Steigerung des Wirkungsgrades zur Äthanolherstellung und durch mehr Eigenarbeit bei der Feldbestellung der Eigenverbrauch um die Hälfte gesenkt werden kann. Damit verbleibt ein Nettoenergieertrag in Höhe von  $1,57 \cdot 10^6$  kWh/km<sup>2</sup> · a.

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche beträgt in unserem Lande  $13 \cdot 10^6$  ha, entsprechen 53 % der Fläche der Bundesrepublik. Hiervon werden derzeit  $368 \cdot 10^3$  ha ( $\cong 2,8$  % der landwirtschaftlich genutzten Fläche) zum Zuckerrübenanbau genutzt [17]. Wird die Zucker Verwendung in den Nahrungsmitteln um die Hälfte reduziert oder Zucker importiert, so kann die Hälfte der Anbaufläche zur Energiegewinnung eingeplant werden. Werden weiterhin zur Energiegewinnung die landwirtschaftlich nicht mehr genutzten Flächen zum Zuckerrübenanbau rekultiviert, so steht eine Anbaufläche von  $5 \cdot 10^3$  km<sup>2</sup> zur Verfügung. Diese Fläche wird kaum auszuweiten sein, da eine optimale Nutzung des Bodens nur alle drei Jahre einen Zuckerrübenanbau gestattet und die Zuckerrübe nur auf tiefgründigem Boden gedeiht. Weiterhin ist es unwahrscheinlich, daß die derzeit anders genutzten land- und forstwirtschaftlichen Flächen zugunsten des Zuckerrübenanbaues eingeschränkt werden.

Werden die  $5 \cdot 10^3$  km<sup>2</sup> tatsächlich zur Äthanolherstellung genutzt, so können im Jahre 2030 7,8 TWh/a an Äthanol erzeugt werden.

### Energienachfrage im Vergleich zum Energieangebotspotential

In Bild 2 sind die zuvor diskutierten Versorgungsbeiträge der verschiedenen sanften Energietechniken der sektoralen Energienachfrage gegenübergestellt.

Dieses Energieflußbild einer sanften Energieversorgung stellt natürlich nur eine von mehreren denkbaren Strukturen eines sanften Systems dar. Die vorgenommene Auswahl und Zuordnung der einzelnen Energietechniken war dabei bestimmt durch die technischen Möglichkeiten der einzelnen Systeme. Es sei aber hier ausdrücklich darauf hingewiesen, daß bei einer Verwirklichung dieses Szenariums noch eine Reihe technischer Probleme gelöst werden müßte, wie z. B. das der jederzeitigen Deckung des Elektrizitätsbedarfs bei einem ungleichförmigen Windenergieangebot.

Wie aus der Gegenüberstellung von Angebot und Nachfrage hervorgeht, kann mit Hilfe der sanften Energiesysteme, — und hier sei noch einmal daran erinnert, daß wir den Begriff „sanft“ etwas weiter ausgelegt haben — die Nachfrage nicht gedeckt wird. Insbesondere treten bei der Stromversorgung und Nachfrage nach flüssigen und gasförmigen Brennstoffen erhebliche Deckungslücken auf. Sie betragen 196 TWh/a bzw. 2.327 TWh/a (hierbei wurde die Nutzwärme in Endenergie umgerechnet und der Energieinput für die Motor/Generator-Anlage und für das Solarsystem mit dieselmotorgetriebener Wärmepumpe berücksichtigt). Insgesamt könnten nur 26 % der Nachfrage gedeckt werden.

### 2.3 Wirtschaftlichkeitsvergleich

Im folgenden soll noch kurz auf die Frage der Wirtschaftlichkeit sanfter Energietechniken eingegangen werden.

#### Windkraftwerke zur Stromerzeugung

Die Stromerzeugungskosten eines Großwindkraftwerkes liegen nach neuesten Untersuchungen zwischen 18,0 und 19,5 Pf/kWh, wobei von der optimistischen Annahme einer Auslastung von 3300 h/a ausgegangen worden ist [18]. Im Vergleich hierzu liegen die Stromerzeugungskosten eines Steinkohlekraftwerkes, bei einer Auslastung von 3300 h/a, ebenfalls bei 18 Pf/kWh (100 % Brennstoffentschwefelung, Preisbasis 1985) [19]. Bei der Stromerzeugungskostenberechnung des Großwindkraftwerkes wurde unterstellt, daß die angenommenen anlegbaren Bau- und Betriebsausgaben zwischen 4800 DM/kW und 5740 DM/kW bei einer Serienfertigung realisiert werden können (Preisbasis 1985). Die zur Zeit in Norddeutschland in Bau befindliche Prototypanlage (Growian 3 MW<sub>e</sub>) wird mit 10 000 DM/kW veranschlagt und liegt damit erheblich über den angenommenen Bau- und Betriebsausgaben. Da selbst in einem Verbundsystem von Windkraftanlagen die gesicherte Leistung nur etwa 20 % der installierten

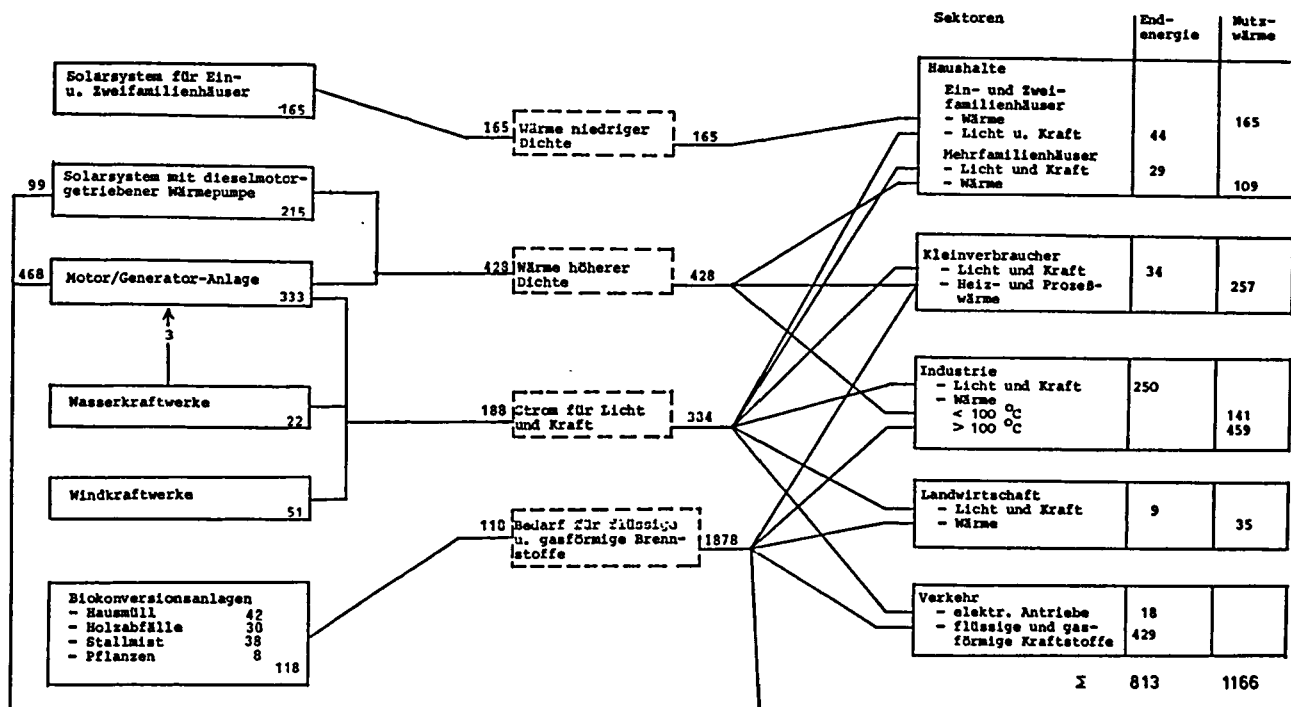


Bild 2: Sanftes Energieszenarium für die Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2030 (TWh/a)

Windkraftleistung beträgt, ist für die jederzeitige Deckung der Nachfrage die Installation von Reservekapazität notwendig. Unterstellt man, daß dies Kohlekraftwerke sind, so erhöhen sich die Stromerzeugungskosten aus Windkraftwerken auf 24,0 Pf/kWh bzw. 24,6 Pf/kWh.

Für Kleinwindkraftwerke (ca. 14 kW) werden ebenfalls, wie bei den Großwindanlagen, 19,5 Pf/kWh angenommen. Dieser Wert ist für die Kleinanlagen sehr optimistisch, da weder der Vorteil der Anlagengrößendegression genutzt werden kann, noch mit einer Auslastung zu rechnen ist, die der von Großwindanlagen entspricht. Werden zu den Stromerzeugungskosten die Speicherkosten in Höhe von 50 Pf/kWh zur Überbrückung von 10stündigen Flauteperioden berücksichtigt, so ergeben sich Gesamtkosten von 69,5 Pf/kWh. Diese Kosten liegen rd. um den Faktor 6 höher als die Strombereitstellungskosten beim Endverbraucher einer auf Kohle und Kernenergie basierenden Elektrizitätsversorgung.

Auf Laufwasserkraftwerke wird an dieser Stelle nicht eingegangen, da diese in der Praxis schon ihre Wirtschaftlichkeit bewiesen haben [20].

### Wärmebereitstellungssysteme

Wirtschaftlichkeitsvergleiche und Optimierungsrechnungen zwischen neuen Heizungssystemen und konventionellen Heizungssystemen wurden schon an verschiedenen Stellen durchgeführt [21]. Für Solarsysteme in Ein- und Zweifamilienhäusern liegen die Gesamtkosten (Investitions- und Brennstoffkosten) rd. um den Faktor 3 über den Gesamtkosten von Öl-, Gas- oder Fernheizungen. Etwas günstiger sieht der Vergleich mit der Solaranlage und dieselmotorbetriebener Wärmepumpe aus. Hier zeigt sich für ein Mehrfamilienhaus, daß die Gesamtkosten rd. um den Faktor 2 über den Gesamtkosten der konventionellen Heizungssysteme liegen. Unter günstigen Bedingungen (Stromgutschrift etc.) ist für Motor/Generator-Anlagen in Mehrfamilienhäusern eine Wettbewerbsfähigkeit gegeben (Preisbasis 1978).

Bei diesem Wirtschaftlichkeitsvergleich ist zu berücksichtigen, daß es sich um optimale Auslegungsdaten handelt, d. h. um Systeme, die nur rd. 60% des Wärmebedarfs

decken und deshalb ein zusätzliches Heizungssystem (z. B. einen Ölkessel) benötigen. Da die Auslegungsdaten der hier betrachteten Systeme von einer 100%igen Deckungsrate ausgehen, wird durch die dann weiter ansteigenden Investitionskosten (z. B. für Kollektoren) mit einer noch größeren Kostendifferenz zu rechnen sein, als nur um den Faktor 3 bzw. 2. Weiterhin ist zu bedenken, daß die dieselgetriebene Wärmepumpe und die Motor/Generator-Anlage in unserem Szenarium flüssige Brennstoffe von der Biomasse bezieht, wodurch mit zusätzlichen Kostensteigerungen zu rechnen ist. Andererseits muß in Zukunft mit einer weiteren Steigerung der Energieträgerpreise von Heizöl und Erdgas gerechnet werden. Wirtschaftlichkeitsberechnungen zeigen aber, daß selbst bei einer Preiserhöhung von 100% die neuen Solarsysteme, auch in Kombination mit einer Wärmepumpe, noch keine Wettbewerbschancen besitzen [22].

### Brennstoffbereitstellungssysteme

Verlässliche Kostenanalysen zur Gewinnung von Äthanol aus Zuckerrüben liegen heute noch nicht vor. Kostenabschätzungen gehen von den Einsatzstoffen Hausmüll, Holz oder Stroh aus. Hier zeigen erste Berechnungen, daß die Gesamtkosten zwischen 70 Pf/l und 1 DM/l liegen [23]. Die Kosten für Benzin ab Raffinerie betragen derzeit 42 Pf/l.

Dieser Wirtschaftlichkeitsvergleich hat gezeigt, daß die Behauptung, sanfte Energietechnologien seien wirtschaftlicher als Großtechnologien, weitestgehend nicht haltbar ist. Dies letztlich auch deshalb, weil entgegen der Argumentation der Vertreter des sanften Weges, die Kapitalkosten der dezentralen Systeme erheblich über den Kapitalkosten zentraler Systeme liegen. So liegen beispielsweise die Kapitalkosten einer Solaranlage in Kombination mit einem Heizölkessel um den Faktor 5 höher als eine Gaszentralheizung für ein Ein- bis Zweifamilienhaus.

### 3. Sozialpsychologische Aspekte

Wir hatten zu Anfang erläutert, daß soziopolitische Aspekte zentrale Motive und Beweggründe für die Forderung nach einem sanften Energiesystem sind.

Unter diesen Gesichtspunkten ist eine sanfte Energieversorgung Teil einer weitergefaßten Forderung nach alternativen Lebensformen, eben nach einer industriepolitischen Umstrukturierung unserer Gesellschaft. Eine sanfte dezentrale Energieversorgung wäre auch wohl kaum vereinbar mit einer harten Industriestruktur und großen Ballungsräumen.

Einer sanften Lebensweise, für die ein sanftes Energiesystem eine der wesentlichen Voraussetzungen ist, werden dabei folgende Vorteile zugeschrieben:

Erst in einem Leben nach den Regeln der Natur und der praktizierten Bewältigung von Aufgaben in der Gemeinschaft findet der Mensch die für sein Glück unabdingbare Geborgenheit und Wärme. Die moderne, alternative Wissenschaft und Technik ermöglicht es ihm gleichzeitig, seine elementaren Bedürfnisse ohne Ausbeutung von Natur und anderen Menschen sowie ohne unnötige Plackerei zu befriedigen. Voraussetzung dafür ist ein Wirtschaftssystem, in dem die Rollen von Produzent und Konsument miteinander vereint sind und die Konkurrenz um Marktchancen und um höheres Einkommen durch kooperative Produktionsverfahren und Gleichverteilung des erwirtschafteten Reichtums ersetzt werden. Die Vielfalt der Aufgaben eines jeden Menschen, die Rotation von Arbeitsplatz und Berufsstellungen und das unmittelbare Verhältnis zur eigenen Nahrungs- und Energieproduktion kommen den wahren Wünschen und Bedürfnissen der Menschen entgegen und führen zu einer Gesellschaftsform, in der jeder prinzipiell die Chance hat, ohne Abhängigkeit von Machtgruppen oder technisch geschaffenen Sachzwängen seine individuelle und soziale Entfaltung durchzusetzen [24]. Im Kern geht es hierbei um überschaubare Arbeitsweisen zur Aufhebung der Produktentfremdung und um eine einfachere Handhabung, um dadurch eine höhere Zufriedenheit bei der Arbeit zu erzielen. Hierzu läßt sich einwenden, daß die Entfremdung des Menschen von seiner Arbeit kein Produkt der Technik, sondern der ökonomischen Spezialisierung und Differenzierung ist. Ein Fließbandssystem läßt sich genauso gut mit primitivsten Werkzeugen verwirklichen und ist nicht auf den Einsatz moderner Maschinen angewiesen. Die Entfremdung vom hergestellten Produkt ist eine negative Begleiterscheinung der Industrieproduktion insgesamt, deren Existenz aber für unsere Versorgung und Lebensqualität von ausschlaggebender Bedeutung ist. Eine Reduzierung der Differenzierung dürfte den Freiheitsraum des Menschen wieder einschränken und seine Handlungsmöglichkeit auf wenige Alternativen einengen. Als Ersatz für die fehlende Motivation durch Freude am hergestellten Produkt ließe sich möglicherweise eine Motivation durch den Arbeitsprozeß selbst vorstellen, eine Maßnahme, die völlig unabhängig vom Zentralisierungsgrad der Technik ist, aber auf die Art der eingesetzten Technik, also auf ergonomische Aspekte, großen Einfluß hat. Überschaubarkeit und Einsicht in die Funktionsweise von technischen Geräten sind keine wesentlichen Kriterien, die eine Entfremdung bei den Operateuren hervorrufen. Vielmehr tritt dann ein Unbehagen im Verhältnis von Technik und Mensch zutage, wenn der Operateur glaubt, die ihm anvertraute Technik nicht mehr voll beherrschen und kontrollieren zu können [25].

Gehen wir noch einen Schritt weiter und versuchen einmal eine intuitive Schilderung einer sanften Lebensform hinsichtlich der individuellen und gesellschaftlichen Vorzüge und Zwänge. Ein Bild von einer möglichen weichen Gesellschaft kann man sich anhand der folgenden Beschreibung machen [26]:

- weitgehende Konzentration der Menschen in kleinen überschaubaren Landkommunen,
- weitgehende wirtschaftliche Autarkie der in einer Kommune lebenden Menschen und größtmögliche politische Selbstbestimmung auf lokaler und nationaler Ebene,

- weitestgehende Aufhebung der Arbeitsteilung und Berufsrotation,
- weitgehende Selbstversorgung mit landwirtschaftlichen Produkten und regenerativer Energie,
- weitgehende einfache, überschaubare sowie selbstproduzierbare und reparierbare technische Geräte.

Das Wort „weitgehend“ deutet schon daraufhin: diese Ziele können niemals vollständig erfüllt werden. Rohstoffgewinnung und -verarbeitung werden noch immer größere Produktionseinheiten bedingen. Ihr Einsatz ist aber in der alternativen Utopie nur dann gerechtfertigt, wenn keine dezentralen Möglichkeiten der Erzeugung oder Verarbeitung bestehen (Subsidiaritätsprinzip). Bei einer durchschlagigen Realisierung dieser Vorstellungen werden eine Reihe von positiven und negativen Folgen zu erwarten sein: Personen, die in der Geborgenheit festgefüger Ordnungen Halt und Sicherheit gewinnen, werden sich in einer weichen Gesellschaft wohlfühlen, ebenso wie Menschen, deren persönliche Entfaltung von der unmittelbaren Befriedigung durch manuelle Arbeit und Eigenproduktion abhängt. Auch die angestrebte größere Gleichheit und die geringere Chance zur sozialen Abweichung wird ihren Beitrag dazu leisten, dieses Gesellschaftssystem für viele attraktiv und lebenswert zu machen. Der entscheidende Haken am alternativen Lebensstil ist aber der Ausschluß einer Alternative zum alternativen Lebensstil. Während es in unserer Gesellschaft zumindest teilweise möglich ist, alternativ zu leben, wird es in einer durchgezogenen alternativen Gesellschaft keine Chance mehr geben, nicht alternativ zu leben. Gerade diese Ausschließlichkeit berechtigt zum Zweifel, ob das alternative System als eine echte ethische und politisch legitimierbare Alternative zum heutigen Industriesystem angesehen werden kann. Die erzwungene Askese der alternativen Lebensform für alle Menschen führt zur Diktatur des Puritanismus.

Hinter diesem schwerwiegenden Manko des alternativen Lebensstils verblassen die restlichen Mängel, die sich in einer neuen sanften Welt ergeben würden. Längere Arbeitszeiten, weniger Urlaub, geringeres Einkommen, ein höherer Anteil selbst zu erstellender Sozialleistungen sind nur einige dieser Nachteile, die aber durch mehr Befriedigung bei der Arbeit, bessere Umweltqualität (vorausgesetzt die Produktionsstruktur wird grundlegend geändert) und stärkere Einbindung in gemeinschaftliche Belange wettgemacht werden könnten. Weiterhin wird sich eine zentrale Regierung als notwendig erweisen, um die Komplexität ökologisch sinnvoller Eingriffe, die extremen organisatorischen Anforderungen an eine durchgängige Arbeits- und Berufsrotation, der Kooperationszwang der teilautarken Gemeinden und die Vielfalt systemimmanenter Konfliktsituationen, etwa zwischen Eigeninteresse und ökologischem Imperativ, zu bewältigen. Eine solche Regierung müßte minutiös und detailliert den Wirtschaftsprozeß und soziale Belange planen und steuern. Auch auf lokaler Ebene lassen sich — angesichts des ausgefüllten Tagesablaufs eines Menschen im alternativen Szenario — kaum basisdemokratische Modelle verwirklichen, sondern aus Zeitökonomie und wegen der Komplexität der anstehenden Probleme werden sich wieder repräsentative Strukturen durchsetzen. Der Traum vom freien Leben in der freien Natur wird im Alltag zu einem Lebensstil führen, dessen Inhalte von Naturgewalten, Klima, Arbeitsprozeß und politischer Führung maßgeblich mitbestimmt werden.

Die von den Vertretern einer sanften Lebensweise teilweise treffend diagnostizierten Defizite der modernen Industriegesellschaft machen diese Ideen auf den ersten Blick und bei einer ungenügenden Durchdringung ihrer wirklichen Implikationen zu einem vordergründig attraktiven Leitbild für die Gestaltung der Zukunft für eine Bevölkerung, die von Umweltbelastungen und Wirtschaftskrisen direkt betroffen ist.

#### 4. Ausblick

Wir haben in den vorangegangenen Abschnitten versucht, uns kritisch mit der Idee eines „sanften“ Energieweges und seinen Implikationen auseinanderzusetzen. Dabei konnte natürlich wegen des nur begrenzt verfügbaren Raumes nicht auf alle Aspekte dieser Idee eingegangen werden. Wir haben uns deshalb bemüht, auf die zentralen Fragen nach dem Potential, der Wirtschaftlichkeit und den soziopolitischen Konsequenzen eines sanften Energieweges eine erste Antwort zu geben. Dabei zeigte sich, daß eine sanfte Energieversorgung nicht in der Lage ist, den Energiebedarf in unserem Lande zu decken, daß ihre Kosten, die einer auf der Fortentwicklung unseres bisherigen Systems — unter Einbeziehung der Nutzung regenerativer Energiequellen — basierenden Versorgung erheblich überschreiten und daß die angeblich soziopolitischen Vorteile durchaus fragwürdig sind.

Eine „sanfte“ Energieversorgung stellt deshalb wohl nur eine Utopie und keine trag- und lebensfähige Alternative dar. Sie offeriert der breiten Bevölkerung eine falsche Hoffnung auf eine einfache, saubere, billige und sichere Lösung der Energieprobleme. Darüber hinaus ist nicht auszuschließen, daß die Idee „sanft“ und die damit verbundene wissenschaftliche Kontroverse von manchen Politikern als Entschuldigung für die weitere Verzögerung wichtiger energiepolitischer Entscheidungen herangezogen wird und dies in einer Situation, in der die Probleme der Sicherung der zukünftigen Energieversorgung von Tag zu Tag zunehmen. Hierin liegt ihre eigentliche Gefahr.

#### Literaturhinweise:

- [1] A. B. Lovins, *Soft Energy Paths*, Harwoodsworth 1977.  
E. F. Schuhmacher, *Die Rückkehr zum menschlichen Maß*, Reinbek bei Hamburg 1977.  
K. Traube, *Müssen wir umschalten? Von den politischen Grenzen der Technik*, Reinbek bei Hamburg 1978.
- [2] A. B. Lovins, *Sanfte Energie*, Reinbek bei Hamburg 1977.
- [3] A. B. Lovins, a.a.O., S. 63.
- [4] A. B. Lovins, a.a.O., S. 90 ff.
- [5] Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, *Energiequellen für morgen, Teil VI, Nutzung der Wasserenergien*, Frankfurt 1976.
- [6] Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, *Energiequellen für morgen, Kurzfassung*, Frankfurt 1976.
- [7] *The Gedser Windmill*, Nyt fra handelsministeriets og elvarernes vindkraftprogram, DEFU 1977 and 1979.
- [8] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, *Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 1977*, S. 33.
- [9] D. Orth, *Niedertemperatur — Wärmeversorgung unter besonderer Berücksichtigung ausgewählter neuer Technologien*, Jülich 1979, Jül-Spez. 65, S. 74—83.
- [10] D. Orth, a.a.O., S. 74—83.
- [11] D. Orth, a.a.O., S. 94—102.
- [12] Dornier-System GmbH, *Biologisch-Technische Systeme zur Energiegewinnung*, Studie im Auftrag des BMFT, Bonn 1979, S. 25.
- [13] P. Inden, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, *Mikrobielle Methanzeugung aus Biomasse durch anaerobe Fermentation im technischen Maßstab, Systemanalyse und Wirtschaftlichkeit*, Jül-1463, Jülich 1977.
- [14] H. W. Jordan, *Neuer Holzweg*, Holz-Zentralblatt, Stuttgart Nr. 25, 1978, S. 421—422.
- [15] P. Inden, a.a.O., S. 157 ff.
- [16] W. Bernhardt, et al., *Ethanol aus Biomasse als zukünftiger Kraftstoff für Automobile*, in: *Starch/Stärke* (1979) Nr. 8, S. 254—259.
- [17] Bundesministerium für Ernährung, a.a.O., S. 72—73.
- [18] L. Jarass, Universität Regensburg, *Großtechnische Windenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland*, Studie im Auftrag der Internationalen Energieagentur, Regensburg 1979.
- [19] Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung der Kernforschungsanlage Jülich GmbH., *Künftige Stromgestehungskosten von Großkraftwerken*, Jül-Spez. 2, Jülich 1977, S. 27.
- [20] Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung der Kernforschungsanlage Jülich GmbH., *Nutzung der Wasserenergie*, a.a.O.
- [21] D. Orth, a.a.O.  
M. Meiß, *Möglichkeiten und Grenzen der Sonnenenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland mit Hilfe von Niedertemperaturkollektoren*, Jül-Spez. 25, Jülich 1978.
- [22] D. Oesterwind, *Aspekte der soft/hard-Diskussion — Zentrale und dezentrale Energiesysteme als gemeinsame Option*, in: *Atomkernenergie*, Bd. 34 (1979), S. 172—176.
- [23] Dornier-System GmbH, a.a.O. S. 144—153.
- [24] David Dickson, *Alternative Technologie, Strategien der Technischen Veränderung*, München 1978, S. 83 ff.  
*Perspektiven mittlerer Technologie*, hrsg. von K. W. Kleffer, in der Schriftenreihe: *Alternative Konzepte*, Bd. 28, Karlsruhe 1979, S. 50—62 und S. 69 ff.  
*Neuer Lebensstil, Verzicht oder Veränderung*, hrsg. von K. E. Wenke und H. Zilligen, Opladen 1978.
- [25] P. Slovic, B. Fischhoff, *How safe is safe enough: Determinants of perceived and acceptable risk*. In: L. Gould and C. A. Walker: *Too Hot to Handle: Public Policy Issues in Nuclear Waste Management*, Yale University Press, 1979.
- [26] O. Renn, *Die sanfte Zukunft, Sozialpsychologie und Ökonomie der weichen Technik und des alternativen Lebensstils*, Essen, in Druck.