

Zeitschrift: Wechselwirkung : Technik Naturwissenschaft Gesellschaft
Herausgeber: Wechselwirkung
Band: 8 (1986)
Heft: 30

Artikel: Sonnenenergie oder Kernenergie? : Biotreibstoff als Ausstieg?
Autor: Nitsch, Manfred
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-652979>

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: 16.01.2026

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



Sonnenenergie oder Kernenergie? Biotreibstoff als Ausstieg?

Das brasilianische PROALCOOL-Projekt, die Gewinnung von Ethanol aus Zuckerrohr als Treibstoff für PKW, galt lange Zeit als vorbildliches Entwicklungsprojekt für Entwicklungs- bzw. Schwellenländer. Bei genauerem Hinsehen erwies sich nicht nur der ökonomische Optimismus als trügerisch, auch die ökologischen und sozialen Auswirkungen sind zumindest zweifelhaft.

Im Zusammenhang mit alternativen Energieszenarien, beispielsweise dem „Weg S“ im Modell von Meyer-Abich/Schefold, ergibt sich die Frage, ob der Ansatz, Benzin im Autoverkehr durch regenerative Energie zu substituieren, in einem Land wie der Bundesrepublik erfolgreich sein kann.

von Manfred Nitsch

Meine Fragestellung, ob man eine Automobil-Zivilisation auf der Basis von erneuerbarer Biomasse, also auf Sonnenenergie, aufbauen kann, hat durch Tschernobyl ungeahnte Aktualität gewonnen. Politiker, Wissenschaftler und Publizisten diskutieren den „Ausstieg“ oder „Umstieg“ aus der Kernenergie und den forcierten „Einstieg“ in die Sonnenenergie wobei Biotreibstoff nicht nur von der Agrarlobby, sondern auch zunehmend von Wissenschaftlern und Politikern ins Spiel gebracht wird.

Seit dem Erscheinen der Club-of-Rome-Studie „Grenzen des Wachstums“ 1972 und dem kurz darauf folgenden Ölschock von 1973, der diese Studie unmittelbar zu bestätigen schien, liegt die Frage in der Luft, ob sich unser Lebensstil auch auf der Grundlage von erneuerbarer Biomasse und anderen Formen der laufend einstrahlenden Sonnenenergie erhalten läßt, ob die Kernenergie einen Ausweg bietet oder ob die Nutzung der fossilen Energieträger Öl, Erdgas und Kohle unabdingbare Voraussetzung für die Erhaltung der Grundzüge unseres Gesellschafts- und Zivilisationsmodells ist. Die zunächst aufkommende Kernenergie-Euphorie wurde bald durch den Unfall im US-amerikanischen Harrisburg im März 1979 gedämpft, der zeitlich kurz vor der zweiten Serie von Ölpreissteigerungen 1979/81 passierte. Das aus diesen Ergebnissen resultierende gründliche Nachdenken schlug sich in den USA in dem Bericht an den Präsidenten „Global 2000“ (1980) und seiner Fortschreibung „Global Future“ (1981) und in der Bundesrepublik in dem Bericht der Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages („Überhorst-Kommission“) „Zukünftige Kernenergiepolitik“ (1980)¹ nieder. Das deutsche Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) förderte in diesem Zusammenhang ab 1980 ein umfangreiches Forschungsprojekt über „Die Sozialverträglichkeit verschiedener Energiesysteme in der industriegesellschaftlichen Entwicklung“, dessen Ergebnisse Anfang 1986 gerade kurz vor Tschernobyl publiziert worden sind, – so daß sie nicht als Panikreaktion abgetan werden können.

Es geht in diesem Buch „Die Grenzen der Atomwirtschaft“ von Klaus Michael Meyer-Abich und Bertram Schefold² um die Gegenüberstellung von zwei Szenarien: dem „Pfad K“ der Kernenergie einerseits und dem „Pfad S“ der Sonnenenergie und des Energiesparens andererseits. Beide Szenarien werden bis zum Jahr 2030 hochgerechnet, und es wird die Bedeutung der Verzweigung jetzt, also der Weichenstellung zwischen

weiter verstärkter Nutzung der Kernenergie oder Ausstieg aus der Kernenergie und forcierte Förderung der rationelleren Energieverwendung und der Sonnenenergie in allen ihren vielfältigen Nutzungsformen von der Biomasse über Wind und Wasser bis zur Sonnenwärme und Photovoltaik, betont.

Der letzte Satz des Buches aus dem „Fazit“ der „Zusammenfassung der Ergebnisse“ lautet:

„Energiegeschichtlich bedeutet unser Votum für den Weg S der Sonnenenergienutzung und Energieeinsparung, daß die Industriegesellschaft auf dem inzwischen erreichten technologischen Niveau nun wieder zu derjenigen Energiequelle zurückfinden sollte, auf der sowohl die Naturgeschichte als auch die Zivilisationsgeschichte bis hin zur industriellen Revolution beruht hat. Der Verbrauch der fossilen Energieträger, die ja auch gespeicherte Sonnenenergie sind, hätte dann eine technische Entwicklung ermöglicht, welche diese Energieverschwendung selbst wieder überflüssig macht. Anders als vor zweihundert Jahren wissen wir heute, wie ein industriegesellschaftlicher Lebensstandard auch auf der Grundlage des laufenden Sonnenenergiezustroms möglich ist, also ohne den Bestand zu verwirtschaften.“

Häufig werden in der derzeitigen öffentlichen Debatte bei uns nicht viel mehr als genau diese Sätze aus dem Buch zitiert. Was für eine Vorstellung von der Zukunft wird dadurch eigentlich beim Leser ausgelöst?

Wir werden auf die Diskussion bei uns zurückkommen, aber zunächst die brasilianischen Erfahrungen genauer betrachten.

Das brasilianische PROALCOOL-Programm

Mit Unterstützung der Stiftung Volkswagenwerk haben wir am Lateinamerika-Institut der Freien Universität Berlin ab 1980 mit längeren Feldaufenthalten und intensiven Materialstudien das brasilianische Biotreibstoffprogramm „Programa Nacional do Alcool (PROALCOOL)“ erforscht.³

Der Beginn von PROALCOOL lag 1975 im Schnittpunkt zwischen dem nach 1973 scharf ansteigenden Ölpreis und dem nach 1974 noch stärker absinkenden Weltmarktpreis für Zucker. Es war in Brasilien seit den 30er Jahren üblich, Zuckerrohr zu Alkohol (Ethanol) als Beimischung zum Benzin zu verarbeiten, wenn der Zuckerpreis auf dem Weltmarkt den Export von Zucker unrentabel machte. Es kam also nach 1975 zu einem raschen Anstieg der Produktion von Alkohol als Treibstoffzusatz. Ab 1979 begann dann die entscheidende zweite Phase: Wieder gab es die Koinzidenz von Preissprüngen – von Öl nach oben und von Zucker nach unten; aber dieses Mal kam ein technologischer Durchbruch hinzu – der Alkoholmotor, also ein Ottomotor, wie er weltweit für PKW verwendet wird, der mit rektifiziertem Alkohol (ca. 93%) als Alleintreibstoff betrieben werden konnte, – während im normalen Benzin-Ottomotor nur absolutierter Alkohol (ca. 99,6%) bis zu einer ca. 20–25%igen Beimischung verwendbar ist. Die Regierung und die Automobilindustrie schlossen einen Vertrag, mit dem die Ausrüstung der Neuwagen mit Alkoholmotoren seitens der Industrie und die Sicherung der Treibstoffversorgung durch die notwendigen Mengen an rektifiziertem Alkohol seitens der Regierung (via die staatliche Ölgesellschaft PETROBRAS) sichergestellt und abgestimmt wurden.

Bis 1985 stieg der Anteil der Neuwagen mit Alkoholmotor auf über 96%; die Produktion erreichte 1985 ca. 9,2 Mrd Liter, die installierte Kapazität sogar 12,5 Mrd Liter; ca. 2,4 Mio PKW (von etwas über 10 Mio) können ohne Umrüstung der Motoren nicht mehr mit Benzin bzw. Benzin-Alkohol-Gemisch fahren. Damit erreicht Alkohol einen Anteil von

12–13% an der Summe von Öl- und Alkoholeinsatz (FAZ vom 7.4.1986).

Durch die Steigerung der inländischen Ölproduktion auf über 50% des Bedarfs, durch den drastischen Fall der internationalen Ölpreise bei anhaltendem Tiefstand der internationalen Zuckerpreise und durch eine Produktionssteigerung von Alkohol über die vom Bestand an Alkoholautos vorgegebene Absatzmenge hinaus, kommt es seit Anfang 1986 zu überquellenden Lagern und zu einer neuen Grundsatzdiskussion über PROALCOOL.

1981 war die Weltbank in einer Kosten-Nutzen-Analyse über das Programm zu einem positiven Urteil gekommen. Im Jahr der Nairobi-Konferenz der Vereinten Nationen über erneuerbare Energiequellen, kurz nach der Vorlage des ersten Berichts der Brandt-Kommission, in dem erneuerbare Energien eine wichtige Rolle spielen, und durch mehrere Beschlüsse auf den ersten Weltwirtschaftsgipfeln, insbesondere in Bonn 1978, sowie durch den Bericht „Global 2000“ und seine Fortschreibung „Global Future“, stand die Weltbank unter starkem Druck, sich mehr im Energiebereich zu engagieren, und da es kaum im nennenswerten Umfang diesbezügliche Projektanträge gab, war man sehr leicht geneigt, PROALCOOL überaus wohlwollend zu bewerten. Damit drückte die Weltbank dem ganzen Programm jedoch ein ökonomisches „Gütesiegel“ auf, wie es eine brasilianische Analyse sehr treffend ausdrückte.

Ich muß zugeben, daß auch wir grundsätzlich recht positiv eingestimmt waren, als wir 1981 an die Arbeit gingen, – bis wir schließlich die Kosten und die Finanzierung genauer untersuchten. Einzelwirtschaftlich muß es sich offensichtlich für den Grundbesitzer lohnen, Zuckerrohr statt andere Produkte anzubauen, der Zuckerrohrverarbeiter verzichtet bei der Option Alkohol auf die Produktion von Zucker, der Autokäufer legt sich auf Alkohol oder Benzin bzw. Benzin-Alkohol-Gemisch fest, und die Förderung des PKW-Verkehrs geht auf Kosten der anderen Verkehrsmittel. Diesel läßt sich technisch – bislang jedenfalls – nicht durch Alkohol ersetzen, so daß vom Massenverkehr bei Gütern und Personen lediglich Transporter und leichte LKW durch Alkohol getrieben werden können. Daß das Programm sich so rasant entwickeln konnte, lag u.a. an der relativ „geräuschlosen“ Finanzierung aus öffentlichen Kassen unterhalb des brasilianischen Bundeshaushalts: Die Mineralöl- und die Zuckersteuern wurden ebenso wie „windfall profits“ der PETROBRAS bei der inländischen Ölproduktion gar nicht erst abgeführt, sondern blieben im parafiskalischen System hängen und wurden zum Teil für PROALCOOL verwendet; das Programm wurde außerdem durch Kreditsubventionen, die auch außerhalb der Zuckerrohr- und Alkoholproduktion üblich sind, sowie durch Steuerverzichte und schließlich externe Kredite finanziert.

Ein nüchternes Kalkül für die höchstentwickelte und technisch ausgereifteste Alkoholproduktion, nämlich diejenige im Staat Sao Paulo, zeigt bei konservativen Schätzungen etwa folgendes Bild: Ab US\$ 52/Barrel lohnt sich bei niedrigen Zuckerpreisen die Erzeugung von Alkohol als Beimischungstreibstoff, – als Alleintreibstoff erst ab ca. US\$ 62/Barrel. An der Universität von Sao Paulo kam man mit Berücksichtigung des technischen Fortschritts für Sao Paulo bei rektifiziertem Alkohol, also Alleintreibstoff, auf noch deutlich höhere Zahlen, nämlich ca. US\$ 66,7/Barrel, während der brasilianische Durchschnitt sogar auf US\$ 79-91/Barrel veranschlagt wird.

Die Rentabilitätsgrenzen für Treibstoffalkohol liegen, wie auch immer man im einzelnen rechnet, weit entfernt vom Status quo. Im Mai 1986 liegen die Weltmarktpreise bei US\$ 14/Barrel für Rohöl, also auf einem Punkt, der tief in der Verlustzone liegt.

Der Glaube an die Pioniertat

Realwirtschaftlich bedeutet die Ausweitung der Zuckerrohrproduktion pro Kopf der Bevölkerung zwischen 1977 und 1984 von 100 auf 174,8, daß auf „andere Produkte“ wie einheimische Nahrungsmittel (gefallen auf 84,9), Exportprodukte (lediglich auf 113,3 gestiegen) und auf Fleisch (99,1) verzichtet worden ist. Zuckerrohr nimmt 1985 ca. 4 Mio ha oder 7,5% der ackerbaulichen Nutzfläche Brasiliens in Anspruch. 1982 verteilen sich die damaligen ca. 3 Mio ha etwa zu Hälfte auf Zucker und Alkohol. Geht man von einer etwa gleich gebliebenen Fläche in Höhe von 1,5 Mio ha für Zucker aus, dann läßt sich mit ca. 2,5 Mio ha Fläche für die Treibstoffalkoholproduktion rechnen. Bei 2,4 Mio Alkoholautos und ca. 8 Mio Autos, die mit 20%iger Beimischung fahren, ergibt sich rechnerisch, daß für den Treibstoff von ca. 4 Mio Autos eine Fläche von ca. 2,5 Mio ha notwendig ist, also pro Auto eine Fläche von 0,6 ha. Wenn die gesamte PKW-Flotte Brasiliens (10,4 Mio) mit Alkohol fahren würde, wären also 6,2 Mio ha Land oder 11,6% der ackerbaulichen Nutzfläche erforderlich. Das gilt für einen Automatisierungsgrad von 76 PKW/1000 Einwohner im Jahre 1982; und seitdem dürfte er wegen der Wirtschaftskrise nicht wesentlich gestiegen sein. Wenn man diesen Grad auf 400 erhöht, also eine „Automobil-Zivilisation“ à la Bundesrepublik ins Auge faßt, ergibt sich bei einer derzeitigen Bevölkerung in Höhe von 130 Mio (1983) ein Automobilbestand von 52 Mio Autos und ein Flächenbedarf von 31,2 Mio ha, also 58% der ackerbaulichen Nutzfläche. Rechnet man energetisch beim Alkohol nicht in Brutto-Outputgrößen, sondern berücksichtigt man auch den Energieinput, und kalkuliert man beim Auto nicht nur den reinen Treibstoff, sondern auch den sonstigen Energieinput in Stahl und Kunststoff, Straßen, Parkhäuser und sonstige Accessoires der Automobil-Zivilisation, dann errechnet sich leicht ein Flächenbedarf von über einem Hektar pro PKW, also von 100% und mehr der Ackerfläche. Das gilt in einem klimatisch so begünstigten Land wie Brasilien, und es gilt allein für die PKW. In unserem Überschlagskalkül ist noch kein LKW, kein Schiff, kein Bus und kein Flugzeug enthalten; Dieselöl, Heizöl, Kerosin und Petrogas werden noch gar nicht substituiert.

Für eine Auto-Zivilisation nach deutschem oder westeuropäischem Vorbild gibt es also nach dem derzeitigen Stand der Technik auf der Basis erneuerbarer Biomasse, sprich Sonnenenergie, selbst in einem Land mit dem Klima und den Landreserven Brasiliens keine Chance. Das heißt nicht, daß es in Brasilien nicht ökonomisch wäre, Auto (LKW, Bus und auch PKW) zu fahren; im Gegenteil: Bei den gegebenen internationalen Ölpreisen – auch bei den Höchstpreisen von 1981 – ist die Straße das günstigste Verkehrsmittel, wenn man von einigen Schienenstrecken absieht. Aber das gilt eben nur, wenn die billige Energiequelle Öl auch genutzt wird.

Auf den ersten Blick könnte es so aussehen, als ob Brasilien auf dem Weg zur Autogesellschaft auf der Basis von Biomasse sei, denn der Automatisierungsgrad liegt in Brasilien heute etwa dort, wo er in der Bundesrepublik 1960 gelegen hat. Aber Brasilien ist von der Bundesrepublik, was das Durchschnittseinkommen und den durchschnittlichen Verbrauch von kommerzieller Energie betrifft, mit einem Abstand von jeweils 1:6 weit entfernt. Und man kann auch nicht sagen, daß es diesbezüglich der Bundesrepublik vom Anfang der 60er Jahre nahe sei, als die Bundesrepublik bereits ca. viermal soviel kommerzielle Energie pro Kopf wie Brasilien heute verbrauchte.⁴

Das Zusammengehen von relativ hoher Automatisierung und hohem Biomasseanteil am Gesamtenergieverbrauch hängt in Brasilien mit der Ungleichheit der Verteilung des Volkseinkommens zusammen. Das Zivilisationsmodell scheint

zwar ganz ähnlich wie das unsrige zu sein, wenn man sich in Sao Paulo, Rio und anderen Großstädten oder auch in agroindustriell durchkapitalisierten ländlichen Gebieten bewegt, aber für die Masse der brasilianischen Bevölkerung ist die Identifikation mit diesem Modell nicht mehr als ein Traum, während es für die Oberschicht einen Rechtfertigungsgrund zur Verteidigung des gesellschaftlichen Status quo abgibt. Die Kritik an PROALCOOL ist deshalb auch immer Sozialkritik, weil Brasilien wohl das einzige Land der Welt ist, in dem der individuelle PKW-Verkehr subventioniert, der Massenverkehr dagegen besteuert wird. Darüber hinaus sei auf die durch PROALCOOL verursachten Konzentrations-tendenzen beim Landbesitz hingewiesen sowie last but not least auf die ökologischen Belastungen durch Abwässer, Monokultur, etc.

So verbinden sich beim brasilianischen Biotreibstoffprogramm die Faszination der Auto-Zivilisation, die Tradition des Zuckers, der Nationalstolz auf die bahnbrechende Pioniertat, das größte, international anerkannte Projekt im Bereich der erneuerbaren Energiequellen durchzuführen, und das Interesse der Weltbank an Informationen über dieses Projekt mit den handfesten wirtschaftlichen Interessen des Zuckersektors und des Anlagenbaus (gerade im Hinterland Sao Paulos meist in der Hand derselben großen Familien), sowie der Automobilindustrie und der autofahrenden Mittel- und Oberschicht. Nicht zu unterschätzen ist auch die Bedeutung, die eine immer wieder neu angefachte Panikstimmung für die Dynamik von PROALCOOL gehabt hat: In den Jahren vor der Ölkrise von 1973 hatte man gerade die Periode des „brasilianischen Wirtschaftswunders“, basierend auf Automatisierung, Elektrifizierung und Agrarmodernisierung, erlebt, und es erschien undenkbar, daß man in die falsche Richtung gegangen sein könnte. Im Jahre 1975 wird der deutsch-brasilianische Atomvertrag unterschrieben, der von Anfang an aus unterschiedlichen Gründen fundamental in Frage gestellt wird; 1978 beginnt die Iran-Krise; 1979 erfolgen die OPEC-Preiserhöhungen, so daß der Staatspräsident die „Kriegswirtschaft“ ausruft; 1980 bricht der Krieg zwischen den beiden größten Öllieferanten Brasiliens, nämlich Iran und Irak, aus; 1982 führt die Finanzkrise Mexikos dazu, daß Brasilien zeitweilig nur gegen Barzahlung importieren kann. Es ist also schon verständlich, wenn viele Brasilianer so fest an PROALCOOL glauben, wie ein Ertrinkender sich an einen Strohalm klammert. Und schließlich gibt es 1984 bereits 13 Länder (einschließlich die USA und Schweden), die Ethanol als Treibstoff aus Biomasse herstellen, und diesbezügliche Pläne existieren in weiteren neun Ländern. Brasilien steht also keineswegs ganz allein mit seinem Programm, wenn es auch mit Abstand das größte ist.

Biotreibstoff für die Bundesrepublik?

Es stellt sich ein flaes Gefühl ein, wenn man lernt, daß die Ethanolgewinnung in Brasilien kraß unwirtschaftlich, extrem flächenfressend und letztlich trotz Klima und Ausdehnung des Landes quantitativ hoffnungslos unzulänglich sein soll. Schließlich handelt es sich bei Öl, Zucker, Alkohol, Getreide, Kohle, Kaffee, Soja, etc. um leicht transportfähige Güter, und das bedeutet im Grunde, daß sich das, was sich noch nicht einmal nach dem rein ökonomischen Kostenkalkül, also ohne Berücksichtigung externer Effekte auf Verteilung und Ökologie, für Brasilien lohnt, woanders auch und erst recht nicht lohnen kann. – Und für die Bundesrepublik soll der Sonnenweg gangbar sein? Etwa mit Biosprit?

Immerhin wird in dem erwähnten Buch von Meyer-Abich/



Ethanol-Fabrik in Brasilien

Schefold an drei Stellen Biosprit als wünschbar, wenn auch teuer, erwähnt (S. 120, 149, 150), und in der Vorstudie von Rolf Bauerschmidt „Kernenergie oder Sonnenenergie“⁵, auf welche Meyer-Abich und Schefold ausdrücklich zurückgreifen, wird für das Jahr 2000 mit einer Zumischung von 5 % Treibstoff aus Biomasse (allerdings Methanol, das aus Holz, Stroh und landwirtschaftlichen Abfällen gewonnen werden kann) gerechnet, und für das Jahr 2030 mit 25 %; bis zu diesem Jahr könnte und sollten beim Sonnen-Szenario auch ca. 25 % der Anbaufläche in der Bundesrepublik für Energiepflanzen verwendet werden. Sind also Politiker wie Albrecht, Barschel, Kiechle und Heeremann und vor allem der EG-Ministerrat mit seiner Entscheidung vom 26. Februar 1986, ab 1986/87 Stärke und Zucker auf den Weltmarktpreis herunterzuschubventionieren und auch Getreide mit „Beihilfen“ zu versehen, wenn es um die Erzeugung von Agraralkohol im Kraftstoffsektor und andere industrielle Verwendungsformen geht, auf dem Sonnen-Weg von Meyer-Abich/Schefold?

Unsere Energieversorgung ist nicht erst seit der Massenautomobilisierung, sondern schon seit ca. 150 Jahren fast völlig von fossilen Energieträgern abhängig. Das gilt nicht nur für Deutschland; vom statistisch erfaßten Weltenergieverbrauch betrug 1928 der Anteil an Erdöl bereits 16 %, Erdgas 3 % und Kohle 74 %; auf Wasserkraft und sonstige Energieträger entfielen damals bereits nur noch ca. 7 %, – und bei diesem Anteil ist es bis 1979 auch in etwa geblieben, während der Anteil der Kohle auf 28 % gesunken ist.

Über Kernenergie, Sonnenenergie und Erdöl darf man die Kohle, was das seit über 100 Jahren weltweit dominierende Zivilisationsmodell angeht, auf keinen Fall vergessen. Dazu gibt es in dem Buch von Meyer-Abich/Schefold eine ganz wichtige und interessante Information:

„Bereits um 1800 war der Energieinhalt der in Großbritannien geförderten Kohle so groß, daß er dem nachhaltigen Holztrag einer Fläche der Größe von ganz England und Wales entsprach. Daraus wird deutlich, daß beim damaligen Stand der Technik eine vergleichbare industrielle Entwicklung allein auf der Basis inländisch erneuerbarer Energiequellen nicht möglich gewesen wäre“ (S. 43).

Man darf wohl hinzufügen, daß es nach dem heutigen Stand der Bevölkerung, der industriellen Entwicklung und des Komforts – eben der Auto-Zivilisation – noch weniger möglich ist, mit dem Energieinhalt des nachhaltigen Holz- und sonstigen Biomasseertrages unserer Wälder, Felder und Weiden auszukommen. Für die Bundesrepublik hat der Bonner Agrarprofessor Wolfram bei einem Expertenseminar über nachwach-

sende Rohstoffe, das von der KFA Jülich im Auftrag des BMFT durchgeführt wurde, ausgerechnet, daß für die Substitution von Benzin und Diesel durch Ethanol aus Zuckerrüben die gesamten Acker- und Weideflächen der Bundesrepublik nicht ganz ausreichen würden⁶. Außerdem wäre, wie Faul von der Projektleitung Rohstoff-Forschung der KFA Jülich errechnet, ein Subventionsbedarf von ca. DM 1/Liter erforderlich⁷ – und das für 1983, also vor dem kürzlichen Verfall des Ölpreises. Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML) rechnet 1986 sogar bei 5 % Beimischung zum Benzin mit ebenfalls 5 % der Ackerfläche der Bundesrepublik und auf EG-Ebene mit 4 % der Ackerfläche; die Substitution allein von Benzin würde also rein rechnerisch die gesamte Ackerfläche absorbieren, und das BML weist fairerweise darauf hin, daß zur Erzeugung einer Energieeinheit Ethanol aus Zuckerrüben in unseren Breiten ein fast gleich hoher Energieinput (1:0,96), der nur zu einem Teil (theoretisch maximal 59 %) aus den Abfällen gewonnen werden kann, notwendig ist, so daß netto praktisch kaum Sonnenenergie gewonnen wird; bei Weizen ist die Bilanz zwischen Energieoutput an Ethanol und Energieinput sogar deutlich negativ (1:1,26), und bei Kartoffeln liegt der Koeffizient sogar bei 1:1,31.⁸ Kein Wunder also, daß Biotreibstoff bei uns bislang ernsthaft nur als Vehikel zur Vernichtung von Überschüssen und niemals als Element einer Sonnen-Strategie propagiert worden ist, – mit der einzigen und vermutlich irrtümlichen Ausnahme von Meyer-Abich/Schefold, die sich hier bei einem für sie nicht zentralen Thema auf einen nicht ganz zuverlässigen Zuarbeiter verlassen haben dürften.

Für die Diskussion ist es wichtig, sich die Preisstruktur für Energie in ihren verschiedenen Formen vor Augen zu führen. Nach dem Energiegehalt ist Weizen bei einem Erzeugerpreis von derzeit DM 45/dz, also DM 0,45/kg und einem Energiegehalt von kcal 3.394/kg mit DM 0,93/SKE (Steinkohleeinheit) fast genau doppelt so teuer wie importiertes Rohöl im Jahresdurchschnitt 1985 (DM 0,43/SKE), fast viermal so teuer wie deutsche Kraftwerkskohle (DM 0,26/SKE) und fast sechsmal so teuer wie Importkohle (DM 0,16/SKE)⁹. Von der Interdisziplinären Projekt Consult (IPC) ist 1983 einmal der Weltmarktpreis für Dieselöl mit demjenigen für Speiseöl verglichen worden; es ergab sich, daß unter Berücksichtigung des Brennwertes Sojaöl mehr als doppelt so teuer war wie Diesel, daß Erdnußöl etwa das dreifache und Kokosöl sogar fast das vierfache von Diesel kostete¹⁰. Solange also die kompakten und relativ kostengünstig zu fördernden fossilen Energieträger nicht zur Neige gehen und im Preis nicht erheblich an-

steigen, bleibt Biotreibstoff hoffnungslos unwirtschaftlich. Steigt dagegen der Preis von Energie in ihren verschiedenen Formen, wie wir es ja nach 1973 erlebt haben, dann bleibt davon auch die in die Nahrungsmittelproduktion fließende und die von der Landwirtschaft erzeugte Energie nicht unberührt. Man darf deshalb auch nicht, wie die Weltbank das etwa in der Kosten-Nutzen-Analyse für PROALCOOL getan hat, den Ölpreis (als Nutzen) exponentiell wachsen lassen und den Agrarpreis (als Kosten) konstant halten. Ebenso wenig ist jemals damit zu rechnen, daß Ethanol sich als „neue Kolonialware“ auf dem Weltmarkt gegen Erdöl durchsetzen könnte, ohne daß es zu einem tiefgreifenden Umbruch in den Weltagrarmärkten käme.

Der Pfad S - eher ein Kohle-Szenario

Wie geht nun die eingangs zitierte Studie von Meyer-Abich/Schefold mit der Tatsache um, daß der Sonnenenergie praktisch in allen verfügbaren Hochrechnungen nur ein so geringes Gewicht zugemessen wird? Von einem Primärenergieverbrauch in Höhe von 347 Mio t SKE werden beim Pfad S im Jahr 2030 nicht mehr als 57 Miot, also ca. 16%(!), aus Wasserkraft, Biomasse und anderen erneuerbaren Quellen gewonnen. Hinzuweisen bleibt jedoch noch auf das Einsparpotential, das mit 133 Mio SKE mehr als doppelt so hoch ausgewiesen wird wie die erneuerbaren Quellen.

Bohren wir noch ein bißchen nach und gehen in die Fußnoten, dann zeigt sich, daß das Kernkraft-Szenario und das Sonnen-/Einsparungs-Szenario denselben „Sockel“ an fossilen Energieträgern aufweisen, innerhalb dessen die Steinkohle übrigens fast in demselben Umfang (von 77,0 auf 120,0, also um 43,0) steigt wie die erneuerbaren Quellen (von 10,5 auf 57,1, also um 46,6). Da die Braunkohle auch noch ein wenig zulegt, könnte man das S-Szenario fast genauso gut als „Kohle-Szenario“ bezeichnen.

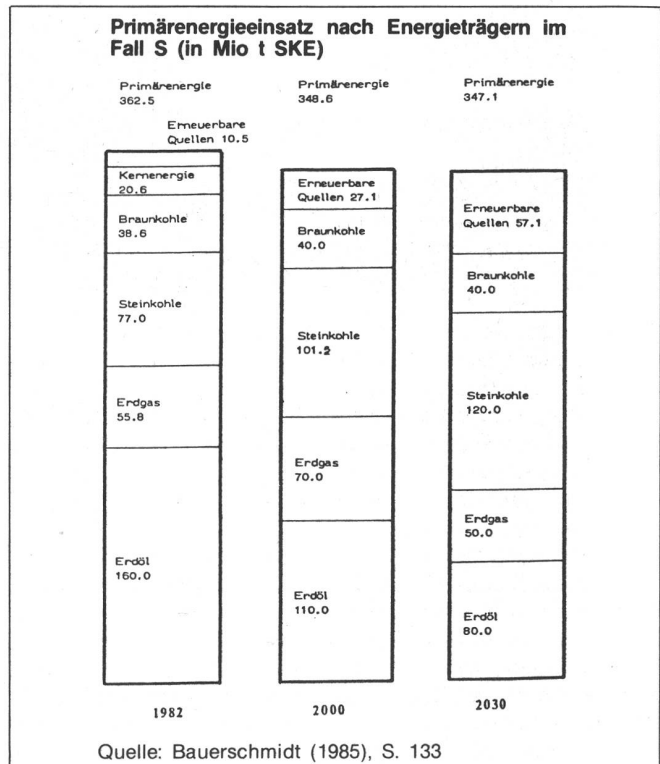
Unter Berücksichtigung der Einsparungen läßt sich praktisch der gesamte gegenwärtige Standard unserer Auto-Zivilisation mit dem fossilen „Sockel“ halten. Bei einem „Sockel“ von 84% und unproblematischen Einsparungen, die das Konsumniveau auf 100% des gegenwärtigen Standards oder darüber halten, schrumpft die Alternative K oder S allerdings zu einer Quantité négligeable zusammen, und es wäre offensichtlich frivol, Atomkraft zu wählen.

Auf die Prüfung der Sozialverträglichkeit der Kernenergie kommt es den Autoren ja auch gerade an, während die Abhängigkeit von den fossilen Energieträgern nicht thematisiert wird. Sie schreiben dazu lediglich:

„Auf beiden Wegen müssen noch für eine jahrzehntelange Übergangszeit fossile Energieträger eingesetzt werden. Dies ist nötig, um die allmähliche Anpassung der Energieversorger und der Verbraucher zu ermöglichen, und ist trotz der begrenzten Energievorräte auf der Erde möglich, sofern der Verbrauch fossiler Energieträger dabei eine insgesamt abnehmende Tendenz haben würde. An der Abhängigkeit vom Verbrauch fossiler Energieträger ist kurz- und mittelfristig nichts zu ändern“ (S. 50).

Zieht man jedoch die Unterlagen der World Energy Conference (WEC), die auch u.a. in „Global 2000“ verwendet worden sind, zurate, dann muß man an der Hochrechnung mit einem hohen Verbrauch von fossilen Energieträgern bis zum Jahr 2030 doch erhebliche Zweifel anmelden. Bis zum Jahr 2020 sind demnach die Ölvorräte weitgehend erschöpft (derzeit entfällt ca. 39% der Weltmarktenergie nachfrage auf Erdöl), und auch die nachgewiesenen, derzeit technisch und wirtschaftlich gewinnbaren Kohle- und Uranvorräte sind nach den bisherigen Bedarfsschätzungen bis 2030 und spätestens bis 2050 aufgebraucht.

Nun möchte ich annehmen, daß seit 1980 eine Menge neuer Lagerstätten gefunden worden sind und daß man – wie in der Vergangenheit – die Schätzungen mit dem Fortschreiten der Forschung immer noch oben korrigieren wird; aber die letzten weißen Flecken werden bestimmt bald prospektiert sein, und es gibt rein physisch eine Grenze bei der Erschließung von Energiequellen, nämlich wenn ihre Ausbeutung mehr Energie verschlingt als erbringt.



Ob nun in ein oder zwei Generationen, vielleicht auch erst in dreien oder vierten, – auf jeden Fall sollten wir den fossilen Sockel von Meyer-Abich/Schefold doch wesentlich stärker als sie es selbst tun in Frage stellen. Wir wissen heute eben leider nicht, „wie ein industriegesellschaftlicher Lebensstandard auch auf der Grundlage des laufenden Sonnenenergiezustroms möglich ist, also ohne den Bestand zu verwirtschaften“ (S. 198); und die Frage, ob Sonnenenergie nicht nur unter Verzicht und Änderung des Lebensstils über die ohne Konsumverzicht realisierbaren Einsparungen hinaus eine gangbare Alternative bietet, ist gerade nicht „aus der Welt geschafft“ (S. 92). Aus ihrem Buch geht eher das Gegenteil hervor, denn die „16%-Figur“ sieht auf dem „84%-Sockel“ doch sehr klein und mager aus. Hier wendet sich Meyer-Abichs Rat, der Wissenschaft und den Wissenschaftlern keinen „blinden Glauben“ entgegenzubringen, gegen ihn selbst. Dabei würde das Plädoyer für die verstärkte Erforschung und Nutzung der Sonnenenergie ein noch größeres Gewicht erhalten, wenn es nicht nur gegen die Atomenergie mit ihren Gefahren und ihrer schlechten Sozialverträglichkeit gerichtet wäre, sondern auch auf die Substitution von fossilen Energieträgern abstellen würde.

Wie mit dem S'-Szenario in dem Buch auch angedeutet, aber nicht ausgeführt, zielen die Argumente der Autoren durchaus auch auf ein Zivilisationsmodell, das bei niedrigerem Energieverbrauch und hohen Energiepreisen alle Formen erneuerbarer Energien dezentral und diversifiziert nutzt und dementsprechende Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen rechtfertigt.

Erhaltung und Globalisierung der Automobil-Zivilisation trotz Erschöpfung der fossilen Energieträger?

Solange die fossilen Energien reichen, also die Vorratskammern der Erde mit geringem Aufwand leergeräumt werden können, dürfte sich die Automobil-Zivilisation bei uns und – in einigen Aspekten – auch in den Großstädten der Dritten Welt erhalten lassen. Mit den derzeit zur Verfügung stehenden technischen Mitteln ist es jedoch nicht möglich, den mit der Automobil-Zivilisation verbundenen Energieverbrauch anderweitig zu decken. Die Sonnenenergienutzung über Biomasse reicht selbst unter so extrem günstigen Bedingungen wie in Brasilien, wie wir gesehen haben, bei weitem nicht aus; die Kernfusion steht technologisch noch in den Sternen; die elektrolytische Wasserstoffgewinnung und -nutzung wirft ebenfalls noch eine Reihe ungelöster Probleme auf; die Photovoltaik ist noch außerordentlich teuer, usw. usw. Ich kann zu den Zukunftsvisionen der Ingenieure nichts Eigenes beisteuern und weiß auch nicht, ob die Substitution von Energie durch Information wirklich große Fortschritte machen und zu einer Senkung des Energieverbrauchs und nicht nur seiner Zuwachsraten führen wird.

Mir kommt es auf folgendes an: Die Kritik an den Brasilianern wegen ihres PROALCOOL ist leicht, weil ein Militärregime mit seinem nationalistischen Pathos und Größenwahn dem Interessentendruck nachgegeben hat und weil der Weltbank ein Versuchskaninchen, das sich selbst anbot, sehr gelegen kam, – und all dies im Rahmen einer internationalen wie nationalen Panikstimmung wegen der beiden Ölkrisen u.a.m.

Jetzt sehe ich aber hier bei uns ein ähnliches Muster: Das seit 1973 in der Luft liegende Thema vom Ende der Ölzeit verbindet sich mit der aktuellen Betroffenheit bis Hysterie wegen Tschernobyl zur Bereitschaft, Biotreibstoff auch hier zu forcieren. Wir glauben – wie die Brasilianer – nur zu gern, daß wir damit „zu derjenigen Energiequelle zurückfinden, auf der sowohl die Naturgeschichte als auch die Zivilisationsgeschichte bis hin zur industriellen Revolution beruht hat“. Aber wenn wir uns hier über die Grundfragen von Umwelt, Kultur und Entwicklung nicht nur in der Dritten Welt, sondern in der Einen Welt unterhalten sollen, dann ist es meines Erachtens außerordentlich wichtig zu erkennen, daß es nicht so einfach ist, „zurückzufinden“, daß es nicht damit getan ist, jetzt politische Entscheidungen zu fällen und darauf zu vertrauen, daß sich „nach Meinung von Sachverständigen“ das Komfortniveau der Automobil-Zivilisation halten läßt.

In der Menschheitsgeschichte lassen sich unter energetischen Gesichtspunkten drei „Revolutionen“ ausmachen: Die prometheische Tat der Beherrschung des Feuers, womit der Mensch sich vor allem das Holz als Energiequelle verfügbar machte, die „neolithische Revolution“ der Einführung des Ackerbaus und der Domestikation von Tieren, wodurch pflanzliche und tierische Energien in ganz neuer und erweiternder Weise verfügbar wurden, und schließlich, die „industrielle Revolution“, die durch die Entwicklung von Pumpen zur Kontrolle des Grundwassers in großem Stil den Einbruch des Menschen in die fossilen Energievorräte und die Uranerze ermöglichte.¹¹

Die Menschheit hat sich mit ihrer Bevölkerungszahl, ihren kulturellen Mustern und ihren Zivilisationsmodellen – unter anderem dem unsrigen, das ich hier als „Automobil-Zivilisation“ apostrophiert habe, – an ein entsprechend hohes energetisches Niveau und dazu noch an hohe Zuwachsraten angepaßt. Ich glaube, es ist eine Lehre aus dem brasilianischen PROALCOOL, aber auch aus anderen Projekten, die darauf gerichtet sind, typisch hoch energieintensive Produkte der



gegenwärtigen Ära, fast zwei Jahrhunderte nach der industriellen Revolution, mit den Mitteln des Holz-Zeitalters herzustellen (z.B. Stahlherstellung mit Holzkohle und Rindermast auf Naturweiden), daß letztlich diese Kraftanstrengungen auf Raubbau und gesellschaftliche Über- und Unterprivilegierungen hinauslaufen müssen, weil der energetische Quantensprung einfach zu groß ist. Vor allem kann es kein „Zurückfinden“ allein bei den Mitteln geben, ohne daß – beim bisherigen Stand der Technik – die Ziele, also das Komfortniveau, der Lebensstil und das Zivilisationsmodell in Frage gestellt werden. □

Dieser Artikel ist die gekürzte Fassung eines Vortrages des Autors, Professor für Politische Ökonomie Lateinamerikas am Lateinamerik-Institut der FU Berlin, beim 7. Tübinger Gespräch zu Entwicklungsfragen: „Umwelt, Kultur und Entwicklung in der Dritten Welt“, vom 30./31.5.1986.

Literatur

- ¹ Bericht der Enquête-Kommission „Zukünftige Kernenergie-Politik“, Deutscher Bundestag, Bonn 1980, (BT-Drucksache 8/4341).
- ² Meyer-Abich, Klaus Michael/Schefold, Bertram: Die Grenzen der Atomwirtschaft, München 1986.
- ³ Borges, Uta/Freitag, Heiko/Hurtienne, Thomas/Nitsch, Manfred: PROALCOOL. Analyse und Evaluierung des brasilianischen Biotreibstoffprogramms, (Spektrum, Berliner Reihe zu Gesellschaft, Wirtschaft und Politik in Entwicklungsländern, Bd. 1), Saarbrücken 1984.
- ⁴ Weltbank, Weltentwicklungsbericht, Washington 1985.
- ⁵ Bauerschmidt, Rolf: Kernenergie oder Sonnenenergie, München 1985.
- ⁶ Wolfram, R./Hantelmann, H.: Die Rentabilität der Äthanolgewinnung aus Zuckerrüben unter derzeitigen und veränderten ökonomischen Rahmenbedingungen. In: Wolfgang (Hg.): Herstellung und Verwendung niederer Alkohole in der Bundesrepublik – Möglichkeiten und Grenzen. Expertenseminar am 8. Januar 1982, veranstaltet von der Projektleitung Rohstoffforschung der Kernforschungsanlage Jülich GmbH, im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie, S. 119–160.
- ⁷ Faul, Wolfgang: Zur Frage von Forschung und Entwicklung im Bereich Nachwachsender Rohstoffe, Jülich: KfA, Projektleitung Rohstoffforschung, Juli 1984.
- ⁸ Antwort der Bundesregierung auf die Große Anfrage „Nachwachsende Rohstoffe“, Bonn 1986, (BT-Drucksache 10/5558).
- ⁹ Schiffer, Hans-Wilhelm: Energiemarkt '85, Primärenergie, Mineralöl, Steinkohle, Braunkohle, Erdgas, Strom, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 36. Jg., H. 4, 1986.
- ¹⁰ IPC - Interdisziplinäre Projekt Consult: Nutzungsmöglichkeiten alternativer Kraftstoffe in Entwicklungsländern, Schriftenreihe der gtz - Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit - Nr. 153, Eschborn 1983.
- ¹¹ Georgescu-Roegen, Nicholas: La dégradation entropique et la destinée prométhéenne de la technologie humaine, in: Economie appliquée, No. 1-2, 1982.