

**Die Versorgung mit Nahrungsmitteln
— ein klassisches Energieproblem —**

Unser Leben hängt von der Energieversorgung ab. Wir brauchen Energie, nicht nur um unsere Wohnungen zu heizen oder damit wir schneller vorwärts kommen, sondern auch damit unser Organismus funktionstüchtig bleibt. Dazu wird die aufgenommene Nahrung in einer Art "gezügelten" Verbrennung in Energie umgewandelt. Vielen Mitmenschen ist bekannt, daß Nahrungsmittel Energielieferanten für den Körper darstellen, vor allem kennen es die, die mehr an Nahrungsenergie aufnehmen, als sie verbrauchen — die Übergewichtigen. Dieses Nahrungs-Energieproblem erscheint bekannter als dasjenige, das hier beschrieben werden soll.

Woher stammt die Energie, die chemisch "verpackt" in Nahrungsmitteln steckt?

Die primäre Energiequelle dafür ist und bleibt die Sonne. Die Photosynthese ist der primäre biochemische Prozeß, in dessen weiteren Verlauf aus dem Kohlendioxid der Luft und Wasser all die von uns benötigten Nähr- und Brennstoffe entstehen. Zwar können Pflanzen nur etwa 1% der eingestrahelten Sonnenenergie in diese chemische Energie umwandeln. Doch diese Energiequelle steht uns kostenlos und für menschliche Verhältnisse auf ewige Dauer zur Verfügung. Jährlich werden auf der Erde etwa 300×10^{19} Joule an organischer Biomasse produziert, in unterschiedlichen ökologischen Zonen geschieht das in unterschiedlicher Intensität (s. Abb. 1).

ökologische Zone	Fläche (Mill. km ²)	Produktion 10J/m ² /Jahr	10 ¹⁹ J/Jahr
Wüste, Felsen	24	6	0,1
Dauereis	18	130	2,4
Wüstensteppe	8	270	2,1
Tundra	9	950	8,5
Weide, gemäß Zone tropisch	15	1320	19,8
Wald, gemäß Zone subtrop.	19	1370	26,0
subtrop.	18	2480	44,6
tropisch	20	3780	75,6
Ackerland	14	1230	17,2
(Gesamtlandfläche: 145)			
offenes Meer	332	242	80,3
Küstengebiete	27	662	17,9
Marschland	4	3780	15,2
Flüsse, Seen	2	950	1,9
Summe:			311,6 x 10¹⁹ J
		Nahrungsenergiebedarf	1,5 x 10¹⁹ J
		Weltenergieverbrauch	30 x 10¹⁹ J

Abb. 1: Weltproduktion an organischer Biomasse (Jeffers, 1980)

Diese Produktion setzte ein, lange bevor es Menschen gab. Der Verbrauch war gering, und so sammelte sich ein „Biomassen-Kapital“ in Form der verschiedenen fossilen Energieträger an, das wir immer mehr schätzen und hüten. Gegenüber der laufenden jährlichen Produktion an Biomasse erscheint der laufende Energiebedarf, der auch aus Abb. 1 ersichtlich ist, gering. Man muß in eine solche Beurteilung mit einbeziehen, daß auch andere Lebewesen primär erzeugte Biomasse zum Leben brauchen. Auch die autotrophen Pflanzen selbst benötigen einen Teil ihrer selbst — als Dünger. Darüberhinaus muß man erkennen — und das soll im folgenden verdeutlicht werden — daß die Bereitstellung von Biomasse allein noch nicht die Versorgung des Menschen mit Nahrung darstellt. Wir müssen zumindest noch etwas Energie aufbringen, um die Pflanzen zu sammeln, zu ernten und — wie wir es seit Urzeiten, im Unterschied zum Tier, tun, nämlich mit Hilfe des Feuers, schmackhaft zuzubereiten. Selbst wenn man also die kostenlose Sonnenenergie nicht rechnet, müssen wir Energie aufwenden, hineinstecken (Einput), um Nahrungsenergie zu erhalten, herauszubekommen (Eoutput). Ohne auf die Entwicklung bis hin zur heutigen intensiven Nahrungsmittelproduktion einzugehen, sollen nun einige Hinweise dafür gegeben werden, an welchen Stellen der Nahrungskette von Nahrungsproduktion bis zum Nahrungsverzehr Energie aufgewendet werden muß (s. Abb. 2).

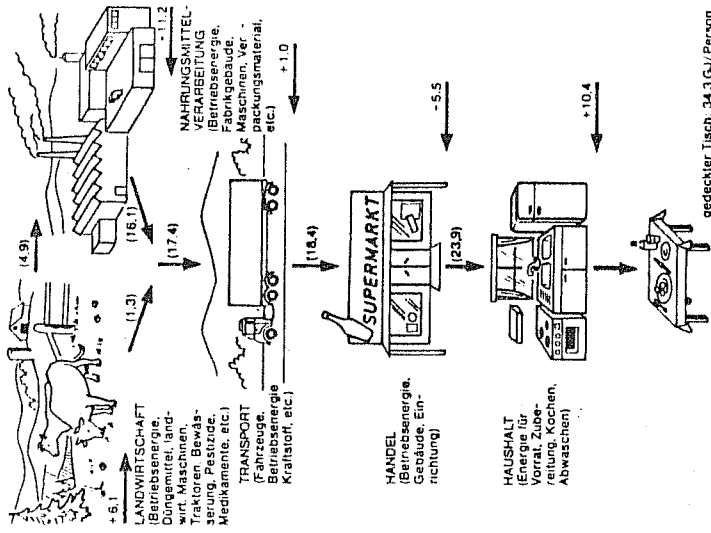


Abb. 2: Summe des jährlichen Energieverbrauches pro Kopf für die Bereitstellung der Nahrung in den Vereinigten Staaten, 1963 (nach Hirst, 1974)

Statt vieler Arbeitskräfte werden heute in der Landwirtschaft viele Maschinen eingesetzt.
 Statt manueller Pflanzenpflege werden chemische Schutzmittel eingesetzt.
 Durch den Einsatz von mehr Betriebsmitteln — wie Wasser, chemischen Dünger und Gewächshäuser — kann mehr und schneller produziert werden.

Durch den Einsatz von Transportmitteln kann man in entfernten Standorten Nahrungsmittel produzieren; unser heutiges Nahrungsangebot ist wahrlich international. Die meisten Nahrungsmittel sind verarbeitet und verpackt, wir holen sie aus Supermärkten und brauchen zu Hause nochmals Energie für Kühlgeräte und Herde, Küchengeräte und Spülmaschine.

Und letztlich noch ein sehr wesentlicher Aspekt: wir verzehren sehr viele tierische Nahrungsmittel. Auch Tiere brauchen einen großen Teil ihres aufgenommenen Futters zur Aufrechterhaltung ihres Stoffwechsels und können nur wenig für die Bildung der Körpersubstanz verwenden, die uns als Nahrung dient. So ist diese Umwandlung, die Veredlung in schmackhafte Nahrung, ein energetisches Verlustgeschäft.

Die vorgenannte Aufzählung einiger wichtiger Punkte des Energieeinsatzes zur Bereitstellung der menschlichen Nahrung wirft Fragen wie die folgenden auf: wieviel muß denn aufgewendet werden im Vergleich zum Ertrag, der Energie, die unserem Körper direkt ausnutzen kann? Wie hoch ist der Gesamt-Energieaufwand unseres Nahrungs-Versorgungs-Systems absolut im Vergleich zu den anderen Energiebedürfnissen?

Betrachtet man den jährlichen Energieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland mit etwas mehr als 1×10^{19} J und erfährt, daß die Landwirtschaft davon etwa 5% oder $0,5 \times 10^{18}$ J verbraucht, um dafür $0,9 \times 10^{18}$ J an Agrarprodukten zu erzeugen (A. Weber 1979), so sieht das sehr beruhigend aus. Zumal rechnerisch gesehen 60 Millionen Bundesbürger — einer braucht $4,5 \times 10^9$ J p.a. — nur $0,27 \times 10^{18}$ J an Nahrung brauchen, was weniger als ein Drittel der Agrarproduktion ausmacht. Auch sind weniger als 5% der Erwerbstätigen in der Landwirtschaft tätig, was auf einen unterdurchschnittlichen Energieverbrauchsanteil hinweist.

Man muß aber auch die Veränderung sehen. Erst vor wenigen Dekaden startete überhaupt erst in wesentlichem Maße der Energieeinsatz in der Landwirtschaft. Noch um 1900 konnte man mit einer zugesetzten Energieeinheit 4 Nahrungseinheiten erzeugen, heute sind es weniger als 2, nämlich 1,8. Der Sektor Landwirtschaft ist einer der wenigen Sparten, die weiterhin einen spezifischen, d.h. einen auf die Produktionseinheit bezogenen, steigenden Energieeinsatz hatte (s. Abb. 3).

Wohnungen	4,67
Landwirtschaft	2,63
Baugewerbe	2,20
Metallerzeugung	0,60
Fahrzeugaufbau	0,48
Chemie	0,22

Abb. 3: Verhältnis des spezifischen Energieverbrauches in ausgewählten Sektoren 1974 zu 1950 (nach Pestel, 1978)

Der Energiebedarf für die Nahrungsbeschaffung variiert natürlich von Produkt zu Produkt, von Agrarsystem zu Agrarsystem. Vergleicht man das Verhältnis

von eingesetzter Energie (Einput) zu dem durch diese Produktion erhaltener Nahrungsenergie (Eoutput) für verschiedene Nahrungsmittel und landwirtschaftliche Systeme (s. Abb. 4), dann wird deutlich, daß traditionelle Systeme viel günstiger sind und manche moderne Nahrungsproduktion — wie Hochseefischerei oder Gewächshauskulturen — sehr energieverbrauchend sind. Ebenso deutlich wird, daß pflanzliche Kost bedeutend energie-günstiger ist als tierische. Der Wirkungsgrad der Umwandlung von pflanzlicher Nahrung zu tierischer Nahrung liegt zwischen 10 — 20%.

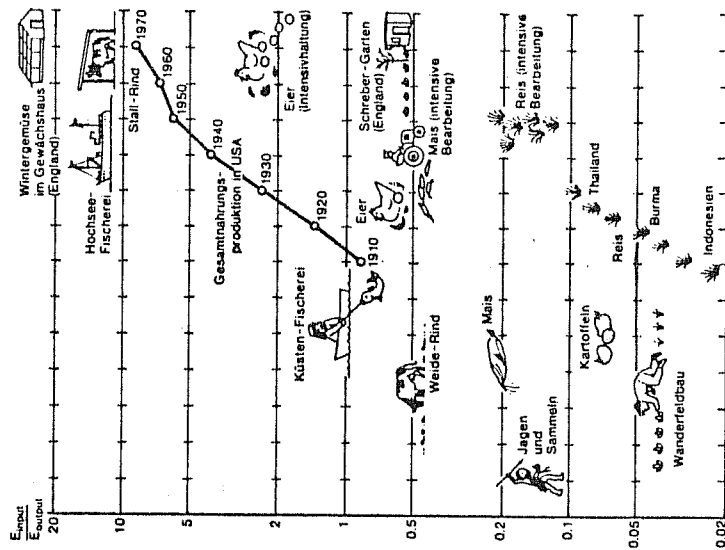


Abb. 4: Energieaufwand (Einput) zu Energie-Ertrags (Eoutput)-Verhältnis bei verschiedenen landwirtschaftlichen Systemen und bei einigen Nahrungsmitteln (nach Steinhardt, Leach aus Cremer, Oltersdorf, 1977)

Vergleicht man einmal die Gesamtkalorienaufnahme von Bewohnern eines Industrielandes mit der von Bewohnern eines Entwicklungslandes unter dem Aspekt, daß man auch die Futtermittelkalorien berücksichtigt, so verzehrt ein Amerikaner gegenüber einem Inder täglich nicht rund 1300 Kalorien mehr, sondern er verbraucht für die Nahrung tatsächlich 9000 Kalorien mehr (s. Abb. 5).

	Kalorien (kcal)			
	Gesamt	Pflanzlich	Tierisch	Futterkal.
USA	3 300	1 869	1 431	10 017
Indien	1 990	1 881	109	763
Differenz	1 310			9 242

Abb. 5: Verzehrkalorien in den USA und Indien (kcal/Kopf/Tag), 1970 (nach Borgstrom, 1975)

Eingangs wurde bereits erwähnt, die eigentliche landwirtschaftliche Produktion sei nur ein Teil unseres Nahrungversorgungsystems (s. Abb. 2). Ein Drittel bis ein Fünftel des Gesamtenergieaufwandes stammt von der Landwirtschaft, ein größerer Teil wird durch die folgenden Stationen verbraucht (s. Abb. 6).

Energieverbrauch bei	USA	Frankreich
der landwirtschaftlichen Produktion	2,1	2,5
Nahrungsmittelindustrie	1,2	0,8
Verpackung	0,8	0,1
Transport	1,3	0,6
Handel (Kühlung, etc.)	1,1	0,3
Haushalt (Kühlung, Zubereitung)	2,1	1,0
Gesamt Einput: Eoutput	8,7	5,4

Abb. 6: Energiebilanz der Nahrungsmittelproduktion in den USA (1970) und Frankreich (1970) ausgedrückt durch das Verhältnis Energieaufwand (Einput) zu Energiegehalt der Nahrungsmittel (Eoutput) (nach Aubert, 1976 und Steinhart/Steinhart, 1974, aus Lünzer, 1979)

Die oft gehörte Aussage, ein Landwirt versorge 40 Personen, ist daher nur vordergründig richtig. Auch die Arbeiter in Lebensmittelabriken, der LKW-Fahrer, die Verkäufer, aber auch die, die Energie und Maschinen bereitstellen, dienen unserer Nahrungversorgung.

Erkennbar wird auch, daß im Haushalt für die Nahrungversorgung eine beachtliche Energiemenge aufgewendet werden muß. Rechnet man die Transportkosten vom Geschäft nach Hause mit ein, erreicht man eine Größenordnung von 30%, also etwa soviel Energie, wie die Landwirtschaft für das Produkt verbraucht.

Es gibt Nahrungsmittel, die kaum weitere Energie verbrauchen, beispielsweise Obst aus dem eigenen oder Nachbar's Garten, wenn wir es frisch verzehren. Schon bei einem Brot erreichen wir die durchschnittlichen Verhältnisse (s. Abb. 7).

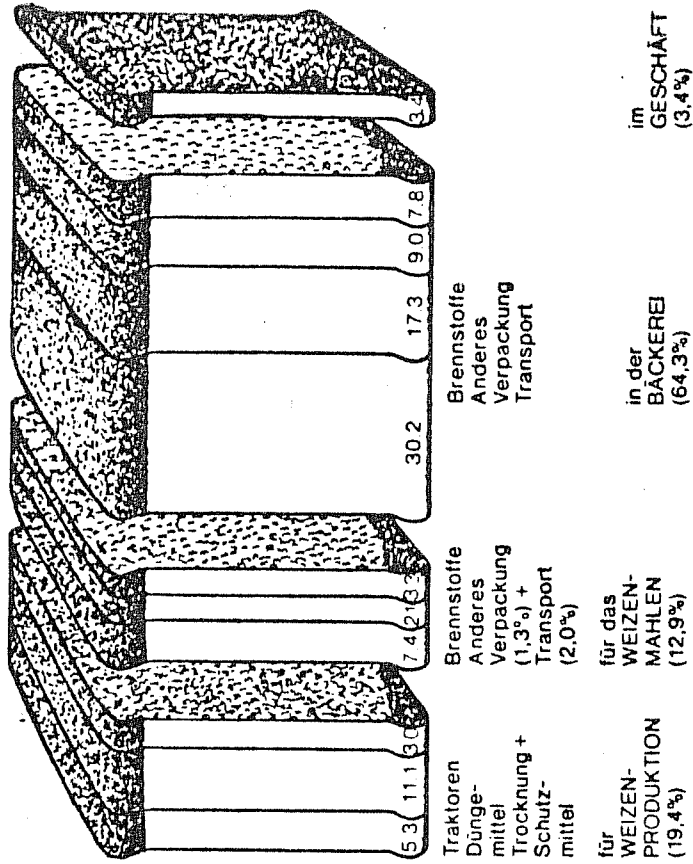


Abb. 7: Prozentuale Verteilung des Energieaufwandes bei der Herstellung eines Weizenbrotes. Für 1 kg Weizenbrot werden in England 20,7 MJ Energie benötigt (nach Leach aus Cremer, Oltersdorf, 1979)

1 Fünftel der Gesamtenergie wird zur Weizenproduktion benötigt, allein zwei Drittel verbraucht die Backerei. Bei vielen anderen Nahrungsmitteln erreichen wir Verhältnisse, wie für amerikanische Süßmischkonserven (s. Abb. 8) berechnet worden sind. Solche amerikanischen Produkte können wir auch importieren, dann steigt der Anteil der Transport-Energie-Kosten noch mehr, das Energieertrags-Verhältnis wird noch ungünstiger, der Anteil der landwirtschaftlichen Energie unterschreitet dann die 10%-Grenze.

Landwirtschaft	1,8
industr. Transport	0,9
industr. Verarbeitung	2,4
Verpackung	4,1
Marketing	1,3
Einkauf-Transport	2,4
Zubereitung	1,6
Summe	14,5

Abb. 8: Energieaufwand zur Herstellung von Süßmischkonserven (ausgedrückt im Verhältnis zur verfügbaren Nahrungsenergie) (Gifford, 1980)

Für Deutschland gibt es relativ wenig solcher Nahrungsenergie-Berechnungen. Doch die bekanntesten und zugänglichen Daten zeigen keine prinzipiellen Unterschiede zu den hier vorwiegend benutzten anglo-amerikanischen Zahlen. So kann man davon ausgehen, daß für die gesamte Nahrungsversorgung des Menschen eben nicht nur 5% der Gesamtenergie aufgebraucht werden muß, sondern daß es weltweit zwischen 10 — 20% sind. Es gibt Berechnungen, die zeigen, wollte man alle Menschen der Welt so energie-intensiv ernähren, wie es beispielsweise die Amerikaner tun (und wir unterscheiden uns nicht allzu sehr davon), würde das bedeuten, daß 80% des jetzigen Gesamtenergieverbrauches allein für Nahrungserzeugung bereitgestellt werden müßten. Wir wissen, der Mensch lebt nicht nur vom Brot allein.

Das eingangs so beruhigend erscheinende Bild — es gibt eine riesige Biomasse und in der Landwirtschaft wird doch nur wenig Energie verbraucht — war kein realistisches Bild. Auch auf dem Sektor "Energie zur Nahrungsversorgung" können wir nicht bedenkenlos weitermachen. Weitere so hohe Zuwachsraten in diesem Bereich beanspruchen die Gesamtenergieversorgung. Gibt es eine Möglichkeit zur Trendumkehr; welche Möglichkeiten zum Energiesparen gibt es hier?

Die folgende Aufzählung, die gar nicht einmal alle Möglichkeiten aufzeigen wird, soll zeigen, es gibt ein hohes Potential zum Energiesparen in dem Bereich der Versorgung mit Nahrungsmitteln.

Einige davon sind unzweifelhaft richtig, sind realisierbar; sie erfordern "nur", daß der Mensch sein Verhalten etwas ändert. So könnte für viele in unserer Gesellschaft — auch aus Gesundheitsgründen — eine Spardevise lauten: Es kann insgesamt weniger gegessen werden. Die Bevölkerung der USA hat sich schätzungsweise eine Fett-Energiereserve angeeignet, die rund 1 Million Tonnen beträgt. Durch eine entsprechende Einsparung ergibt sich umgerechnet eine Menge von mehr als 3 Milliarden Liter Benzin pro Jahr. Neben dem einfachen weniger essen steht als nächster Sparvorschlag: wir könnten einfacher essen. Unser Nahrungskonsum an tierischen Produkten ist unnötig hoch. Für manche Menschen bedeutet das sogar ein gesundheitliches Risiko. Es ist zwar riskanter bzw. erfordert mehr Aufmerksamkeit, vollkommen vegetarisch zu leben — im Vergleich zu einer Mischkost —, doch ernährungsphysiologisch gesehen ist es ohne weiteres möglich. Aus den vorhergenannten Angaben war deutlich ersichtlich, daß die primären, die pflanzlichen Nahrungsquellen, bedeutend energie günstiger sind. Allerdings schmecken vielen von uns die tierischen Nahrungsmittel besser.

Betrachtet man das vielfältig verfügbare Nahrungsangebot unter dem Aspekt, wo in der Nahrungskette überall Energie hineingesteckt werden muß, kann man unter Verzicht auf manche Gewohnheiten energie-sparsamere Produkte wählen. Es gibt neben dem Hochseefisch auch noch andere Eiweißträger, die nicht mit solch hohen Transportkosten belastet sind. Analog kann man prüfen, wie Vitamin C-Alternativen zu Orangen aus Südafrika aussehen. Man könnte wieder vermehrt saisonale Schwankungen im Nahrungsangebot in Kauf nehmen, als unbedingt zu jeder Zeit das essen wollen, auf das man gerade Appetit bekommt. Dann ließe sich auch manche Energieverschwendung durch Gewächshaus-Erzeugung vermeiden. Wir könnten überdenken, ob wir nicht auf weniger verarbeitete und damit energie günstigere Produkte zurückgreifen sollten. Vollkornprodukte wären günstiger als die gleichzeitige Verwendung von hoch-

ausgemahlene, hellen Mehlen und dann dazu — weil es gesund ist — die Ballaststoffe; die daraus entfernt wurden, separat zu kaufen. Auch viele süße Sachen sind prinzipiell unnötig oft verarbeitet. Man muß eben bedingt durch das ungeheuer große Angebot auf dem übersättigten Nahrungsmarkt reizvoll und raffiniert erscheinen, um vom Käufer entdeckt zu werden. Analog trifft dies auch für unnötig aufwendige Verpackungen zu. Auch hier könnte der Käufer durch entsprechend vernünftige Wahl regulierend eingreifen.

All dies erfordert kein neues Wissen, hat keine allgemeinen Nachteile. Auf die wünschenswerten Konsumveränderungen mußten und könnten Produzenten und Handel entsprechend reagieren. Differenzierter müssen dagegen eine Reihe anderer Sparvorschläge betrachtet werden.

Für manche Aspekte ist eben noch mehr Forschung nötig. So gibt es noch ein Potential, das man noch gar nicht richtig abschätzen kann, in dem durch verbesserte Photosynthese die Produktion der Biomasse erhöht werden kann. Analog wird versucht, die natürlich vorkommende Symbiose zwischen Knöllchen-Bakterien und Leguminosen auch auf andere Pflanzensysteme auszuweiten. Solche Stickstoff-assimilierenden Bakterien helfen stickstoffhaltige Dünger einzusparen, der durch energieintensive Produktion hergestellt wird. Eine verstärkte, gezielte Forschungsförderung für eine solche Art von Sonnenenergie-Gewinnung wäre wünschenswert.

Bei anderen Vorschlägen zur Energie-Einsparung darf man neben möglichen Vorteilen nicht vergessen, ihre Nachteile in Betracht zu ziehen. Betrachtet man beispielsweise nur die Energieverhältnisse (s. Abb. 4), dann müßte man zu dem Schluß kommen, ein Zurück zu den "Jäger und Sammler"-Verhältnissen wäre die Alternative, zeigt sich doch, daß südafrikanische Buschmänner viel energie günstiger Nahrung erzeugen als jeder andere. Aber neben der Energie gibt es noch andere Aspekte. Die Wirtschaftsweise der Buschmänner ist wenig intensiv. Wenig intensiv bedeutet, man braucht mehr Raum. Ein Vergleich von 10 km² Nahrungsraum für Buschmänner gegenüber weniger als 1 Hektar für Europäer zeigt die Unterschiede an, obwohl bei einem solchen Vergleich die verschiedenen ökologischen Bedingungen nicht berücksichtigt sind. Weniger intensive Landwirtschaft bedeutet also mehr Raum und der ist bei der heutigen immer noch zu schnell wachsenden Bevölkerung nicht vorhanden.

Ein weiterer wichtiger Aspekt, der eine Energieanalyse begleiten muß, ist der Zeitaspekt. Eine wenig intensive Landwirtschaft hat für den einzelnen den Vorteil, wenig für Nahrung arbeiten zu müssen. Die Buschmänner brauchen nur 2 — 3 Stunden pro Tag für ihren Lebensunterhalt zu arbeiten. Mit intensiverer Produktion muß der Landwirt auch mehr arbeiten, allerdings erzeugt er auch mehr als er braucht. Nicht jeder muß Landwirt sein, man kann anderes tun. Durch Energie, durch weitere Betriebsmittel kann der Landwirt wiederum entlastet werden oder noch intensiver produzieren. Der Einsatz der Energie setzt menschliches Potential für andere Aufgaben frei, die nicht durch Technologie ersetzt werden können. Man kann sich mehr Zeit nehmen für soziale Dienstleistungen, wie beispielsweise der Erziehung. Zwar brauchen wir etwa gleich viel Zeit wie die Buschmänner, um unsere Nahrung zu erarbeiten, denn wir geben 20 — 25% des Einkommens für Nahrungsmittel aus. Doch durch den Energieeinsatz schaffen wir neben der erhöhten Produktionsintensität zumindestens potentiell erhöhte Lebensqualitäten.

Man kann also nicht von vornherein jeden zusätzlichen Energieeinsatz bei der Nahrungsproduktion als negativ ansehen. Ähnliche pauschale Vorurteile gibt es auch hinsichtlich weiterer Aspekte, so beispielsweise gegenüber dem Energieeinsatz in der Nahrungsmittelindustrie. Doch in vielen Fällen kann die zentralisierte Verarbeitung ökonomischer gestaltet werden als die individuelle. Das trifft besonders für Prozesse zu, mit denen Erhitzung und Kühlung verbunden sind. Eine Bäckerei kann energieeffizienter (s. Abb. 9) Brot produzieren als der einzelne Haushalt, ein ähnliches gilt für Fischstäbchen. Oft geht mit dem energieeffizienteren Prozeß auch eine nährstoffschonendere Behandlung einher. Da sich über den Geschmack am leichtesten streiten läßt, soll dieser Aspekt nicht weiter ausgeführt werden, doch zu einer vollständigen Energieanalyse sollten all solche Faktoren herangezogen werden.

Brot aus der Bäckerei	3 500
im Haushalt, 2 Laibe	8 000
6 Laibe	5 100
Fischstäbchen, tiefgefroren, vorfrittiert	23 500
Fischstäbchen, frischer Fisch, zu Hause frittiert	27 000

Abb. 9: Energieaufwand zur industriellen bzw. häuslichen Nahrungszubereitung von ausgewählten Produkten (nach Rawitscher und Mayer, 1979, in kcal pro kg erzeugtes Produkt)

Fassen wir zusammen. Der Energieeinsatz in der Nahrungsmittelproduktion hat bisher einen ungünstigen Trend, denn es gibt überproportionale Steigerungsraten. Dabei gibt es potentiell genug Einsparmöglichkeiten, doch man muß vor Patentrezepten vorsichtig sein. Die Maßnahmen müssen unter den verschiedensten Aspekten überprüft werden. Es gilt weniger, den Energieeinsatz global zurückzudrehen, denn dazu ist der Weltenergiebedarf durch die hohe Bevölkerungszahl bereits zu hoch, sondern Verschwendungen zu vermeiden. Dazu gehört auch, daß man in den Nahrungsproduktionsystemen die inputs (die eingesetzten Mittel) besser mit den outputs (den Produktionsergebnissen einschließlich der Abfälle) verbindet. Das Recycling — das vernünftige Wiederverwenden — könnte viel besser gestaltet werden. Aus landwirtschaftlichen Abfällen kann man Dünger (Kompost) und Energie (Biogas) erzeugen. Die sinnvolle Abkürzung von Nährstoffzyklen kann sehr effizient sein. Eine englische Studie stellte fest, daß Londoner Schrebergärten gleich große Erträge erbrachten wie die besten landwirtschaftlichen Anbausysteme. Zwar brauchen die Schrebergärten auch recht viel Energie, doch ist es weniger als bei den herkömmlichen Landwirten. Analoge Optimierung gibt es auch hinsichtlich der anderen Aspekte der Nahrungsversorgungskette. So gilt es den Trend zur zentralisierten Nahrungsversorgung mit seinen überlangen Transportwegen umzukehren, was jedoch nicht im früheren Stadium des Selbstversorgers enden kann.

Betrachtet man das Potential, so kann man hinsichtlich der Beziehung zwischen Energieverbrauch und Nahrungsversorgung optimistisch sein. Allerdings soll abschließend auf eine neue Gefahr hingewiesen werden. Seit einigen Jahren wir uns deutlich bewußt, daß unser "Biomassen-Kapital" immer kleiner wird. Das Erdöl wird teurer, wir müssen uns nach alternativen Quellen umsehen, wobei früher als teure Quellen verworfene heute wieder aktuell werden. So kann die aktuelle Biomasse nicht nur als Nahrung, sondern auch als Brennstoff und Treibstoff verwendet werden. Aus den pflanzlichen Kohlenhydraten kann man beispielsweise Alkohol erzeugen. Dies ist nicht länger Theorie; so gibt es seit November 1975 ein nationales Alkoholprogramm in Brasilien (PNA). In tropischen Gebieten ist für viele Pflanzen der Energieertrag größer als der Einsatz, besonders günstig ist dies für Alkohol aus Zuckerrohr (s. Abb. 10). 1979 wurden bereits 14% des brasilianischen Automobiltreibstoffes so gewonnen, 1985 will man bei 60 — 70% herankommen. Man braucht dazu vergleichsweise viel Land (s. Abb. 11), man ersieht wie groß die Konkurrenz ist, dabei ist an ökologische Risiken die durch Monokulturen entstehen noch nicht einmal gedacht.

Zuckerrohr	4,5
Maniok	1,7
Sorghum	3,4

Abb. 10: Das Verhältnis der aus Äthanol zu gewinnenden Energie zu dem dazu nötigen Energieaufwand bei der Produktion aus Zuckerrohr, Maniok und Sorghum (nach da Silva u.a., 1978)

	Nahrungsmittel (in kg)	Landfläche (in ha)
Nahrung	200 — 800	0,1 — 0,4
Treibstoff	3000 — 7500	1,3 — 3,1

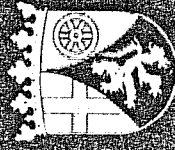
Abb. 11: Jährlicher Pro-Kopf-Bedarf an Menge Nahrungsmittel und dazu nötiger Landfläche für den Nahrungsbedarf bzw. den Treibstoff-Bedarf (Worldwatch Institute, 1980)

In gemäßigten Zonen, wie bei uns, ist das Energie-Ertrags-Kosten-Verhältnis für solche Kraftstoffgewinnung viel ungünstiger, es liegt bei 1,1 — 1,2. Trotzdem gibt es auch Überlegungen und Berechnungen. In drei größeren Gebieten von Niedersachsen könnte man mit Hilfe von Futterrüben, der dafür geeigneten Pflanze, rund 2 Millionen Kubikmeter Äthanol erzeugen, was mehr als einem Zehntel unseres Treibstoffbedarfs entspricht. Diese Aussichten sind für uns gesehen günstig. Wir können uns, da wir reich sind, sowohl teure Lebensmittel als auch teureren Brennstoff leisten. Wie es durch diese Entwicklung den ärmeren Erdbewohnern ergehen wird, kann sich wohl jeder denken.

Literatur

- Borgstrom, G.: Feed, Food and Energy, Ann.N.Y.Acad.Sci. 267: S. 150 — 158 (1975)
- Brown, L.R.: Food or Fuel: New Competition for the World's Cropland, Worldwatch Paper No. 35, Worldwatch Institute Washington, 1980
- Cremer, H.-D. und Oltersdorf, U.: Der Energieaufwand der Nahrungsversorgung, in Wenk, K. u. Trommer, G. (Hrsg.): Naturscheinung Energie, Westermann Braunschweig, 1977, S. 256 — 272
- Cremer, H.-D. und Oltersdorf, U.: Energieaufwand und Nahrungsproduktion Ernährungsumschau 26, S. 221 — 223, 249 — 252 (1979)
- Dambroth, M.: Agrarwirtschaft zur Zukunftssicherung — Biochemikalien aus Biomasse, Nachr.Chem.Techn.Lab. 29, S. 12 — 17 (1981)
- Da Silva, J.G.; Serra, G.E.; Moreira, J.R.; Concalves, J.C. und Goldemberg, J.: Energy Balance for Ethyl Alcohol Production from Crops, Science 207, S. 903 — 906 (1978)
- Gifford, R.M.: Support Energy from Fossil Fuels, in K. Blexter (Hrsg.): Food Chains and Human Nutrition, Applied Science Publishers, London 1980, S. 341 — 359
- Hall, D.O.: World Production of Organic Matter, in K. Blexter (Hrsg.): Food Chains and Human Nutrition, Applied Science Publishers, London 1980, S. 51 — 92
- Hannon, B.M. und Lohman, T.G.: The Energy Cost of Overweight in the United States, Amer.J.Public Health 68, S. 765 — 767 (1978)
- Hirst, E.: Food-related Energy Requirements, Science 184: S. 134 — 138 (1974)
- Jeffers, J.N.R.: Ecological Concepts and their Relevance to Human Nutrition, in K. Blexter (Hrsg.): Food Chains and Human Nutrition, Applied Science Publishers, London 1980, S. 1 — 22
- Jentsch, E.-G. (Hrsg.): Energie und Ernährung in der Dritten Welt, Deutsche Welthungerhilfe, Bonn 1979
- Leach, G.: Energy and Food Production, IPC Science and Technology Press, Guilford, 1976
- Lünzer, I.: Energiefragen in Umwelt und Landbau, Verlag das fenster, Burg/F., 1979
- Pestel, E.: Das Deutschland-Modell, DVA, Stuttgart 1978
- Rawitscher, M. und Mayer, J.: Energy Use in Convenience Foods, Food Policy 4: S. 236 — 244 (1979)
- Weber, A.: Bewertung der Energiebilanz aus Produktion, Distribution und Verbrauch, Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft Nr. 195, S. 98 — 113 (1979)

Rheinlandpfalz



Staatliches Institut für
Lehrerfort- und -weiterbildung
Speyer

Studienmaterialien
Band 50

WELTPROBLEM ENERGIE

Dokumentation des gleichnamigen SIL-Kurses
vom 9.—12. 3. 1981 in Koblenz

Teil II

Zusammenstellung und Bearbeitung:
Wolf Böhm · Martin Simonis

Speyer 1982