

Treibstoff aus Ölpflanzen

Motorfuel from oil crops

von Bunk, A.¹, W. Ziebell², G. Espig²

1 Einleitung

„Über die Erdkugel schwingt von Acker zu Acker ein Rufen nach vermehrter Kraft aus dem Munde von Millionen Ackerbauern.

DRUM will alles wachsen zu größeren, überlegeneren, wuchtigeren, leistungsfähigeren Einheiten ...“ (v. MEYENBURG, 1925).

Mit diesem Zitat soll die Energiefrage in der Landwirtschaft ins Zentrum weiterer Betrachtung gestellt werden. Bei uns führte der Einsatz von Energie und der damit in Zusammenhang stehenden Mechanisierung der Landwirtschaft zur Freisetzung kreativer Kräfte für den Aufbau und die Fortentwicklung des Wohlstands. Also ist unser Wohlstand mit der Verfügbarkeit von Energie verbunden. Wegen der Endlichkeit und der Verteilung der Vorräte besteht aber die Gefahr einer neuen Krisensituation.

Auch der Anstieg des CO₂-Gehaltes der Luft mit seinem Einfluß auf den Wärmehaushalt der Atmosphäre zwingt dazu, die Deckung des Energiebedarfes neu zu überdenken.

Die Ausweitung der Kernenergie ist seit Tschernobyl (1986) politisch kaum noch durchsetzbar. Ob es in großtechnischem Maßstab möglich sein wird, Energie mittels der Kernfusion nutzbar zu machen, wird wahrscheinlich nur langfristig zu beantworten sein.

Kriterien für künftige Energieversorgungssysteme sind vor allem die Preiswürdigkeit – und das besonders für die ärmeren Länder –, sowie die Umweltverträglichkeit. So wird uns künftig – wie vor der Nutzung fossiler Energiequellen – praktisch nur die Sonnenenergie zur Verfügung stehen. Entweder über den noch zu entwickelnden und auszubauenden physikalisch-

¹ Dipl. Ing agr. Alfons Bunk, Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim

² Dipl. Ing. agr. Wichard Ziebell und Dipl. Ing agr. Gustav Espig, Institut für Pflanzenproduktion in den Tropen und Subtropen, Universität Hohenheim

technischen Weg (Photovoltaik, Windenergie, Wasserstoffwirtschaft) oder über biologische sich selbst reproduzierende Kreisläufe.

Letztere bieten einen Lösungsansatz für die weniger entwickelten Länder, die meist in der tropischen und subtropischen Klimazone liegen. Dabei sind nur bekannte und vorhandene Techniken anzupassen. Das große natürliche Potential an Sonneneinstrahlung für ein intensives Wachstum ist vorhanden und der oft knappe Faktor Wasser durch einfache Technik bzw. Anbausysteme besser auszunutzen. Keinesfalls dürfen wir künftig solche Energiequellen nutzen, deren Rückstände das Leben auf der Erde gefährden; indem ganze Vegetationssysteme zerstört werden bzw. die Fruchtbarkeit ganzer Landstriche verloren geht.

Ein großer Teil der Weltbevölkerung deckt seinen Energiebedarf durch Biomasse. Jedoch bestehen im Pro-Kopf-Verbrauch an Energie erhebliche Unterschiede, vielerorts nur aus Feuerholz zum Kochen. Eine andere Nachfrage vor allem nach höherwertigen Energieformen ist wegen der Armut ganzer Bevölkerungsgruppen in der „Dritten Welt“ von diesen nicht zu bezahlen.

Aber gerade der Mangel an Energie für Antriebe von Maschinen oder von Transportfahrzeugen sind wesentliche Hindernisse für diese Regionen. Die Beschaffung von Treibstoff ist in marktfernen Gebieten nicht nur ein monetäres Problem, sondern ist oft auch wegen einer unzureichenden Infrastruktur schwierig. Hier bietet Pflanzenöl Ansatzpunkte, zumindest teilweise den Bedarf an flüssigen Energieträgern zu decken (ELSBETT et al., o.J.).

Pflanzenöle haben ähnliche physikalische Eigenschaften wie die gebräuchlichen Mineralöle. Das macht sie auch als Brennstoff für Dieselmotoren geeignet, was bereits Rudolf DIESEL erkannte. Auf der Weltausstellung 1900 in Paris betrieb er seinen Motor mit Erdnußöl. Mit Pflanzenöl bietet die Natur also eine interessante Möglichkeit zur Energiebedarfsdeckung (DOHNE, 1989). Es ist CO₂-neutral, denn das bei der Verbrennung entstehende CO₂ wurde vorher der Atmosphäre entnommen.

Es läßt sich mittels einfacher Techniken gewinnen und fällt praktisch in einer direkt verwertbaren Form an. Seine biologische Abbaubarkeit macht auch seine Handhabung weniger problematisch. Die Technik bietet inzwischen Motoren, die sowohl mit konventionellem Dieselöl als auch mit Pflanzenöl zu betreiben sind (ELSBETT et al., o.J.). Pflanzenöl bietet sich an, die Ertragspotentiale tropischer Länder zu nutzen. Eine Fülle von Ölpflanzen, die auch an extreme Standorte adaptiert sind, stehen zur Verfügung (MARTIN, MAYEUX, 1984; REHM, ESPIG, 1984). Die Artenfülle bietet Perspektiven zur Entwicklung, kann standortgerechte Nutzungssysteme verbessern und die Anzahl von Nutzpflanzen vergrößern (ALBRECHT et al., o.J.).

2 Pflanzenöl für Energie neben ausreichender Nahrungsproduktion

Eine wachsende Weltbevölkerung wird einen steigenden Nahrungsbedarf haben. Bereits heute bestehen große Probleme in den verschiedensten Regionen der Welt wegen der limitierten Verfügbarkeit fruchtbaren Bodens, und gerade den bedürftigen Ländern ist der Zugang zu er-

tragssteigernden Maßnahmen und zum Einsatz von Technik aufgrund ihrer Armut verwehrt. Diese Situation könnte den Anschein erwecken, daß die Produktion von Pflanzenöl als Energieträger mit der Nahrungsmittelproduktion konkurriert. Jedoch bestehen in den verschiedenen Ländern beträchtliche Unterschiede in der Selbstversorgung mit Nahrungsmitteln und Energie. Siehe dazu Abb. 1.

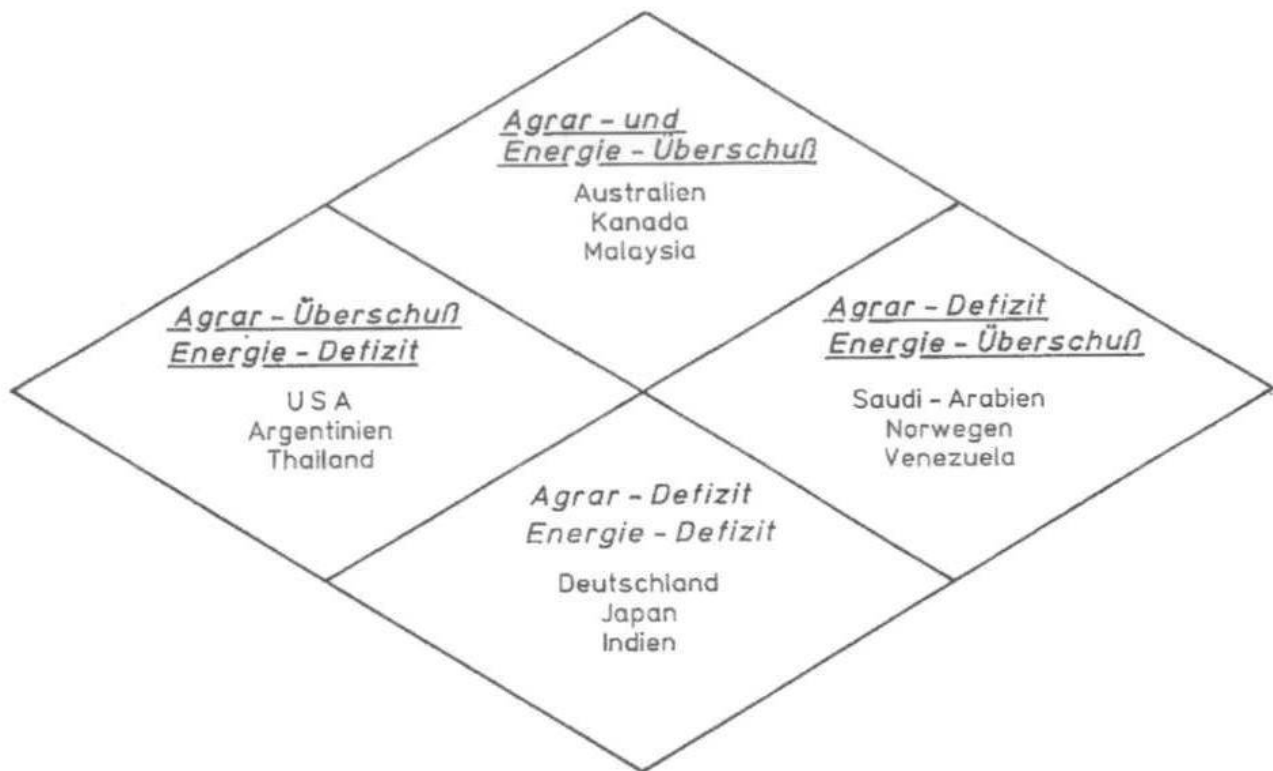


Abb. 1: Energie- und Nahrungsmittelselbstversorgung / repräsentative Auswahl der Länder (ESPIG, 1988 [Entwurf]).

Gerade die Agrarländer oder auch im weiteren Sinne die Entwicklungsländer sind gezwungen, einen Großteil ihres Devisenbedarfes aus dem Export von Nahrungs-, Genuß- oder Futtermitteln zu erwirtschaften. Da die Produktion jeweils nachfrageorientiert ist, entwickeln sich oft für den Standort nicht optimale Nutzungssysteme, beispielsweise Monokulturen, der einseitig verstärkte Anbau annueller Arten mit den daraus resultierenden Erosionsproblemen. Der Zwang, die Produktion nur auf wenige Produkte auszurichten, begrenzt die Zahl der möglichen Kulturen und damit den Artenreichtum von Fruchtfolgen. Gerade die für die Tropen mit ihrem extremeren Witterungsverlauf prädestinierten perennierenden Kulturen oder Plantagen sind aufgrund stark schwankender Preise mit großen wirtschaftlichen Risiken verbunden und werden daher oft zugunsten der annuellen reduziert. Die für die cash-crops benötigte Fläche steht für eine Subsistenzproduktion nicht zur Verfügung. Zusätzlich erschwerend ist, daß ein Erwirtschaften von Devisen mit cashcrops für die Entwicklungsländer zunehmend schwieriger geworden ist, weil auf den Weltmärkten beinahe zu allen Produkten ein Überangebot besteht (JEUB, 1987; PRIEBE, 1985). Abb. 2 zeigt beispielhaft die Preisentwicklung von Mineral- und Pflanzenöl. Demnach hat sich am Beispiel Pflanzenöl das Preisverhältnis gegenüber dem Rohöl immer mehr verschlechtert. Bis Treibstoff in Form von Dieselöl in markt-

fernen Gebieten am Verbrauchsort ist, dürften noch beträchtliche Preiserhöhungen für Raffination und Transport erforderlich sein. So sind Preise bis zu 4 DM/l für Diesel keine Seltenheit (ZASKE, 1988). Die Kosten für Pflanzenöle sind unterschiedlich hoch, bei Eigenproduktion und -verbrauch entfallen jedoch die Transport- und Vermarktungskosten.

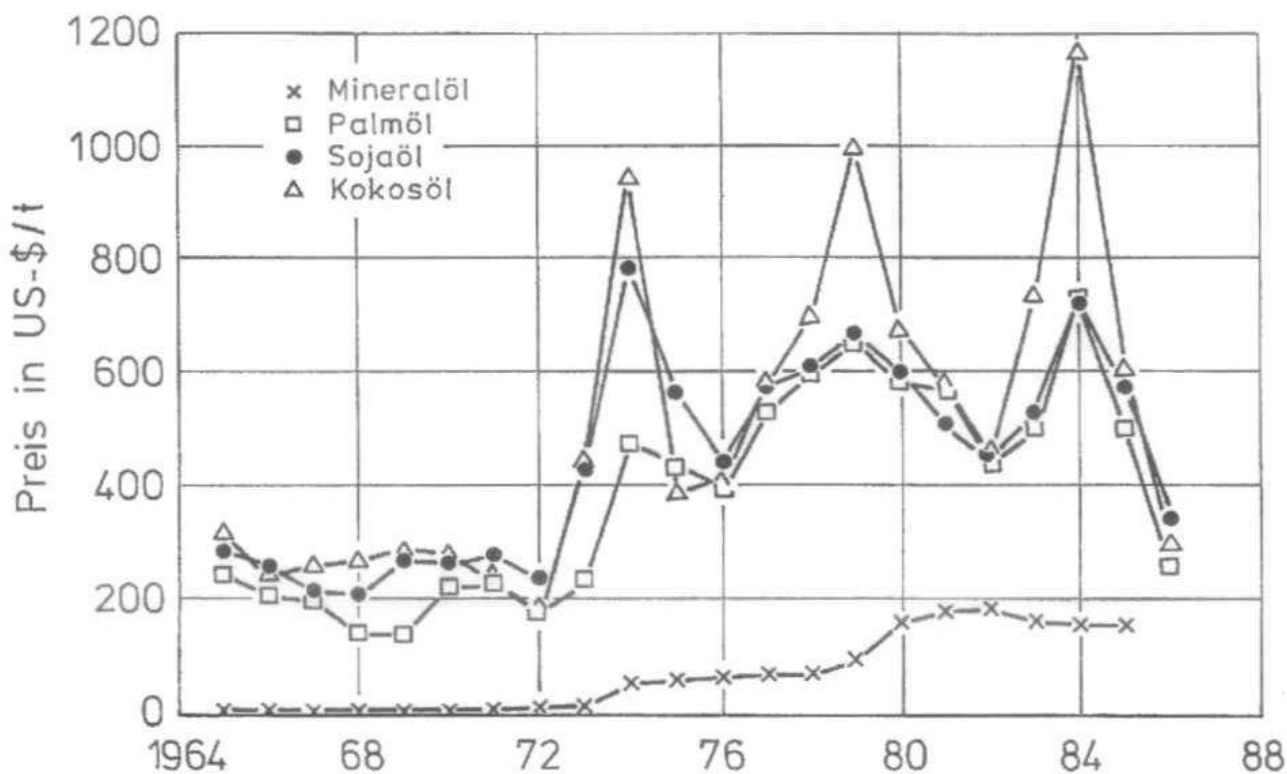


Abb. 2: Preisentwicklung bei Mineral- und Pflanzenölen 1966-1986 (FAO, 1964-1988)

Mit dem Verwenden von Pflanzenöl als Dieselsubstitut kann in vielen Fällen von der gleichen Fläche mehr Treibstoff bereitgestellt werden als über „cash-crops“ an Geld für Treibstoff erwirtschaftet werden soll. Dabei ist die ökologische Dimension monetär noch nicht erfaßt.

Eine größere Anzahl von Kulturpflanzen läßt nicht nur erweiterte Fruchtfolgen mit einem dadurch verminderten Produktionsrisiko zu, sondern sie ermöglicht auch die Erweiterung von Nutzungssystemen (HILLER, LEHNER, 1989). Ölliefernde Pflanzen stammen aus vielen Pflanzenfamilien. Es gibt sowohl einjährige als auch ausdauernde Kulturen (ARONSON, 1984) (Tab. 2). Aus dem Spektrum der Ölpflanzen sind für die verschiedensten Klimazonen der Erde geeignete Arten vorhanden (REHM, ESPIG, 1984). Selbst für extreme Standorte gibt es Spezialisten, z. B. *Jatropha curcas*, eine Art, die selbst das Rekultivieren von Wüsten erlaubt (MARTIN, MAYEUX, 1984).

Die Möglichkeit des Ölpflanzenanbaues auf marginalen Standorten, die den bisherigen Kulturpflanzen verschlossen waren, vermeidet nicht nur die Konkurrenzsituation mit der Nahrungsmittelproduktion, sondern kann auch Beitrag sein, ein weiteres Ausbreiten von Wüsten zu vermindern (BENZIONI, o.J.)

In Agrarräumen entsteht mit der Pflanzenölproduktion für Energiezwecke neben der Nahrungsmittelproduktion ein zusätzliches wirtschaftliches Potential. Ein möglicher Gewinn daraus kann unter Umständen erst den Einsatz ertragssteigernder Mittel und eine Mechanisierung ermöglichen, die Voraussetzung für eine höhere Nahrungsmittelproduktion sind.

Ärmeren Bevölkerungsschichten ist wegen fehlender Verdienstmöglichkeit der Einsatz von Dünger und Pflanzenschutz und eine Mechanisierung versagt, und gerade hier wären normalerweise Maßnahmen zur Produktionssteigerung und Ertragssicherung höchst wirksam.

Eine zusätzliche Erwerbsquelle neben der Nahrungsmittelproduktion kann die Motivation für das Verbleiben von Menschen auf dem Lande werden und der Landflucht entgegenwirken. Der Export von Nahrungsmitteln unterbricht oft die bisherigen natürlichen Nährstoffkreisläufe. Das hat oft Ertragsrückgänge zur Folge, weil die Zufuhr mineralischer Dünger, vor allem mit Stickstoff aus wirtschaftlichen Gründen nicht möglich ist.

Mit den Nahrungs- und Futtermitteln wird also auch Fruchtbarkeit exportiert. Die Pflanzenölproduktion ermöglicht aber, da das Öl nur C, H und O enthält, geschlossene Nährstoffkreisläufe: Preßrückstände können sowohl als Futter oder auch direkt als Dünger genutzt werden. Ölpflanzen aus der Familie der Leguminosen können mit dem fixierten Stickstoff aus der Symbiose mit den Knöllchenbakterien eine Ertragssteigerung der ganzen Fruchtfolge bewirken. Aber neue Kulturpflanzen werden erst dann in Fruchtfolgen aufgenommen, wenn sie einen wirtschaftlichen Vorteil erbringen (ROTENHAN, 1988).

Zweifellos wird künftig die Gewinnung von Energie und Rohstoffen aus Biomasse eine größere Rolle spielen (BMFT 1986, KELLER, 1988). Ebenfalls wird auf Grund der immer noch wachsenden Weltbevölkerung die Nachfrage nach Nahrung steigen. Damit gilt es, den für uns nutzbaren Anteil an der Photosyntheseproduktion zu steigern, den Aufwand für Gewinnung und Transformation zu senken und die Biomasseproduktion zu erhöhen. Wie weit uns künftig der Einsatz ertragssteigernder Maßnahmen wie Düngung und Pflanzenschutz möglich ist, hängt von der Aufwand-Nutzen-Relation ab: Beispielsweise wird zur Produktion von 1 kg Reinstickstoff das Energieäquivalent von 2 kg Öl benötigt.

Künftige Ertragssteigerungen werden durch Züchtung sowie optimal an den Standort angepaßte Pflanzen oder Anbausysteme erreicht. Auch das Ausnutzen positiver Wechselbeziehungen von Arten kann eine Rolle spielen.

3 Verwirklichung ökonomischer Ziele durch ökologisch vertretbare Produktion

Seit Beginn des Ackerbaues haben Menschen aus der Vielzahl der in der Natur vorhandenen Arten diejenigen genutzt, die ihrer Bedürfnisbefriedigung am dienlichsten waren. Bis zu neuerer Zeit haben sich, trotz der vielen lokal angebauten Kulturpflanzen nur ein paar Weltwirtschaftspflanzen herauskristallisiert. Nur diese wurden züchterisch verstärkt bearbeitet, weil ihre ökonomische Leistungsfähigkeit diesen Aufwand rechtfertigte. Die Folge ist, daß wegen der weiter gestiegenen Ertragsfähigkeit die erfolgreichsten Arten verstärkt angebaut wurden. Die ökologische Konsequenz daraus war, daß bei einer nach ökonomischen Zielen

ausgerichteten Produktion fast alle ackerbaulich nutzbaren Flächen ihrer natürlichen Vegetation beraubt und mit wenigen domestizierten Arten bepflanzt wurden.

Zwar beinhaltet diese Einengung größere pflanzenbauliche Risiken mit wirtschaftlichen Auswirkungen. Die Vorteile vereinfachter Betriebsorganisation infolge einer solchen Spezialisierung haben jedoch überwogen. Durch ertragssichernde und ertragssteigernde Maßnahmen wie beispielsweise den Pflanzenschutz, die Düngung und die Mechanisierung war es möglich, diese Risiken zu vermindern (PREUSCHEN, 1988). Es entwickelte sich ein System, bei dem diese Maßnahmen aus pflanzenbaulichen Gründen nahezu zwingend wurden, mit der Konsequenz negativer Auswirkungen wie der Rückstandsproblematik und der Eutrophierung von Gewässern. Letztendlich hatten alle politischen Entscheidungen Rückwirkungen auf die ökonomische Vorzüglichkeit der verschiedensten Arten und damit Einfluß auf deren Anbauumfang. Gefestigt wird das ganze System noch dadurch, daß für die wichtigsten Arten die Mechanisierung für die Produktion und die Infrastrukturen für Handel und Lagerraum entwickelt und vorhanden sind.

Dagegen steht der Einführung neuer Arten oft eine wenig entwickelte Nachfrage, ein fehlendes Know how und eine fehlende Infrastruktur entgegen.

Die Notwendigkeit einer nach ökonomischen Gesichtspunkten ausgerichteten Produktion führte vor allem in tropischen Ländern zu einer oft den Standort in seiner Ertragsfähigkeit gefährdenden Wirtschaftsweise (PREUSCHEN, 1988). Die Rodung der tropischen Regenwälder ist ökologisch nicht mehr vertretbar (Abb. 3).



Abb. 3: Negative Auswirkungen durch Rodungen (ESPIG, 1988 [ENTWURF]).

Die Marktferne, der Kapitalmangel zur Schaffung von Infrastruktur sowie die Marktnachfrage ermöglichen nur die Erzeugung einer begrenzten Anzahl von Produkten. So wird oft in Südamerika nach der Rodung des Regenwaldes nur eine extensive Weidewirtschaft betrieben. Der relativ hohe Fleischpreis bietet hierfür einen Anreiz. Außerdem benötigt Weidewirtschaft nur geringe Investitionen. Es ist eine gewisse „Vorratshaltung“ durch Anpassen des Viehbestandes an den Marktpreis möglich, solange noch Futter vorhanden ist und die Tiere noch leben. Lagerung und Konservierung sind also nicht nötig. Viehhaltung ist oft für marktferne Gebiete ohne entwickelte Infrastruktur für Transport und Lagermöglichkeit die einzige Möglichkeit, diesen Gebieten einen ökonomischen Ertrag nach Abholzung der besten Bäume abzugewinnen, aber um den Preis des ökologischen Raubbaues, des Verzichts auf höhere Photosyntheseleistung und der nachhaltigen Gefährdung des Standortes.

Ein Verhindern solcher oder ähnlicher Systeme dürfte wahrscheinlich nur möglich sein, wenn wirtschaftliche Alternativen dazu bestehen. Die Nutzung solcher Gebiete ist aus ökologischen Gründen nur mit solchen Nutzungsformen zu vertreten, die den natürlichen Vegetationssystemen ähnlich sind (Evans, 1982), also die organische Masse im Boden, die Wasserspeicherung, die verminderte Einstrahlung und den Erosionsschutz erhalten. Dafür sind vor allem Baumkulturen geeignet. Unter ihrem Blätterdach verlaufen Temperaturschwankungen gedämpft, die Entblößung des Bodens unterbleibt, die Evaporation ist geringer, längere Trockenperioden werden von Bäumen besser überstanden. Die Bodenbearbeitung ist nicht in dem Maße wie bei annuellen Arten erforderlich, der Bedarf für eine Mechanisierung ist geringer, Subkulturen sind möglich.

Eine ganze Reihe ölliefernder Pflanzen sind langjährige Baumkulturen. Sie sind oft in diesen Gebieten heimisch, ihrer weiteren Nutzung steht nur eine mangelnde Nachfrage oder fehlendes Know-how für den Anbau im Weg. Die Verwendung von Pflanzenöl vor allem als Treibstoff für mobile Antriebe aber auch für stationäre Verbrennungsmotoren könnte diese Nachfrage schaffen (COOMBS et al., 1985; DOHNE, 1989; HEBER et al., 1983). Es wäre praktisch am Ort seiner Produktion zu verkaufen, es ist mit einfacher Technik ohne große Investitionen (Kleinölpresen) zu gewinnen und es benötigt keine neuen, zusätzlichen Infrastruktureinrichtungen. Deswegen ist es auch möglich, Pflanzenöl in kleinen Betriebseinheiten und ohne großen zeitlichen Anlauf zu produzieren. Erst wenn über den regionalen Bedarf hinaus produziert wird, werden solche Einrichtungen erforderlich, wenn diese nicht schon aus der Mineralölwirtschaft verfügbar sind.

4 Ist Biotreibstoff aus Pflanzenöl eine Chance auch für Entwicklungsländer?

Die Situation in Entwicklungsländern ist oft gekennzeichnet durch wenig entwickelte Volkswirtschaften (ALEXANDER, 1987), geringe Technisierung, Kapitalmangel und weit verbreitetes Analphabetentum. Eine Änderung dieser Situation ist aus humanen Gründen unbedingt nötig. Dafür sind direkte Hilfen dann unumgänglich, wenn es gilt, akute Not zu beseitigen. Aber um dauerhafte Erfolge zu erzielen, ist es in erster Linie nötig, die eigenen Kräfte zu mobilisieren, um die bereits vorhandenen Potentiale verstärkt zu nutzen.

Tab. 1: Entwicklung der Produktion ausgewählter Ölpflanzen oder Öle in den letzten 25 Jahren mit Beispielen wichtiger Produktionsgebiete (FAO 1976, 1986, 1988)

Art und Region	Produktion(10 ⁵ t)			Anbaufläche(10 ⁵ ha)		
	1961-65	1979-81	1987	1961-65	1979-81	1987
Soja						
Welt	325	860	980	284	505	516
Afrika	1	4	4	2	3	4
Asien	118	103	157	148	97	120
USA	196	549	512	120	276	228
Brasilien	3	135	169	4	85	92
Argentinien	<1	37	70	<1	18	35
Industrieländer	201	559	549	124	281	242
Entwicklungsländer	11	204	292	15	133	174
CPE-Länder*	113	97	139	145	92	101
Erdnuß						
Welt	158	185	201	182	185	181
Afrika	53	45	57	64	62	47
Asien	84	112	128	103	109	112
USA	9	15	16	6	6	6
Industrieländer	13	20	19	10	9	9
Entwicklungsländer	123	129	118	154	152	138
CPE-Länder*	22	36	64	19	25	24
Baumwollsaat						
Welt	313	431	485	327	345	326
Afrika	27	33	40	40	36	42
Asien	97	165	228	154	165	170
USA	88	80	85	59	54	41
Industrieländer	95	92	47	65	58	101
Entwicklungsländer	131	165	195	196	206	176
CPE-Länder*	88	175	207	66	81	84
Sonnenblume						
Welt	73	144	201	70	123	145
Industrieländer	4	43	59	36	35	39
Entwicklungsländer	9	25	46	13	26	44
CPE-Länder*	61	76	62	54	61	96
Sesam	17	20	22	56	65	67
Safflor	4	10	7	7	14	13
Lein	34	25	26	78	54	44
Raps	43	111	225	69	115	157
Rizinus	7	8	8	14	15	14
Copra	36	45	52	-	-	-
Palmkerne	11	18	27	-	-	-
Palmöl	13	50	87	-	-	-
Tungöl	1	<1	<1	-	-	-

* CPE-Länder = Centrally Planned Economies

Die Entwicklungsländer liegen in den klimatisch warmen Gebieten der Erde. Wenn ausreichend Wasser an diesen Standorten vorhanden ist, ist aufgrund der Sonneneinstrahlung in der Regel mit hohen Photosyntheseleistungen zu rechnen. Der weitaus größte Teil der Ölproduktion stammt aus den Tropen und Subtropen (Tab. 1).

Die Mehrzahl der Entwicklungsländer sind Importeure von Mineralöl, ein Faktum das ihre Devisenbilanz negativ beeinflusst. Für deren Ausgleich bleibt oft nur der Export von Agrarprodukten. Der für eine Mechanisierung der Landwirtschaft und für den Transportsektor erforderliche Treibstoff ist im Verhältnis zum Wert der Exportprodukte teuer, Pflanzenöl kann Treibstoff, in erster Linie Diesel, substituieren, wenn es durch Umesterung mit Methanol oder Äthanol für die marktüblichen Dieselmotoren angepaßt wird. Die andere Möglichkeit, nämlich die Anpassung des Motors an das Pflanzenöl ist ebenfalls technisch gelöst. Da die Gewinnung von Pflanzenöl meist mit einfachen Pressen möglich ist (wenn ein Restölgehalt des Saatkuchens von ca. 5% in Kauf genommen wird), kann sie im eigenen Betrieb, zumindest aber in einer Genossenschaft erfolgen. In Niedersachsen soll ab 1991 für fünf Jahre ein Modellprojekt mit 150 Mio. DM gefördert werden. Bis zu 2000 Schlepper sollen mit entsprechenden Motoren aus- oder umgerüstet werden (SCHWÄBISCHER BAUER Nr. 42, 1989).

Einer Entwicklung der Volkswirtschaften, des Handels, der Arbeitsteilung sowie einer effizienteren Landwirtschaft steht oft der Mangel an Energie für motorische Antriebe gegenüber. Wenn auch für stationäre Anlagen eine Vielzahl von Energieformen (Elektrizität, Biogas, Holzvergasung, Dampf) möglich sind, sind für mobile Antriebe flüssige Kohlenwasserstoffe wegen ihrer Energiedichte, ihrer physikalischen Eigenschaften, ihrer Handhabung sowie des technischen Aufwandes für deren Mitnahme konkurrenzlos. Pflanzenöl kommt in seinen Eigenschaften diesen sehr nahe. Es hat nahezu die gleiche Energiedichte, meist eine höhere Viskosität, was gewisse Vorkehrungen erfordert. Es ist wegen seiner biologischen Abbaubarkeit viel weniger umweltgefährdend als Mineralöl. Zudem benötigt die Treibstoffherzeugung über Pflanzenöl nur eine begrenzte Anbaufläche, um die Landwirtschaft (abhängig vom Mechanisierungsgrad) autark zu machen.

So würden beispielsweise im Nildelta bei Verwendung von Ölpflanzen zur Kraftstoffherzeugung nur rund 10% der Anbaufläche zur Energieeigenversorgung der landwirtschaftlichen Betriebe genügen. Dagegen muß man mit rund 30% Futterfläche bei traditioneller, tierischer Anspannung rechnen. (Bei der Pferdeanspannung in Deutschland rechnete man früher mit 15% Futterfläche). Sofern Sträucher- und Baumkulturen genutzt werden, die auch an marginalen Standorten gedeihen, z.B. die Purgiernuß (*Jatropha curcas*) (HELLER, LEHNER 1989), ist u.U. mit keiner Ackerfläche für Energieerzeugung zu rechnen. Die Purgiernuß kann als Erosionsschutz oder zur Feldbegrenzung angebaut werden und konkurriert deshalb nicht mit anderen Nutzpflanzen. Zudem wird diese Kultur auch nicht von Tieren verbissen.

Die Technisierung der Landwirtschaft benötigt in den Industrieländern für die Arbeitserledigung etwa 60–120 l/ha Diesel. Ein effizienter Einsatz von Traktoren und die Zuwendung zu den konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren läßt sicher den unteren Wert erreichbarer erscheinen; die Produktion von Raps bei Erträgen von 3 t/ha mit einem Ölgehalt von 40%

bringt mit Ölpresen ca. 1000 l/ha Pflanzenöl. Somit ist bei uns in Mitteleuropa bei voll mechanisierter Landwirtschaft bereits der Energiebedarf für die Arbeitserledigung von 10 ha schon aus dem Ertrag von 1 ha zu decken. Da in der EG auf Grund der Überproduktion eine Fläche von 10% aus der Nahrungsmittelproduktion genommen werden kann, wäre eine entsprechende Fläche für Ölproduktion verfügbar.

5 Pflanzenbauliches Potential

Um einen Eindruck vom pflanzenbaulichen Potential zu vermitteln, wird nachstehend in der Tab. 2 eine Auswahl von Ölpflanzen mit entsprechenden Regionen genannt.

Tab. 2: Ausgewählte Ölpflanzen unterschiedlicher Regionen

Gattung Art mit Autor	FAMILIE	Volksnamen	Region
Acrocomia A. mexicana Karw. A. sclerocarpa Mart. A. totai Mart.	ARECAC.	Coyol Macauba, Mocaya Mbocaya	Mittelamerika trop. Südamerika, Karibik Bolivien bis südl. Brasilien
Aleurites A. cordata (Thunb.) R. Br. A. fordii Hemsl. A. montana (Lour.) Wils.	EUPHORBIAC.	Jap. Holzöl Tungöl Muöl	Japan China, nördl. Argentinien China
Arachis A. hypogaea L.	FABAC.	Erdnuß	Tropen, Subtrop.
Argania A. sideroxylon Roem.	SAPOTAC.	Argan	nördl. Marokko
Astrocaryum A. jauary Mart. A. murumuru Mart. A. tucuma Mart. A. vulgare Mart.	ARECAC.	Awarra Murumuru Tucum Cumara	Brasilien Amazonasbecken trop. Amerika trop. Südamerika
Attalea A. funifera Mart. ex Spreng.	ARECAC.	Piassava	Brasilien
Azadirachta A. indica A. Juss.	MELIAC.	Neem	Tropen, Subtrop.
Bactris B. gasipaes H.B.K.	ARECAC.	Pfirsichpalme	Süd-, Zentralamerika
Balanites B. aegyptiaca Delile.	ZYGOPHYLLAC.	Betu	Nordafrika, Arabien

1. Fortsetzung Tab. 2.

Brassica B. carinata A. Braun B. juncea Czern. et Cross. B. napus L. B. rapa L.	BRASSICAC.	Abess. Kohl Sarepta-Senf Raps Sarson	Äthiopien Süd-, Ostasien Kanada, Westeuropa Indien
Butyrospermum B. parkii (Don.) Kotschy.	SAPOTAC.	Shea Butter	südl. Sahel
Camellia C. sasanqua Thunb.	THEAC.	Teaseed	Indien, China
Carthamus C. tinctorius L.	ASTERAC.	Saflor	Tropen, Subtrop.
Carapa C. guineensis Aubl.	MELIAC.	Crabwood	Westafrika, Südamerika
Cocos C. nucifera L.	ARECAC.	Kokospalme	Tropen
Cucurbita C. foetidissima K.B.K.	CUCURBITAC.	Wild Gourd	Südl. USA, Mexiko
Elaeis E. guineensis Jacq. E. oleifera (H.B.K.) Cortes	ARECAC.	Ölpalme amer. Ölpalme	Tropen Südamerika
Erythea E. salvadorensis (H. Wendl.ex. Becc.) H.E. Moore	ARECAC.	Palma	Zentralamerika
Euphorbia E. lathyris L.	EUPHORBIAC.	Euphorbie	Bundesrepublik
Euterpe E. edulis Mart.	ARECAC.	Assai	Brasilien
Glycine G. max (L.) Merr.	FABAC.	Sojabohne	Tropen, Subtrop.
Gossypium spp.	MALVAC.	Baumwolle	Tropen, Subtrop.
Guizotica G. abyssinica (L.f.) Cass.	ASTERAC.	Nigersaat	Indien, Äthiopien
Helianthus H. annuus L.	ASTERAC.	Sonnenblume	weltweit
Jatropha J. curcas L. Subtrop.	EUPHORBIAC.	Purgierfuß	Trockengebiete, Tropen,

2. Fortsetzung Tab. 2.

Jessenia J. bataua (Mart.) Burret	ARECAC.	Seje	nördl. Südamer.
Licania L. arborea Seem.	ROSAC.	Oiticica	Zentralamerika
Linum L. usitatissimum L.	LINAC.	Lein	Europa, Argent.
Lophira L. alata Banks.	OCHNAC.	Niam, Meni	Südl. Sahel
Lupinus L. mutabilis Sweet	FABAC.	Buntlupine, Tarhui	Anden
Madhuca M. longifolia (J.G. Koenig) Macbr.	SAPOTAC.	Illipe, Mowra	Indien
Manicaria M. saccifera Gaertn.	ARECAC.	Temiche, Bassu	nördl. Südamerika
Mauritia M. flexuosa L.f.	ARECAC.	Burity do Brejo, Itea	nördl. Südamerika
Maximiliana M. maripa Drude M. regia Mart.	ARECAC. Inaja	Maripa Brasilien	Guyana
Olea O. europaea L.	OLEAC.	Olive	Mittelmeerraum
Orbignya O. cohune (Mart.) Dahlgr. ex Standl. O. speciosa (Mart.) Barb. Rodr.	ARECAC.	Cohune Babassu	Zentralamerika Brasilien
Papaver P. somniferum L.	PAPAVERAC.	Schlafmohn	Ostasien bis Europa
Pentaclethra P. macrophylla Benth.	FABAC.	Owala	Trop. Afrika
Pentadesma P. butyracea Sabine.	CLUSIAC.	Butter tree	Trop. Afrika
Perilla P. frutescens (L.) Britt.	LAMINAC.	Perilla	China
Ricinus R. communis L.	EUPHORBIAC.	Rizinus	Tropen, Subtrop.
Sapium S. sebiferum (L.) Roxb.	EUPHORBIAC.	Chin. Talgbaum, Stillingia	China, Indien

3. Fortsetzung Tab. 2.

Scheelea S. martiana Burret	ARECAC.	Urucuri	Zentral- u. Südamerika
Sesamum S. indicum L.	PEDALIAC.	Sesam	Tropen
Shorea S. stenoptera Burck	DIPTEROCARPAC.	Borneotalg	Indonesien, Malaysia
Syagrus S. coronata (Mart.) Becc.	ARECAC.	Licuri	Brasilien
Virola V. surinamensis Warb.	MYRISTICAC.	Ucuhuba	nördl. Südamerika

Technische Kennzahlen zu den Eigenschaften vieler Pflanzenöle findet man u.a. bei SEIDEL (1989). Beispielhaft werden zu einigen Gattungen noch folgende Details aufgezeigt: Die Ölpalme liefert unter günstigen Bedingungen mehr als 6 t Öl/ha. Außerdem ist der Anbau von Subkulturen möglich, z.B. Leguminosen für Futterzwecke. Aber für derartige Ökosysteme besteht noch großer Forschungsbedarf.

Bezüglich der Purgiernuß (*Jatropha curcas*) wird aus Madagaskar von einem Ölgehalt von 48–49% je geschältem Samen berichtet. Ein Ertrag von 1,5–2 kg Öl/Baum soll möglich sein. Auf den Inseln der Cap Verden können 400–1200 kg geschälte Samen je ha erwirtschaftet werden, die einen Ölertrag von 200–600 kg/ha Öl bringen. Allgemein sollen Erträge bis zu 5000 kg/ha geschälte Samen und somit 2,5 t Öl je ha möglich sein (MARTIN, MAYEUX, 1984). Zwischenzeitlich werden in einer Reihe von Pilotprojekten in Industrie- und Entwicklungsländern verschiedene Pflanzenöle getestet: In den USA werden z.B. Baumwollsamensöl, Erdnuß-, Sojabohnen- und Sonnenblumenöl getestet. In Südafrika laufen Versuche mit Sonnenblumen- und Palmkernöl. In der Bundesrepublik Deutschland wird Rapsöl für den Antrieb von landwirtschaftlichen Traktoren erprobt. Besonders interessant sind die ersten Erfahrungen mit dem Öl von *Euphorbia lathyris*, die einen Samenertrag von 35 dt/ha bringen kann, woraus bis zu 45% Öl abgepreßt werden können. Bei einem Vergleich der Deckungsbeiträge zwischen *Euphorbia lathyris* und Winterraps sieht die Rechnung wie folgt aus (s. Tab. 3).

Tab. 3: Deckungsbeiträge von *E. lathyris* und Winterraps (in DM).

	<i>Euphorbia lathyris</i>			Winterraps		
	niedr.	mittel	hoch	niedr.	mittel	hoch
Deckungsbeitrag	778.-	1613.-	2350.-	1158.-	1322.-	1702.-

(DOHNE, 1986).

Die Tab. 3 errechneten Beiträge enthalten bezüglich Winterraps noch Subventionen, diejenigen von *Euphorbia lathyris* jedoch keine. Vom genetischen Ertragspotential dürften die Erträge bei *Euphorbia lathyris* für die Zukunft noch zu steigern sein. Die Auswirkungen als Fruchtfolgeglied sind dabei noch nicht bekannt und zu erforschen. In Brasilien waren u.a. Palm-, Rizinus-, Raps- und Babassuöl im Gespräch. Auf den Philippinen wurden mit sogenanntem Cocodiesel, einer Mischung von Palm- und Dieselöl, gute Erfahrungen gemacht (RADY, 1987).

Unter den zahlreichen Ölpflanzen scheint sich Erdnußöl und Sonnenblumenöl als Dieselölersatz sehr zu eignen. Zudem sind die Nebenprodukte der Ölextraktion dieser beiden Kulturen sehr proteinreich, und sie eignen sich besonders gut für die Tierfütterung. Für die Anwendung von Pflanzenölen als Treibstoff für Dieselmotoren spricht auch die erzielbare positive Energiebilanz bei der Gewinnung solcher Öle (ROTEHAN, 1988).

Bei der Bewertung von Ergebnissen für Energiebilanzen der Pflanzenöle müssen u.a. auch die Anbau- und Ernteverfahren mit berücksichtigt werden. Besonders beim Vergleich von Herstellkosten des Pflanzenöls aus einer Reihe von Kulturen mit dem fossilen Öl gelangt man immer wieder zur Empfehlung des Dieselkraftstoffes. Derartige Berechnungen enthalten jedoch im Falle des Pflanzenöls nie aufwertende Faktoren für ökologische Effizienz und Fruchtfolgewert sowie für die Versorgung eines großen Teils der Weltbevölkerung mit autonomer Energie und eventuell für wertvolle Nebenprodukte wie Proteine usw. Ergebnisse der bisherigen Forschung zeigen, daß die Energiebilanz im Falle des Öls aus Pflanzen besser ist als die bei der Herstellung von Alkohol aus Biomasse. Auch ist es technisch viel einfacher, Öl aus Samen bzw. Pflanzen zu entziehen, als z.B. die Gewinnung von Alkohol aus Stärke-, Zucker- und Zellulosepflanzen.

Der Weltbedarf an Energie für den gesamten Transportsektor beläuft sich auf ca. $1,5 \times 10^9$ t/Jahr für flüssigen Treibstoff. Der Transportsektor ist aber der Bereich, für den das Pflanzenöl wegen seiner Energiedichte und der problemlosen Handhabung prädestiniert ist. $1,5 \times 10^9$ t/Jahr würden mit den Erträgen der Ölpalme (5 t/ha) einen Flächenbedarf von 3.000.000 km² erfordern. Das wäre etwa die 12-fache Fläche der Bundesrepublik Deutschland.

6 Soziales Umfeld

Viele Angehörige von Führungsschichten (Inhaber von Macht, Ansehen und Reichtum) sehen die Nahrungsmittelversorgung, ökonomische Interessen, Energieversorgung und die Sicherung des Naturhaushaltes nicht als gleichrangige Ziele an: Die Realisierung dieses Spannungsfeldes kann aber erst zur Rückkehr von Millionen Menschen aus den Slums der Großstädte in ländliche Regionen führen. Dies beinhaltet natürlich weitere Detailschritte, z.B.:

- Infrastrukturverbessernde Investitionen
- Familienplanung
- Erweiterung der allgemeinen Rechtssicherheit (Grundrechte, Angstaffreiheit u.a.m.)

Werden bezüglich des oben genannten Spannungsfeldes nicht bald Lösungen gefunden, ist mit einer Fortsetzung des in der Abb. 4 gezeigten Teufelskreises zu rechnen.

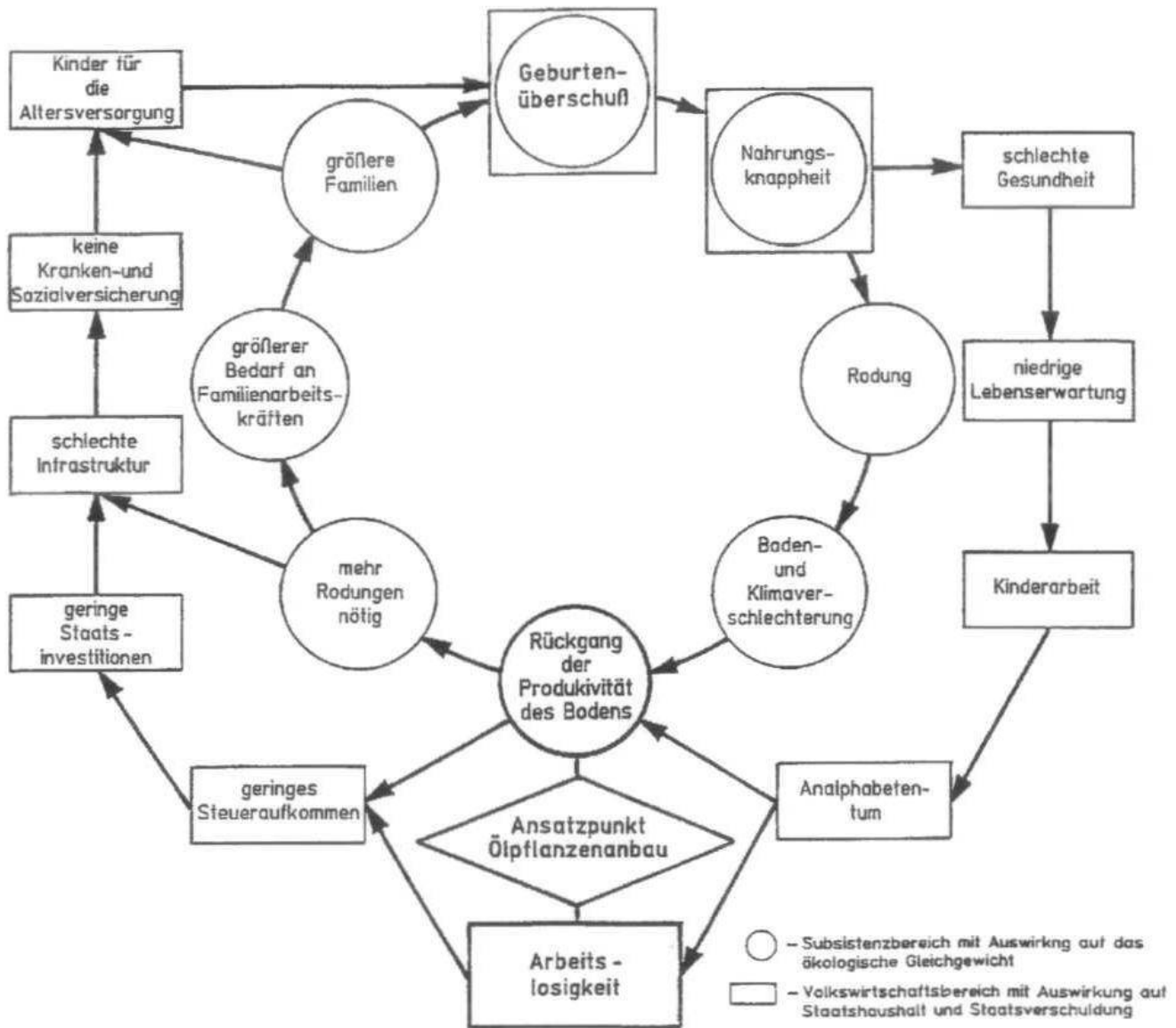


Abb. 4: Öko-Politischer Teufelskreis (ESPIG, 1988 [Entwurf]).

7 Zusammenfassung

Die Vorräte an fossiler Energie sind begrenzt und ihr Einsatz belastet die Umwelt immer mehr. Speziell in Entwicklungsländern, wo Mangel an Energie und Infrastruktur besteht, sollten vor allem in der Landwirtschaft autarke Energieerzeugungsmöglichkeiten entwickelt werden. Dafür bieten sich Ölpflanzen an. Gleichzeitig bedeuten viele Ölpflanzen eine Bereicherung der Fruchtfolgen. Einige eignen sich sogar zur Rekultivierung degradierter Flächen und für Aufforstungen.

Weil der Mineralölpreis ständig gestiegen ist, und gleichzeitig der Preis für pflanzliche Öle gesunken ist, wird die Deckung des Energiebedarfes für landwirtschaftliche Verbrennungsmotoren durch Ölpflanzenbau zunehmend interessanter.

Summary

The resources of fossil energy are limited and their use increasingly aggravates environmental pollution. Especially for agricultural mechanization in developing countries an economically sound and self-supporting supply of energy should be created.

For realizing this aim oil crops are available. In addition oil crops offer a desirable diversification of crop rotation. Some can even be useful for land reclamation or reforestation.

The price of mineral oil has risen and the price for vegetable oils has gone down. Therefore employing oil crops to cover the demand for motor fuel becomes more and more attractive.

Literaturverzeichnis

1. ALBRECHT, W., BUCHHOLZ, H., DEPPE, H.-J., NIMZ, H., OLLMANN, H., OTZEN, P., RIEHM, T., RÖBBELLEN, G., SCHLIEPHAKE, D., STREHLER, A., SZABLIKOWSKI, K., ZOEBELEIN, H., o.J.: *Nachwachsende Rohstoffe*. Verlag J. Kordt, Bochum
2. ALEXANDER, P., 1987: *Der Trost des Entwicklungshelfers*. Haag + Herchen Verlag, Frankfurt
3. ARONSON, J.K., 1984: *Energy plants for desert agriculture: current state of knowledge*. The Institute for Applied Research, Ben-Gurion University of the Negev (Umdruck)
4. BENZIONI, A., o.J.: *New industrial crops for arid lands: Jojoba as a model case*. The Institute for Agriculture and Applied Biology, Ben-Gurion University of the Negev (Umdruck)
5. BMFT, 1986: *Nachwachsende Rohstoffe*. Der Bundesminister für Forschung und Technologie, Bonn
6. COOMBS, J., Hall, D.O., Chartier, P., 1985: *Biotechnologie zur Energieerzeugung*, TÜV Rheinland GmbH, Köln
7. DOHNE, E., 1986: *Euphorbien, eine Alternative ohne Subventionsbedarf*, 41. Jahrgang, Landtechnik 11
8. DOHNE, E., 1989: *Pflanzenölmotore – mit Pflanzenöl in eine für die Landwirtschaft sichere Zukunft?* KTBL, Darmstadt (Umdruck)
9. ELSBETT, L., ELSBETT, G., ELSBETT, K., KAISER, Th., o.J.: *Rohes Pflanzenöl als Energieträger. Die Entwicklung des duothermischen Elsbett-Motors*. Elsbett-Konstruktion, Industriestr. 14, D-8543 Hilpoltstein (Umdruck)
10. EVANS, J., 1982: *Plantation forestry in the tropics*. Clarendon Press, Oxford
11. FAO, 1976 – 1988: *Production Yearbook*, Vol.30–42, FAO, Rome
12. FAO, 1964 – 1988: *Trade Yearbook*, Vol.18–42, FAO, Rome
13. HEBER, G., SCHÄFER, G., TEPLITZ, W., ZEITINGER, C.P., ZIEROTH, G., 1983: *Nutzungsmöglichkeiten alternativer Kraftstoffe in Entwicklungsländern*. GTZ, Eschborn

14. HELLER, J., LEIHNER, D., 1989: Energie aus Biomasse – eine Problemlösung für die Länder der 3. Welt, (Vortrag am 17.1.89 in Witzenhausen, Veröffentlichung im Tropenlandwirt (Beiheft) vorgehen
15. JEUB, G. J., 1987: Marktchancen pflanzlicher Industrierohstoffe. Peter Lang, Frankfurt
16. KELLER, I.A., 1988: In Bio-Energie steckt Zukunft. VDL Journal 4/88, S. 4–5
17. MARTIN, G., MAYEUX, A., 1984: Réflexions sur les cultures oléagineuses énergétiques. II. Le Pourghère (*Jatropha curcas* L.): un carburant possible. Oléagineux, Vol. 39, No. 5, S. 283–287
18. MEYENBURG, R. v., 1925: Mehr Kraft auf dem Acker. Die Technik in der Landwirtschaft. 6. Jg, Heft 6., S. 139 – 144
19. PREUSCHEN, G., 1988: Mensch und Natur – Partner oder Gegner? Alte Erfahrungen und neue Erkenntnisse. Leopold Stocker Verlag, Graz
20. PRIEBE, H., 1985: Die subventionierte Unvernunft, Siedler Verlag, Berlin
21. RADY, H. M., 1987: Regenerative Energien für Entwicklungsländer. Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden
22. REHM, S., Espig, G., 1984: Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen. Ulmer Verlag, Stuttgart
23. ROTENHAN, F. W. v., 1988: *Euphorbia lathyris* „Eula“. 2. verbesserte Anbauanleitung.– W. von Borries-Saatzucht. Hovendissen, BRD (Umdruck)
24. SEIDEL, R. H., 1989: Wie sind pflanzliche Öle als Treibstoff-Alternative zum Äthanol und Erdöl zu bewerten? Diplomarbeit, Hohenheim (Umdruck)
25. ZASKE, J., 1988: Integrierte Nutzung von Ölpflanzen-Kraftstoffe auf Pflanzenölbasis. entwicklung + ländlicher raum, 5/88, S. 10–13