

# TREIBSTOFF der ZUKUNFT: WASSERSTOFF oder PFLANZENÖL ?

## Potenziale und Perspektiven von Pflanzenölen als Energieträger

Prof. Dr. E. Schrimppf  
FH Weihenstephan  
85350 Freising

### 1. Einleitung

Die dritte, noch glimpflich abgelaufene Erdölkrise haben wir gerade überstanden. Erinnern Sie sich noch an den Herbst 2000? An die Tankstellenblockaden in England und die wütenden Proteste in ganz Europa? Wenn es um Energie geht, verstehen die Menschen offenbar keinen Spaß! Die Weltwirtschaft stellt sich inzwischen auf ein neues, gegenüber Anfang 1999 knapp dreifaches Preisniveau ein. Wesentliche Ursache dieses Preissprungs: Die Industriestaaten (USA und EU) sind nicht mehr in der Lage, durch Eigenförderung den Erdöl-Weltpreis niedrig zu halten, die Verknappung an Erdöl hat eingesetzt und die OPEC hat das Sagen!

(vgl. SCHINDLER & ZITTEL, 1999)

Unter diesen neuen Rahmenbedingungen erscheint ein bisheriges Nischenprodukt der Landwirtschaft in einem völlig neuen Licht: *Pflanzenöl*, das zukünftige Gold der Landwirte, das nicht nur als Nahrungsmittel und Industrierohstoff, sondern in zunehmendem Maße auch als Energieträger und Kraftstoff an Bedeutung gewinnen wird.

Pflanzenöl ist biochemisch gespeicherte Sonnenenergie höchster Dichte. Jedem Samenkorn hat die Natur eine Portion Pflanzenöl mitgegeben: Eine geniale Starthilfe, um den Sämling unter den verschiedensten Umweltbedingungen und noch völlig unabhängig von Licht und Nährstoffen die Chance zur Wurzel- und Sproßbildung zu geben. Im Vergleich zu Biofeststoffen (Holz, Stroh) und Biogas (vgl. Abb. 1) stellt Pflanzenöl die dichteste Energieform der Photosynthese dar. Mit einer Energiedichte von rund 9,2 kWh je Liter liegt es ziemlich genau zwischen Benzin (8,6 kWh/l) und Diesel (9,8 kWh/l). Im Gegensatz zu Benzin und Diesel ist Pflanzenöl jedoch regenerativ, CO<sub>2</sub>-neutral und frei von Schwefel, Schwermetallen und Radioaktivität. Es besteht nur aus Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H) und ein wenig Sauerstoff (O) im Verhältnis von etwa C<sub>60</sub>H<sub>120</sub>O<sub>6</sub>.

Die heutige Nutzung von Benzin und Diesel stellt einen Raubbau an der erschöpflichen Ressource Erdöl dar und vollzieht sich nicht in Kreisläufen. Pflanzenöl dagegen kann und wird wieder regional und global geschlossene, naturgemäße Kreisläufe ermöglichen. Dies gilt insbesondere für die CO<sub>2</sub>-Frage (vgl. Abb. 2).

Können aber Pflanzenöle den fossilen Energieträger „Erdöl“ überhaupt annähernd ersetzen? Wie groß ist das Potenzial an gewinnbaren Pflanzenölen in Deutschland und weltweit? Schließen sich Ölpflanzenanbau und Nahrungsmittelanbau nicht gegenseitig aus? Gibt es überhaupt genügend Anbauflächen? Und heißt der zukünftige, einzigartig umweltfreundliche Energieträger nicht „Wasserstoff“?

Auf diese und weitere Fragen im Zusammenhang mit einer zukunftsfähigen, nachhaltigen Landwirtschaft soll im folgenden kurz eingegangen werden.

## 2. Solar-Wasserstoff- und Pflanzenöl-Technik im Vergleich

Schon seit Jahrzehnten verbreiten die Medien die Vorstellung, Wasserstoff sei der ideale Energieträger der Zukunft und die Brennstoffzelle die überall einsetzbare Technik, um Strom und Wärme aus Wasserstoff sauber zu erzeugen. Die Ankündigungen der Autoindustrie (z.B. der Wasserstoff-Verbrennungsmotor von BMW und der Brennstoffzellen-Antrieb bei Daimler/Chrysler) haben im letzten Jahr geradezu eine Wasserstoff-Euphorie geschürt. Sehr wenig hört man allerdings darüber, wo denn der viele Wasserstoff herkommen soll. Aus fossilem Erdgas etwa? Dann haben wir unter Umwelt- und Klimaschutz-Gesichtspunkten praktisch nichts gewonnen. Am umweltfreundlichsten wäre es, Wasserstoff elektrolytisch aus Wasser mit Hilfe von Solarstrom zu produzieren (Solar-Wasserstoff).

Unter Wissenschaftlern verbreitet sich jedoch zunehmend Skepsis an der ubiquitären Einsatzfähigkeit der Wasserstoff-Technik. Wesentliche Gründe dafür: Die physikalischen Eigenschaften von Wasserstoff sind auf der Erde bei Atmosphärendruck und Normaltemperatur denkbar ungünstig. Als kleinstes Element ist Wasserstoff zwar sehr leicht, aber extrem flüchtig: Es diffundiert sogar durch die Stahlwände einer Druckflasche! Gasförmig hat es dort bezogen auf sein Volumen eine sehr geringe Energiedichte. Aber selbst bei  $-253^{\circ}\text{C}$  verflüssigt, ist seine Energiedichte mit 2,3 kWh je Liter nur ein Viertel derjenigen von Pflanzenöl (9,2 kWh/l) bei  $20^{\circ}\text{C}$ . Und zur Erzeugung und Verflüssigung von 1 Liter Wasserstoff wird derzeit rund drei mal mehr Fremdenergie benötigt, als zur Gewinnung von 1 Liter Pflanzenöl. Zusammen genommen bedeutet das, daß Pflanzenöl energetisch gesehen zwölf mal besser abschneidet.

In Tab. 1 ist eine Gegenüberstellung der als optimal angestrebten Solar-Wasserstoff-Technik mit der Pflanzenöl-Technik nach 10 Parametern vorgenommen worden. Das Ergebnis: Nur bei der Verbrennung der beiden Energieträger schneidet die Wasserstoff-Technik besser ab (bei nicht optimierter Verbrennung von Pflanzenöl entstehen nämlich CH-Radikale und Polyzyklische Aromate), alle anderen 9 Gesichtspunkte fallen eindeutig zugunsten der Pflanzenöl-Technik aus. In der Gesamtenergie-Bilanz (Lagerungs-, Transport- und Befüllungsverluste eingeschlossen) unterliegt die Solar-Wasserstoff-Technik der Pflanzenöl-Technik im Verhältnis von ca. 1 : 15, d.h. die Pflanzenöl-Technik ist rund 15 mal energieeffizienter.

## 3. Pflanzenöl-Potenziale

Wenn man bedenkt, daß rund 270.000 Pflanzenarten weltweit bekannt sind, wovon mehr als 30.000 als eßbar gelten, aber nur 120 Arten Bedeutung im Anbau haben, von denen wiederum nur 9 Arten für 75 % der menschlichen Nahrung sorgen, dann erkennt man, welche Nahrungs-einfalt sich die moderne menschliche Gesellschaft trotz der ungeheuren natürlichen Pflanzen-vielfalt zumutet.

Was für den Nahrungsmittelbereich gilt, trifft verstärkt für den Bereich der Ölpflanzen-nutzung zu: In Deutschland werden fast nur Raps (>80%) und daneben Sonnenblumen sowie Öl-Lein in nennenswerter Menge angebaut. Dabei wären bei uns mehr als 15 Ölpflanzen anbaufähig (z.B. Rübsen, Ölrettich, Ölrauke, Leindotter, 3 Arten von Senf, Saflor, Ölmadie, Ölziest, Lupinen, Hanf u.a.), europaweit sogar rund 50 Arten, weltweit wahrscheinlich über 2000 Arten. Letztlich enthalten alle Samen und das Fruchtfleisch mancher Gehölze (z.B. Avocado, Ölpalme) Pflanzenöle bzw. Pflanzenfette.

So zahlreich die Züchtungen in Hinblick auf Steigerung der Öl-Erträge oder der Veränderung der Fettsäuremuster bei einigen wenigen Ölpflanzen (wieder insbesondere Raps und Sonnen-blume) und in Bezug auf Speiseöl-Qualität oder industrielle Anwendungen erfolgten, so hat nahezu keine züchterische Arbeit bisher stattgefunden, was die Nutzung von

Pflanzenölen als Energieträger anbelangt (vgl. SCHUSTER, 1992). Das qualitative Potenzial ist also so gut wie unerschlossen.

Auch das quantitative Potenzial ist wenig bekannt. Dennoch können zuverlässige Anhaltswerte genannt werden. Angenommen, in Deutschland würde nur aus dem gut durchgezüchteten 00-Raps Pflanzenöl gewonnen, der einen Kornertrag von rund 4 Tonnen je Hektar mit einem Ölgehalt von über 40% hat, dann könnte mit einem theoretischen Ölertrag von 1,6 t/ha gerechnet werden. Bei einer Kaltpressung ohne Extraktion beträgt die Ausbeute 85%, es könnten also 1,36 t/ha Rapsöl gewonnen werden. Da Raps nur alle 4 Jahre auf derselben Fläche angebaut werden kann, könnte maximal jeder 4. Hektar mit Raps genutzt werden. Von 12 Mio. ha Ackerfläche in Deutschland wären also 3 Mio. ha mit Raps bebaubar, die 4 Mio. Tonnen Pflanzenöl (1,36 t/ha x 3 Mio. ha) pro Jahr liefern würden.

Der Inlandsabsatz von Dieselmotoren betrug 1997 gemäß dem Bundeswirtschaftsministerium 26,3 Mio. Tonnen. Geht man von etwa gleich hohem Verbrauch der Motoren bei Verwendung von Diesel- oder Pflanzenöl-Treibstoff aus, so wäre die deutsche Landwirtschaft rechnerisch in der Lage 15% (4 : 26,3) des derzeitigen Dieserverbrauchs zu erzeugen. Der heutige durchschnittliche Kraftstoffverbrauch im Dieselmotorenbereich (einschließlich Lkw und Bussen) kann mit ca. 9 Liter je 100 km angesetzt werden. 3-Liter-Fahrzeuge (z.B. VW-Lupo) sind schon auf dem Markt und plausible Entwicklungen in Richtung 1,5 Liter-Fahrzeugen werden angegangen (z.B. L22 der Firma  *Loremo*  München). Würde es gelingen, den durchschnittlichen Verbrauch auf 3 Liter zu verringern, dann könnte die deutsche Landwirtschaft fast die Hälfte (45%) des Dieselbedarfs decken.

Bei den Überlegungen zum Potenzial der Pflanzenöle sollten wir uns aber nicht auf die Grenzen Deutschlands beschränken. Auch eine Einschränkung auf die EU (die in naher Zukunft vielleicht schon 80% des EU-Dieseltreibstoffbedarfs durch Pflanzenöle substituieren könnte) ist nicht erforderlich. Das tun wir bezüglich der heutigen Kraftstoffe (Diesel und Benzin) ohnehin nicht: deutlich weniger als 1 % des in Deutschland benötigten Erdöls stammt aus deutschen Erdölquellen!

Weltweit gesehen ist das Potenzial an Pflanzenölen selbst für den heutigen Erdölbedarf ausreichend. Eine - zugegeben stark vereinfachte - Rechnung mit dem Anbau nur einer exemplarischen Ölpflanze - der Ölpalme in den Tropen - kann es belegen (s. Tab. 2).

**Tab. 2: Das weltweite Pflanzenöl-Potenzial bezogen auf den Anbau von einer von >2000 Ölpflanzen: die Afrikanische Ölpalme (*Elaeis guineensis*)**

1. Ölertrag von Ölpalmen:	=	10.000 Liter je Hektar und Jahr
		1 Mio. Liter je km <sup>2</sup> und Jahr
2. Welt-Erdölbedarf 1996 (nach SHELL)		ca. 3.600 Mrd. Liter
3. Landfläche Afrikas:		30 Mio. km <sup>2</sup>
4. Landfläche aller Kontinente:		136 Mio. km <sup>2</sup>
5. Notwendige Anbaufläche für Ölpalmen:		3,6 x 10 <sup>12</sup> Liter : 1 x 10 <sup>6</sup> Liter/km <sup>2</sup>
	=	3,6 x 10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> = <b>3,6 Mio. km<sup>2</sup></b>

Auf Afrika bezogen würden **12 %** der Landfläche beansprucht, weltweit wären es **2,6 %**.

Natürlich kann niemand ernsthaft fordern, ein Achtel Afrikas mit Ölpalmen zu bepflanzen, schon aus ökologischen und klimatischen Gründen nicht. Aber jedes Land der Erde könnte seine eigenen heimischen Ölpflanzen auf 1-5% seiner Fläche anbauen, Ölpflanzen, die zum Teil wie „Unkraut“ gedeihen (z.B. Ricinus in den Tropen, Purgiernuß in der Sahelzone und Leindotter in Mitteleuropa). Auf jeden Fall sind die Pflanzenöl-Potenziale weitaus höher, als wir auf den ersten Blick meinen. Und dank der übrigen Erneuerbaren Energiequellen im

solaren Energiemix (vgl. Abb.1) und der bisher kaum eingesetzten Energiespartechniken steht uns eine breite Palette an realisierbaren Möglichkeiten zur Verfügung.

#### 4. Ölfruchtanbau in Konkurrenz zum Nahrungsmittelanbau ?

Vielfach wird an dieser Stelle der Einwand erhoben, mit Ölpalmen oder anderen Ölpflanzen bebaute Flächen würden für die Nahrungsmittel-Erzeugung entfallen, und dies könne man sich angesichts des Nahrungsmittelmangels gerade in der Dritten Welt nicht leisten. Aber schließt der Ölpflanzenanbau tatsächlich den Nahrungsmittelanbau aus?

Unterstellt man, daß der Landbau auch in Zukunft das System von Monokulturen beibehalten wird, dann scheint der o.g. Einwand nicht widerlegbar. Denn ein Feld, das nur mit Raps zu einem Zeitpunkt bebaut wird, steht selbverständlich im gleichen Zeitraum nicht für Getreideanbau zur Verfügung. Allerdings ist diese Sichtweise verkürzt und berücksichtigt nicht zwei Aspekte des Raps- bzw. des Ölpflanzenanbaus an sich, die der Nahrungsmittel-Erzeugung letztlich zugute kommen:

1. Raps bzw. andere Ölfrüchte sind (oder können) vorzügliche Vorfrüchte für den Getreideanbau unmittelbar danach sein: Die in aller Regel tiefreichende und im Boden verbleibende beträchtliche Wurzelmasse der Öl-Vorfrüchte wird von Bodenorganismen abgebaut und stellt eine Steigerung des Kohlenstoff- und Humushaushaltes des Bodens dar. Ferner wachsen die Wurzeln der Getreidepflanzen überwiegend in die verbleibenden Wurzelröhren der Vorfrüchte und können daher einen größeren Bodenraum erschließen. Die Folge sind signifikant erhöhte Getreide-Erträge ohne zusätzliche Düngung, eine Erfahrung, die weit verbreitet und inzwischen allgemein anerkannt ist.

2. Bei der Ernte und der dezentralen Verarbeitung der Rapskörner fallen zwei wertvolle Produkte an: ca. 1000 kg/ha des begehrten Rapsöles (das übrigens bei 00-Raps auch ein hervorragendes Speiseöl ist) und weitere 2000 kg/ha des Rapskuchens, der ein idealer Ersatz für zu importierendes Soja-Schrot als Krafffutter bei der Rinder- und Schweinehaltung ist. Verwendet man das Rapsöl nicht als Speiseöl, sondern als Kraftstoff, verbleibt immer noch doppelt so viel an eiweiß- und mineralstoffreichem Rapskuchen, der nicht nur als Viehfutter, sondern - nach einer entsprechenden Aufbereitung - auch als menschliche Nahrung Verwendung finden könnte. Auch bei der Ölpalme fällt neben dem Palmöl aus dem Fruchtfleisch und dem Palmkernöl aus dem Samen ein noch fettes, eiweißreiches und daher außerordentlich nahrhaftes Fruchtfleisch an, das gekocht von der heimischen Bevölkerung sehr begehrt ist.

Der o.g. Einwand verliert ganz an Bedeutung, wenn man - anstelle von bisher eintönigen **Monokulturen** - in einem zukünftigen Landbau vielfältigen **Polykulturen** (Mischfruchtanbausysteme) den Vorzug geben wird. In Bayern laufen seit mehr als 7 Jahren sehr vielversprechende private Feldversuche bei Öko-Landwirten: Weizen und Gerste, ja sogar Erbsen werden jeweils zusammen mit Leindotter (*Camelina sativa* (L.) Crtz., einem ursprünglichen Unkraut des Leinanbaus) gesät, gleichzeitig geerntet und gedroschen und die unterschiedlichen Samen per Siebsätze problemlos getrennt (Institut für Energie- und Umwelttechnik München).

Das Ergebnis: Die Erträge der zwei Getreidearten sind - verglichen mit den entsprechenden Monokulturen - etwa gleich (30 bis 40 dt/ha), die Backqualität des Getreides ist aber besser (um 4 - 6 %-Punkte höhere Kleberanteile), so daß höhere Preise erzielt werden können. Die Ernte-Erträge bei Futtererbsen sind sogar um rund 10 % höher: 32,5 gegenüber 29,6 dt/ha (Versuche im Jahr 2000 am Kramerbräu-Hof, Paffenhofen/Ilm). Der wesentliche Grund: Die Erbsen ranken am Leindotter empor und können mehr erntefähige Schoten ausbilden!

Außerdem verdrängt Leindotter andere, stärker mit dem Getreide und Erbsen konkurrierende Unkräuter. Der Unkrautdruck solcher Mischfruchtbestände ist deshalb ausgesprochen gering, eine Unkrautbekämpfung erübrigt sich.

Ferner werden im Getreide-Leindotter-Mischanbau 80 bis 150 Liter Leindotteröl je Hektar, im Erbsen-Leindotter-Anbau sogar bis 270 Liter/ ha Leindotteröl erzielt (Kramerbräu-Hof, 2000). Die bemerkenswerte Steigerung des Leindotteröl-Ertrags um über das Doppelte ist wohl auf positive Synergie-Effekte der zwei Pflanzenarten (z.B. zusätzliche Stickstoff-Versorgung des Leindotters durch die N-bindenden Erbsen) zurückzuführen. Darüberhinaus kann mit 200 bis 540 kg/ha an Leindotterschrot als Kraftfutter gerechnet werden (MAKOWSKI & BRAND, 2000, sowie IEU, 2001).

**Fazit:**

Die beschriebenen Versuche in Bayern zeigen, daß keine oder nur unwesentliche Minderungen in der Nahrungsmittel-Erzeugung bei Mischfrucht-Anbau zustande kommen, aber Pflanzenöle als Kraftstoffe zusätzlich aus „Unkräutern“ in nicht geringem Maße gewonnen werden können.

## 5. Naturgemäßer Landbau

Wie die dargestellten Mischfrucht-Anbauversuche in Bayern zeigen, eröffnen sich für die zukünftige Landwirtschaft völlig neue Möglichkeiten, die weit über die heute im ökologischen Landbau üblicherweise bekannten Verfahren und Erfolge hinausgehen dürften (vgl. MAKOWSKI, 2000).

Neben dem gänzlichen Verzicht auf Spritzmittel und Mineraldünger (die in aller Regel schon heute im Öko-Landbau keine Anwendung mehr finden), kann der zukünftige Landbau aber noch einen bedeutenden Schritt weiter gehen: Mit dem vollständigen Verzicht auf Bodenbearbeitung und gleichzeitig einer Dauerbegrünung der Äcker werden sich die Erosions- und die Unkrautfragen nicht mehr stellen.

Wenn ferner Direktaussaat in die noch reifenden Mischfruchtbestände erfolgt und der Nährstoffkreislauf durch vollständige Rückführung des Stroh und der tierischen und menschlichen Fäkalien (z. B. in Form von gut ausgereifter Biogasgülle) auf die Felder geschlossen wird (vgl. Abb.2), dann kann sich der heute noch häufig schwer-tuende Öko-Landbau zu einem naturgemäßen Landbau im Sinne von M. FUKUOKA (1998a, 1998b,1999) mit geringstem Arbeitseinsatz, gesunden Anbaufrüchten und zunehmend wachsenden Erträgen weiter entwickeln.

Ein in diesem Sinne in Freising schon wirtschaftender Landwirt (seit 16 Jahren ohne Pflügen, seit 6 Jahren ohne Bodenlockerung) hat sehr geringe Betriebskosten, verfügt über zunehmend reichere Böden (Regenwurmbesatz von inzwischen 200–300 Regenwürmer je m<sup>2</sup> im Vergleich zu 2–10 Regenwürmer je m<sup>2</sup> bei konventionell wirtschaftenden Nachbarn), fährt normale, teilweise bessere Ernten jedes Jahr ein und benötigt etwa nur ein Drittel der Arbeitszeit seiner konventionellen Kollegen.

Auf dieser Grundlage werden in den nächsten Jahren und Jahrzehnten weitere Versuche mit Kombinationen von sich gegenseitig fördernden Getreidearten, Ölfrüchten und Leguminosen im Mischfruchtanbau erfolgen: ***Der Ölpflanzenanbau als ein integraler Bestandteil einer Polykultur, in der er kein Konkurrent, sondern Förderer eines gesunden Nahrungsmittel-anbaus sein wird!***

## Quellen

FUKUOKA, M. (1999): „Der große Weg hat kein Tor – Nahrung, Anbau, Leben“, 3. Aufl., Pala-Verlag Darmstadt, 140 S.

FUKUOKA, M. (1998a): „Rückkehr zur Natur - die Philosophie des natürlichen Anbaus“, 2. Aufl., Pala-Verlag, 155 S.

FUKUOKA, M. (1998b): „In Harmonie mit der Natur - die Praxis des natürlichen Anbaus“, 2. Aufl., Pala-Verlag, 147 S.

IEU (2001) INSTITUT FÜR ENERGIE UND UMWELTECHNIK MÜNCHEN:  
Unveröff. Ernte-Ergebnisse auf dem Kramerbräu-Hof bei Pfaffenhofen/Ilm von 2000,  
1 Tabelle.

MAKOWSKI, N. (2000): „Neue Wege im Öko-Landbau“ in: Bauernzeitung 19, S. 30-31

MAKOWSKI, N. & BRAND, D. (2000): „Mischanbau von Leindotter und Erbsen ist attraktiv“, Institut für Energie- und Umwelttechnik München, unveröff. Manuskript, 6 S.

SCHINDLER, J. & ZITTEL, W. (1999): „Wirtschaftliche Umbrüche durch nahende Erschöpfbarkeit fossiler Ressourcen“ in: Solarzeitalter 2/99, S. 12-18 (Eurosolar e.V.)

SCHUSTER, W. (1992): „Ölpflanzen in Europa“ DGL-Verlag Frankfurt/M., 240 S.