

Reines Pflanzenöl als Kraftstoff für Serien - Dieselmotoren in PKW, Traktoren und BHKW

Referent: Dr. Georg Gruber



Pkw Umrüstwerkstatt
Garage for Converting Cars

Vegetable oil as a fuel for regular diesel engines

Vereinigte Werkstätten für Pflanzenöltechnologie

A. Dotzer, Dr. G. Gruber, Th. Kaiser

Pflanzenöl ist gespeicherte Sonnenenergie. Unter den erneuerbaren Energien Windkraft, Wasserkraft, Solarthermie, Photovoltaik, Biomasse etc. kommt Pflanzenöl eine tragende Rolle zu, denn Pflanzenöl ist nicht nur umwelt- und ressourcenschonend sondern auch besonders gut speicherbar und damit jederzeit abrufbar.

Energie aus Pflanzenöl ist vielfältig: Pflanzenöl eignet sich für die Wärmebereitstellung, die Stromerzeugung und für den Verkehr. Im Vergleich zu anderen alternativen Treibstoffen weist Pflanzenöl den geringsten Herstellungsaufwand und die höchste Leistungsdichte während der motorischen Verbrennung auf.

Vegetable oil is stored solar energy. Alongside other sources of renewable energy – wind power, hydropower, solar heat, photovoltaics, biomass, etc. - vegetable oil plays an important role because it is not only environmentally friendly and conserves resources, more importantly, it is easy to store and is therefore ready to use at any time.

Energy from vegetable oil is very versatile. Vegetable oil is suitable for producing heat, for generating power, and as a fuel for cars. Compared with other renewable fuels, vegetable oil requires the least energy to produce, and it has the highest power density during combustion in an engine.

Die hohe Viskosität pflanzlicher Öle verhindert ein Verdampfen des Kraftstoffs. In Verbindung mit einem hohen Flammpunkt ($> 300\text{ }^{\circ}\text{C}$) ergibt sich ein absolut explosions-sicherer Treibstoff, was gerade im Automobilverkehr als nicht zu unterschätzender Sicherheitsfaktor zu sehen ist. Darüber hinaus bedroht die Verwendung von pflanzlichen Ölen weder Wasser, noch Boden oder Luft.

Die natürlichen Eigenschaften von Pflanzenölen sind es also, die diesen Naturkraftstoff auch für das Automobil empfehlen.

Die Vereinigten Werkstätten für Pflanzenöltechnologie

Die 1993 gegründeten Vereinigten Werkstätten für Pflanzenöltechnologie (VWP) befassen sich mit der Anwendungen reiner Pflanzenöle, insbesondere mit deren Verwendung als Kraftstoff für Verbrennungsmotoren. Unter anderem entwickelten die VWP eine Technologie für den Umbau von Serien-Dieselmotoren für Kraftfahrzeuge und Blockheizkraftwerke zur Verwendung von reinem Pflanzenöl als Kraftstoff. Motiv der Entwicklungsarbeit von VWP ist die Verknappung der endlichen fossilen Ressourcen einerseits und die daraus abzuleitende zunehmende Umweltbelastung andererseits.



Die Motorentechnik

Handelsübliche Pflanzenöle lassen sich in konventionellen Dieselmotoren nicht als Kraftstoffe einsetzen. Vor allem die hohe Viskosität von Pflanzenölen führt bei herkömmlichen Dieselmotoren zu Verkokungen an Düsen, Ringen etc. so daß der Motor durch den Einsatz von reinem Pflanzenöl unbrauchbar würde. Deshalb müssen herkömmliche Motoren durch entsprechende Umbaumaßnahmen an den Kraftstoff Pflanzenöl angepasst werden.

Technisch aufwendige Pflanzenölsondermotoren der ersten Generation konnten sich am Markt nicht durchsetzen. Den Vereinigten Werkstätten für Pflanzenöltechnologie gelang jedoch die Anpassung der Motoren an reines Pflanzenöl als Kraftstoff. So mußten unter anderem die folgenden Probleme durch konstruktive Maßnahmen gelöst werden:

- die Initiierung und Aufrechterhaltung des Verbrennungsprozesses von schwer verdampfbaren Pflanzenölen;

- die Erreichung eines zeitweise höheren Temperaturniveaus;

- daraus resultierende Probleme höherer Brennraumtemperaturen;

- Einspritzung und Zerstäubung des Pflanzenölkraftstoffes bei einer Viskosität, die sich um den Faktor 10 und mehr von Diesekraftstoff unterscheidet;

Vegetable oils have a high viscosity which prevents evaporation of the fuel. This feature plus their high flash point ($> 300\text{ }^{\circ}\text{C}$) makes them absolutely explosion-proof, a factor which should not be underestimated as a safety issue in road traffic. Moreover, the use of vegetable oils poses no threat to either water, soil, or the air.

It is therefore the natural properties of vegetable oils which make them an obvious choice as a natural fuel for cars.

The Vereinigte Werkstätten for vegetable oil technology

Founded in 1993, the Vereinigte Werkstätten für Pflanzenöltechnologie (VWP) have been working on possible applications of pure vegetable oils, in particular as a fuel for combustion engines. VWP's devel-

opments include a technology to convert standard diesel-burning engines for cars and co-generation plants to run on pure vegetable oil. The underlying motivations behind VWP's development work are the shortage of finite fossil resources on the one hand and increasing environmental pollution on the other.

Engine technology

Commercially available vegetable oils cannot be used as fuel for conventional diesel engines, mainly because their high level of viscosity would cause the coking of nozzles, seals, etc. and make the engine unusable. Conventional engines therefore have to be converted before being able to burn vegetable oil.

allgemeine Erhaltung des Treibstoffflusses unter Einschluss des gesamten Tank-, Kraftstoff- und Leitungssystems, das zusätzlich auf die Viskositätsschwankungen des Pflanzenölkraftstoffes bei gleichzeitiger Einsatzmöglichkeit von Diesel eingestellt werden muss.

Die starke Viskositätsschwankung des Pflanzenöls bei Temperaturänderung bedingt, dass der Kraftstofftransport im Zu- und Ableitungssystem nur über eine temperatur- und viskositätsabhängige Druck-/Mengenregelung befriedigend zu regeln ist. Die relativ niedrige Cetanzahl als Maß der Zünd(un)willigkeit und der hohe Flammpunkt erforderten neue Wege in der Einspritz- und Verbrennungstechnologie. So kann nun beispielsweise beim Starten des Motors auf einen Dieseltank verzichtet werden.

Vorteile für die Umwelt

Die so getroffenen Maßnahmen wirken sich insgesamt positiv auf die Abgaswerte von Motoren aus, die mit Pflanzenöl betrieben werden. Die Grenzwerte von NO_x, CO und HC für Dieselfahrzeuge werden mit einer Streuung von +/- 10 % eingehalten. Ruß wird im Vergleich zu Diesel um mindestens 50 % abgesenkt. Der CO₂-Kreislauf ist geschlossen, SO₂-Emissionen sind praktisch nicht vorhanden. Zudem konnten die Geräuschemission der Pflanzenölmotoren durch die Verringerung von Druckspitzen im Vergleich zu herkömmlichen Dieselmotoren deutlich abgesenkt werden.

Patente und Entwicklungen

Durch die Entwicklungen der Vereinigten Werkstätten für Pflanzenöltechnologie am Serienmotor wird die Anwendung von reinem Pflanzenöl als Kraftstoff serienreif. Im Rahmen dieser Entwicklungen wurden bisher vier Patente und ein Gebrauchsmuster erteilt. Die Serien- und Alltagstauglichkeit wurden durch Flottenversuchen mit 150 Fahrzeugen dokumentiert, die über mehr als sechs Jahre liefen und durch das Bayerische Wirtschaftsministerium und das Baden-Württembergische Landwirtschaftsministerium finanziell unterstützten worden sind.

Die Entwicklung eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes bis 20 kW_{el} ist abgeschlossen. Auch sie wurde vom Bayerischen Wirtschaftsministerium unterstützt. Mit wissenschaftlicher Begleitung durch die Technische Universität München-Weihenstephan wurden darüber hinaus Entwicklungsprojekte initiiert, um den Einsatz von Pflanzenöl im stofflichen Bereich als Sägekettöl bzw. Trenn- und Schalöl zu testen.

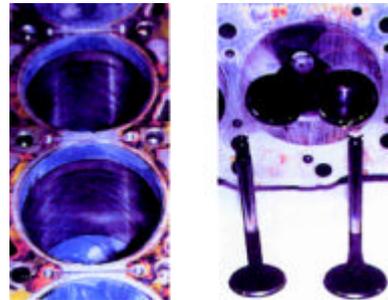
Dezentrale Pflanzenölherstellung

Der weltweite Pflanzenölmarkt wird nahezu vollständig von großen Ölmühlen mit einer jährlichen Presskapazität von mehreren 10.000 Tonnen bedient.

Aus ökonomischen und ökologischen Überlegungen heraus favorisieren die Vereinigten Werkstätten für Pflanzenöltechnologie jedoch die

Ergebnisse eines Pflanzenöl Flottenversuchs in Baden-Württemberg mit 50 Fahrzeugen

Motorbegutachtung



Fahrzeugüberprüfung

Kein rapsölbedingter Fahrzeugausfall
Fahrleistungen schon über 150.000 km/Pkw
Winterbetrieb problemlos
Motorverschleiß geringer als bei Dieselmotoren
Motorschmierölwechsel wie bei Dieselmotoren
Abgaswerte (nach 91/441/EG Typ I)
Grenzwerte nach Euro II werden sicher eingehalten bei CO, HC + NO_x, Partikelemission erfordert bei einigen Fahrzeugtypen angepassten Oxidationskatalysator



Universität Hohenheim (740), 70593 Stuttgart
Dipl.-Ing. K. Maurer

Kraftstoffversorgung ihrer Pflanzenöl-PKW und -BHKW aus dezentraler bäuerlicher Herstellung. Zwar bleiben beim dezentralen Kaltpressverfahren 12 % Öl im sogenannten Presskuchen zurück, das bei dem industriellen Herstellungsverfahren bisher mit Hexan vollständig extrahiert wird. Der Restölgehalt verfeinert jedoch den Futterwert des Ölkuchens und macht ihn als Substitut für Sojaschrot zu einem mittlerweile hoch angesehenen Futtermittel in der Tierhaltung.

Die Qualität des aus landwirtschaftlicher Produktion gewonnenen Öls nach dem Pressen und Filtern ist zudem höher als die des industriellen Produktes. Dessen hexanextrahiertes Pflanzenöl muß für den Einsatz im Motor u.a. erst noch entschleimt, desodoriert und destilliert werden. Hierzu ist ein hoher Energieaufwand erforderlich, der durch die weiten Transportwege für Saatgut und anschließend für den Abtransport der Koppelprodukte Öl und Ölkuchen zusätzlich gesteigert wird.

The specially designed, technologically sophisticated vegetable oil-burning engines of the first generation were not successful in the marketplace. However, VWP succeeded in adapting engines to run on pure vegetable oil. The problems to be resolved by alterations to engine design included the following:

initiating and sustaining the combustion process;

attaining a temporarily higher temperature level;

problems resulting from the higher temperature in the combustion chamber;

injection and vaporisation of the vegetable fuel with a viscosity that differs from that of diesel fuel by a factor of 10 or more;

general maintenance of the fuel flow, including all lines in the fuel tank system which also needed to be adapted to cope with the additional variations in fuel viscosity if diesel is to be burned as an alternative to vegetable oil.

Because of the marked variation in the viscosity of vegetable oil under changing temperatures, the fuel flow in the inlets and outlets can only be controlled satisfactorily if pressure and volume can be regulated as a function of temperature and viscosity. The relatively low cetane number as an indicator of ignitability, or lack thereof, and the high flashpoint called for new approaches to both injection and combustion technology. As a result of the development work, engines can be started today without requiring a diesel tank.

Advantages for the environment

These measures have an overall positive impact on the emission ratings of engines fuelled by vegetable oil. The boundary values for NO_x , CO and HC emissions from diesel vehicles are met with a deviation of +/- 10%. Compared with diesel engines, those fuelled with vegetable oil show a reduction in particulate emissions of at least 50%. The CO_2 cycle is a closed loop, and SO_2 emissions have been reduced to virtually zero. Additionally it has been found that noise emissions from engines fuelled with vegetable oil can be significantly diminished in comparison with those from conventional diesel engines because of the suppression of pressure peaks.

Patents and developments

The alterations to the standard engine undertaken by the Vereinigte Werkstätten for Vegetable Oil Technology meant that pure vegetable oil was now ready for standard use as an engine fuel. Four patents and one industrial design were awarded during the course of the development work. Endurance and general capabilities were documented by means of tests carried out over a period of six years on a fleet of 150 vehicles; the tests were co-financed by the Bavarian Ministry of Economics and the Ministry of Agriculture of Baden-Württemberg.

Work on the development of a vegetable oil-fired, stand-alone cogeneration plant rated at 20 kW_{el} has now been completed. This work likewise attracted financial support from the Bavarian Ministry of Economics. Other projects were launched with the scientific support of the Technical University at Munich-Weihenstephan to test the use of vegetable oil as a lubricant for chain saws and as a parting agent.



Gesellschafter der Vereinigten Werkstätten mit José Lutzenberger, Alternativer Nobelpreisträger

The partner of the Vereinigte Werkstätten with José Lutzenberger, Alternative Nobel price winner

Decentralised production of vegetable oil

The global vegetable oil market is supplied almost exclusively by major oil mills with annual extraction capacities of several 10,000 tonnes.

For economic and ecological reasons, the Vereinigte Werkstätten for Vegetable Oil Technology prefer to supply their vegetable-oil-fuelled vehicles and cogeneration plants with oil from decentralised, small-scale production sites. Although decentralised cold-pressing operations cannot recover the 12% of the oil which remains in the cake but which can be fully recovered in industrial production operations by the application of hexane, it is also worth noting that the residual oil in the cake enhances the cake's value as fodder and has now made oilcake a preferred fodder in animal production as a substitute for soya meal.

Moreover, the oil obtained from farming operations, after pressing and filtering, is of a higher quality than that obtained from industrial procedures. The hexane-extracted oil from industry also still has to be deslimed, de-odourised, distilled, and subjected to various other processes before it can be used in engines. All this calls for a high input of energy which is further augmented by the long distances covered when seed and subsequently the separated oil and oilcake are transported to and from a centralised extraction location.

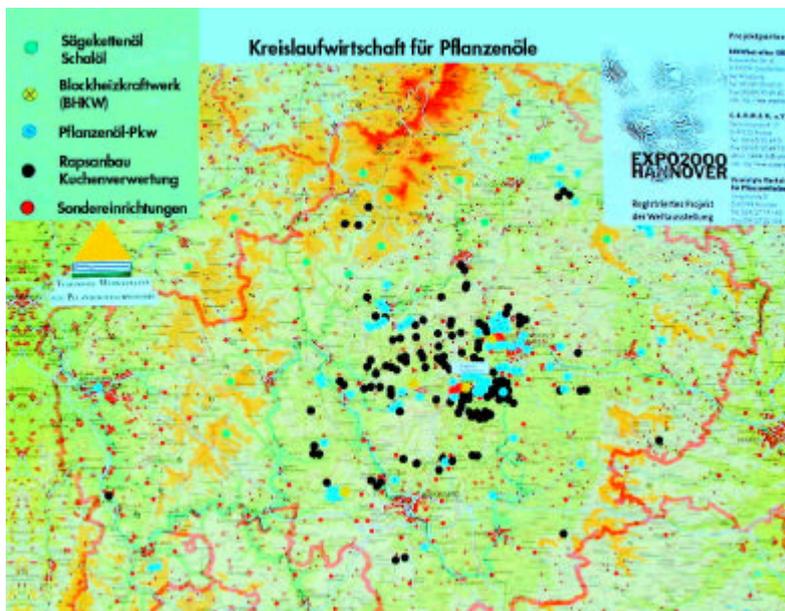
Decentralised, far-based oil production thus combines economics

with ecology by delivering a product which is superior to its industrially produced counterpart in terms of quality, ecological sensitivity and price.

Rainer Reuss's "Oberes Werntal" oilseed mill is an example which illustrates the entire range of applications for vegetable oil. The vegetable oil extracted at the mill is being used to fuel five cogeneration plants and 100 motor vehicles which the Vereinigte Werkstätten converted to run on pure vegetable oil. The large number of oil-fuelled vehicles involved here made it possible to open a filling station for vegetable oil. The oil is also being used as a lubricant. The "Oberes Werntal" oilmill is setting a global standard as a centre for vegetable oil technology. Similar centres have also now been established in all other regions of Bavaria, in Saxony, the Saarland, Thuringia, Baden-Württemberg and in Austria and Italy.

Regional concept for rural areas

The vegetable oil technology and the associated model project regions developed by the Vereinigte Werkstätten were designed to be economically viable while operating to the needs of closed regional CO_2 , energy, resource and value-added cycles. The vegetable oil is both produced and sold within a radius of under 20 km and thus makes it possible to make substantial cuts in transportation costs. Moreover, the fact that 500 tonnes of the local rapeseed cake produced at the Oberes Werntal mill are used locally as fodder, re-



Modellregion Unterfranken / Showregion Lower Franconia

Die dezentrale landwirtschaftliche Ölproduktion verbindet somit Ökonomie und Ökologie, indem sie bei höherer Qualität das ökologisch und preislich günstigere Produkt herstellt als die industrielle Produktion.

Am Beispiel der Ölfruchtmühle „Oberes Werntal“ von Rainer Reuß lässt sich das gesamte Spektrum der Pflanzenölanwendung aufzeigen. Das dort gepresste Pflanzenöl wird als Treibstoff in fünf Pflanzenöl-BHKW und 100 Pflanzenölfahrzeugen eingesetzt, die von den VWP zur Verwertung reinen Pflanzenöls umgerüstet worden sind. Die hohe Anzahl von Pflanzenölfahrzeugen ermöglichte die Eröffnung einer Pflanzenöl-Tankstelle. Zudem findet das Pflanzenöl als Betriebsstoff Verwendung (z.B. als Schmierstoff). Bei der Ölfruchtmühle „Oberes Werntal“ handelt es sich um eine weltweit beispielhafte Zentrum der Pflanzenöl-technologie. Vergleichbare Zentren sind aber auch in allen anderen Regierungsbezirken Bayerns, in Sachsen, Saarland, Thüringen, Baden-Württemberg sowie in Österreich und Italien erfolgreich entstanden.

Das Regionalkonzept für den ländlichen Raum

Die von den VWP entwickelte Pflanzenöl-technologie und die Pflanzenölmodellregionen sind auf Wirtschaftlichkeit unter Einhaltung regionaler CO₂-, Energie-, Stoff- und Wertschöpfungskreisläufe ausgelegt. So finden Herstellung und Absatz des Pflanzenöls in einem Radius von weniger als 20 Kilometern statt, wodurch nicht zuletzt auch der

Transportaufwand erheblich reduziert ist. Auch die Verfütterung von ca. 500 Tonnen heimischen Rapskuchens anstelle amerikanischen Import-Sojaschrots führt bei dem Beispiel Ölfruchtmühle Reuß zu einer Einsparung von jährlich ca. 5 Millionen Tonnenkilometer Transport und schon dadurch die Umwelt. Durch den Einsatz heimischer Energieressourcen bleiben Gelder, die sonst für fossilen Treibstoff abfließen, in der Region und es entstehen für die Landwirtschaft neue Einkommensquellen.

Darüber hinaus wurde durch die Errichtung von Holzheizanlagen für den Landwirt eine Absatzmöglichkeit für Holz im Winter geschaffen. Durch Pflanzenöl im Sommer und Holz im Winter können die Landwirte somit ganzjährig am Energiegeschäft teilnehmen. Durch den Anbau des Rohstoffs, die Pflanzenölherstellung, den Absatz des Öls und Ölkuchens, den Betrieb von Tankstellen und Werkstätten für Pflanzenölautos sowie der BHKW-Fertigung konnten in der Region Unterfranken ca. 20 Arbeitsplätze dauerhaft erhalten bzw. geschaffen werden.

Ausblick

Durch den ökologischen Pflanzenanbau, die Pflanzenölherstellung in dezentralen Ölmühlen und die Entwicklung von Serien-Pflanzenölmotoren haben die Vereinigten Werkstätten für Pflanzenöl-technologie zusammen mit befreundeten Firmen funktionierende Modelle für einen 100%ig CO₂-neutralen Verkehr geschaffen.

Knapp zehn Hütten des Deutschen Alpenvereins werden durch stationäre Pflanzenöl-BHKW mit Strom und Wärme versorgt. Die Nutzung von naturbelassenem Pflanzenöl als Treibstoff für stationäre oder mobile Dieselmotoren ist weltweit noch am Anfang. Deutschland hat sich in diesem Wachstumsmarkt durch kleine Unternehmen einen deutlichen Vorsprung verschafft. Ziel der Vereinigten Werkstätten für Pflanzenöl-technologie ist es, diesen Vorsprung durch die Erschließung neuer Märkte und die Entwicklung neuer Produkte auszuweiten.

Unter anderem arbeitet VWP derzeit intensiv an der Entwicklung pflanzenöltauglicher Traktoren, denn durch den geplanten Wegfall der Gasölverbilligung bei gleichzeitiger Verteuerung von Erdölprodukten könnte der Betrieb solcher Fahrzeuge mit reinem Pflanzenöl zukünftig wirtschaftlich erscheinen. Gleichzeitig entstehen Kontakte zu Ländern, die weder über eigene Erdölressourcen noch über Devisen, dafür aber über ein großes Angebot von Ölpflanzen verfügen.

Es gilt also, bei der Treibstoffversorgung an der Umkehrung des bisherigen Energieversorgungsmodells zu arbeiten. Das heißt: Ergänzung und Ersatz der fossilen Energieträger unter anderem durch ein flächendeckendes Netz dezentraler Ölmühlen und durch die Nutzung unterschiedlicher Ölpflanzen.

Der technische Fortschritt des Pflanzenölmotors führt letztendlich zurück zu den Wurzeln des Dieselmotors, der schon im Jahre 1896 auf der Weltausstellung in Paris von Rudolf Diesel mit Erdnussöl betrieben wurde. Mehr als ein Jahrhundert später hat sich aus der Pariser Technikstudie ein breites Anwendungsfeld entwickelt, das erneut anlässlich einer Weltausstellung - der EXPO 2000 - präsentiert wird und deren Motto "Mensch - Natur - Technik" ganzheitlich widerspiegelt.

placing soya meal imported from the USA, has allowed for a reduction in transportation amounting to about five million tonne-kilometres per year. This is a further advantage from the ecological viewpoint. Additionally, the use of local energy resources instead of externally procured fossil fuels means that money is retained within the local community and new sources of income are created for local farmers.

A further achievement is the construction of wood-burning heating plants which has given farmers an outlet for selling firewood in winter. By selling vegetable oil in summer and firewood in winter, farmers are able to be part of the power business throughout the year. Growing the raw materials, producing vegetable oil, selling oil and oilcake, operating filling stations and service facilities for vegetable-oil-fuelled vehicles, and manufacturing block cogeneration plants – these activities have sustained or created about 20 jobs in the Lower Franconia region.

Outlook

Together with partner companies, the Vereinigte Werkstätten have built fully operational models for totally CO₂-neutral mobility on the basis of ecological plant production, decentralised oil extraction and series-produced diesel motor vehicles capable of running on vegetable oil. About ten mountain bases operated by the German Alpine Society are being supplied with both heat and power from stationary cogeneration plants fuelled with vegetable oil. The use of untreated vegetable oil as fuel for stationary or mobile diesel engines is a concept which is still in its infancy worldwide. Germany has secured for itself a clear competitive edge in this growth market through the activities of a number of small companies. The Vereinigte Werkstätten for Vegetable Oil Technology aim to further improve this edge by opening up new markets and developing new products.

The Vereinigte Werkstätten are currently working hard to develop tractors which run on vegetable oil in anticipation of the planned removal of the preferential treatment for gas-oil and the simultaneous increase in the price of mineral oil products

which, in combination, are likely to make it commercially viable to run tractors on vegetable oil. At the same time, contacts are being made in countries which are short of both mineral oil and foreign exchange but are well endowed with oil crops.

The policy, therefore, is to work towards reversing the conventional energy supply model. This means supplementing and substituting fossil resources, and one way of making headway here is with a nationwide network of decentralised oil mills extracting oil from a range of different oil crops.

In the final analysis, the technological advance which produced an engine fuelled by vegetable oil can be traced back to the origins of the diesel engine, which was exhibited for the first time by Rudolf Diesel at the World Exposition in Paris in 1896 and already ran on groundnut oil. Over a century later, the technological research exhibited in Paris has spawned a broad range of applications which are again to be presented at a world exposition – this time at EXPO 2000, where they will reflect all the facets of the EXPO motto "People – Nature – Technology".

Impressum: Herausgeber/Editor: Vereinigte Werkstätten für Pflanzenöltechnologie (VWP);

V.i.S.d.P./In charge: Dr. Georg Gruber;

Mai 2001; Auszugsweiser Nachdruck unter Quellennennung erlaubt./When reprinting extracts of this brochure please make sure that references are given
