

## Schweizer Pflanzenölester als Dieseltreibstoff

### Erste Betriebsergebnisse sind positiv

Manfred Rinaldi, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon  
 Eric Herger, Eco Energie Etoy, CH-1163 Etoy (VD)

Die erste und bisher einzige Anlage zur Herstellung von Rapsmethyl-ester (Biodiesel, RME) in der Schweiz hat seit ihrer Betriebsaufnahme Anfang November 1996 bis Ende Juni 1997 aus 4853 Tonnen

Rapssaat 1,801 Millionen Liter Biodiesel hergestellt. Als Nebenprodukt entstanden dabei 3013 Tonnen hochwertiger Rapskuchen und 265 Tonnen Glycerinphase mit einem Anteil von 60% Reinglycerin. Das

Betriebsergebnis ist ausgeglichen, was darauf zurückzuführen ist, dass der Anlage die Rapsernten von 1995 und 1996 zur Verfügung standen und somit mit voller Kapazität produziert werden konnte.

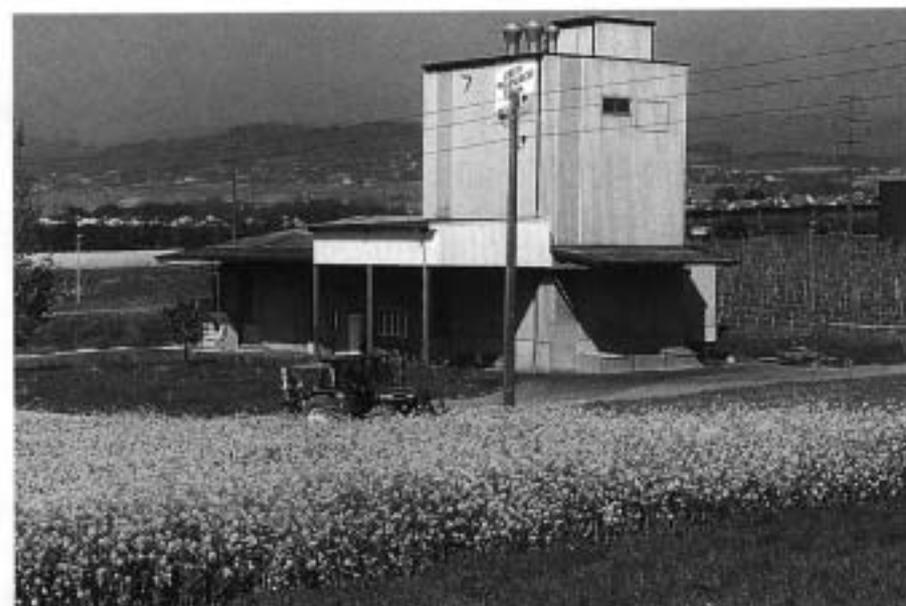


Abb. 1. Gesamtansicht des Werkes in Etoy (VD) im Frühling 1997.

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Lösungsansatz	2
RME-Umesterungsanlage in Etoy	3
Funktionsbeschreibung	4
Ergebnisse	6
Literatur	9

## Problemstellung

Für Energie aus nachwachsenden Rohstoffen von landwirtschaftlichen Flächen besteht aus unterschiedlichen Gründen Forschungs- und Handlungsbedarf. Besonders die Bereitstellung von hochwertigen Energieträgern wie zum Beispiel Dieseltreibstoff ist von Bedeutung.

Pflanzliche Öle, in der Schweiz besonders Rapsöl, können grundsätzlich dafür verwendet werden. Die Eigenschaften von Dieseltreibstoff sind nach SN 181160-1, SNEN 590 und von RME nach ÖNORM C 1190 und DIN V 51 606 (Tab. 3) in engen Grenzen genormt, und die einwandfreie Funktion eines Dieselmotors garantiert der Hersteller nur dann, wenn normkonformer Treibstoff verwendet wird. Da Rapsöl in einigen Parametern weit ausserhalb dieser Norm liegt, muss entweder der Motor angepasst oder der Treibstoff verändert werden.

Die Veränderung von Rapsöl zur Verwendung als Dieseltreibstoff erfolgt heute üblicherweise durch die Umesterung mit Methanol zu Rapsmethylester (RME). Dadurch erreicht man eine weitgehende Angleichung der Treibstoffparameter an die Anforderungen moderner Motoren [1]. Der Nachteil dieses Verfahrens liegt in den nicht unbeträchtlichen Kosten für den Bau und Betrieb einer Umesterungsanlage.

## Lösungsansatz

Die ersten Erfahrungen bei der Anwendung von Rapsmethylester als Dieseltreibstoff kommen Mitte der achtziger Jahre aus Österreich. Die Bundesanstalt für Landtechnik in Wieselburg an der Erlauf übernimmt eine Vorreiterrolle. Zusammen mit Universitäten und Partnern aus der Industrie entwickelt sie eine Pilotanlage für RME, und mit dem neuen, Biodiesel genannten Treibstoff werden erste Flottenversuche durchgeführt.

Die Planung für den Bau einer Umesterungsanlage in der Schweiz beginnt im Mai 1993, nachdem auch Versuche der FAT gezeigt haben, dass sich Rapsmethylester als Dieseltreibstoff zum Betrieb von Traktoren eignet und dass eine sogenannte Kleinanlage mit einer Jahreskapazität von 1000 bis 2000 Tonnen RME (was einer Anbaufläche von 1000 bis 2000 ha entspricht) auf genossenschaftlicher Basis Schweizer Verhältnissen am besten entspricht.

Wesentlich zu dieser Erkenntnis beigetragen hat eine Vorstudie der Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Zürich und der Novamont SpA, Mailand [2] vom Oktober 1992, an der die FAT massgeblich beteiligt war.

Eine initiative Genossenschaft in Etoy am Genfersee realisiert den Bau und Betrieb einer Press- und Umesterungsanlage (Abb. 5). Die Betriebsweise wird so organisiert, dass die Rapsaatslieferanten Mitglieder der Genossenschaft werden. Rapsaats, Raps-

kuchen und RME bleiben immer im Besitz der einzelnen Genossenschafter. Die Rapslieferanten bezahlen der Genossenschaft die Verarbeitung. Auf Anfrage dieser Genossenschaft beteiligt sich die FAT an der Evaluation der Anlage und an der Erhebung der Ergebnisse.

Bei der Planung der Anlage kann auf ausländische Erfahrungen, besonders aus Österreich zurückgegriffen werden. Kleinanlagen in Mureck, Starrein und Asperhofen werden besichtigt. In Etoy wird die Anlage der österreichischen Firma Heid Saattechnik Ges. m.b.H., Stockerau realisiert.

Seit Herbst 1996 ist die Anlage in Etoy voll in Betrieb. Erste Ergebnisse können mit diesem Bericht vorgelegt werden.

## RME-Umesterungsanlage in Etoy

Das freistehende Gebäude der vormaligen Saatzuchtgenossenschaft Etoy, bestehend aus Siloturm und Lagerhalle, eignet sich gut zur Unterbringung der Umesterungsanlage.

Das Innere des Siloturmes wurde umgebaut. Es enthält nun die komplette Ölgewinnung.

In der vormaligen Lagerhalle wurde ein explosionsgeschützter Bereich eingebaut. Er enthält die Umesterungsanlage inklusive Labor und Nebenräume. Der Lagerung von Methanol, RME und Glycerinphase 1 dienen drei erdverlegte Vorrattanks (Abb. 4). Am Siloturm wurden zwei überdachte Annahme-



Abb. 4. Die drei Lagertanks für Methanol, Biodiesel und Glycerinphase sind an Ort und Stelle.



Abb. 5. Betriebsleiter (links) und zwei Vorstandsmitglieder (rechts) anlässlich einer Besprechung.

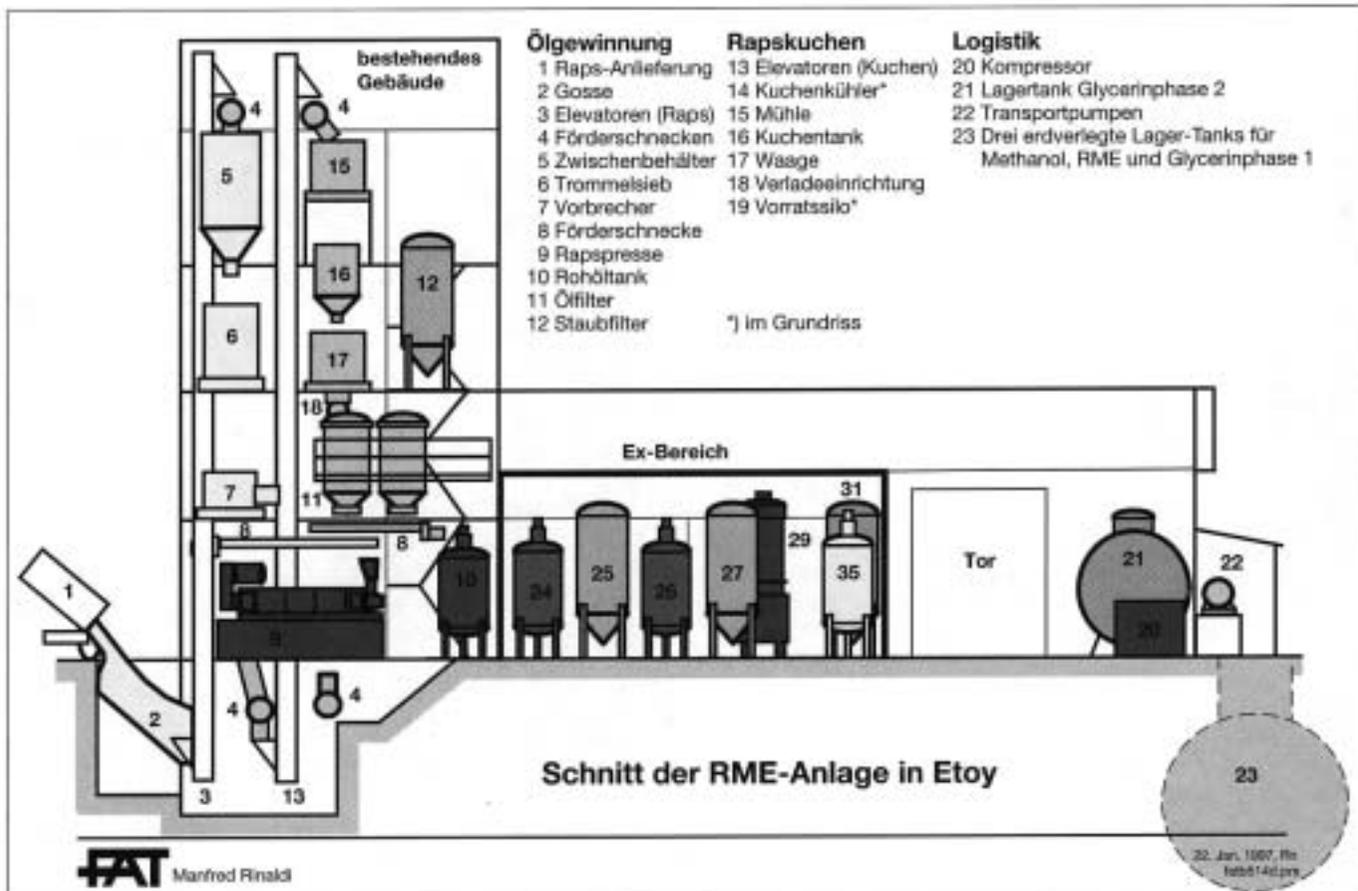


Abb. 2. Schnitt der die RME-Anlage in Etoy.

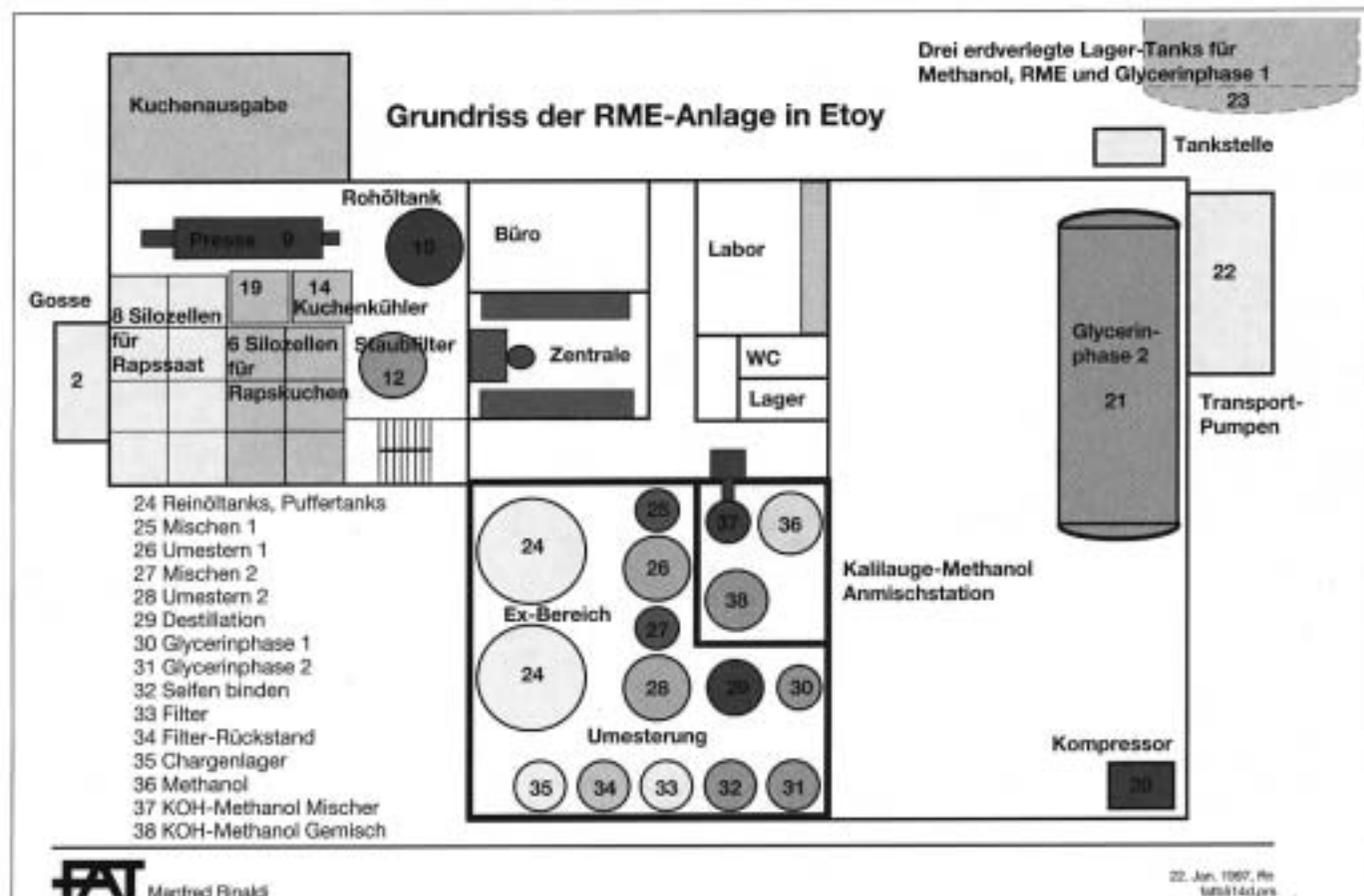


Abb. 3. Grundriss der RME-Anlage in Etoy.

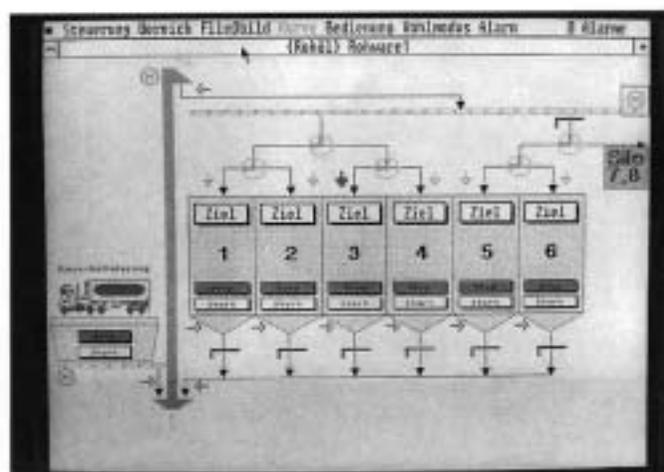


Abb. 6. Automatische Prozesssteuerung: Anlieferung und Rapsilos-Anlage.

gasse für Rapssaat und eine Abfüllstation für Rapskuchen angebaut. Pumpen und Anschlüsse für die Auslieferung von RME und Glycerinphasen befinden sich leicht zugänglich links neben der Einfahrt zur Lagerhalle. Die Anlage liegt verkehrsmässig günstig, wenige hundert Meter von der SBB-Haltestelle Ettoy entfernt. Mit dem Auto ist sie leicht von der Autobahn Lausanne-Genève über die Ausfahrt Aubonne zu erreichen.

## Funktionsbeschreibung

### Ölgewinnung

Die Ölgewinnung beginnt an der Annahmegasse für Rapssaat (Pos. 2 in Abb. 2 und 3). Die Saat gelangt über eine Schwingrutsche, einen Elevator (3) und Förderschnecken (4) in acht Silozellen (Abb. 6). Die totale Lagerkapazität beträgt 100 t und reicht für fünf Tage.

Zur Presse gelangt die Rapssaat aus den einzelnen Silozellen durch unter den Zellen liegende Förderschnecken (4), den Elevator (3) und Förderschnecken (4) vorerst in einen Zwischenbehälter (5). Der Zwischenbehälter ist mit Füllstand-Sensoren ausgestattet und steuert die vorgeschalteten Fördererinnenrichtungen. Vom Zwischenbehälter fliesst die Rapssaat durch ein Trommelsieb (6). Die dabei anfallenden Verunreinigungen werden einer Futter-

mühle verkauft. Dann passiert die Saat einen Magnetabscheider. Hier werden Eisenteile zurückgehalten und ausgeschieden. Über einen Vorbrecher (7), der den Pressvorgang erleichtern soll, gelangt die Saat über Förderschnecken (8) schliesslich in die Ölpressen (Pos. 9 in Abb. 2 und 3 und Abb. 7). Das Ergebnis dieses Prozesses ist einerseits rohes Rapsöl (Abb. 8) und andererseits Rapskuchen.

Das rohe Rapsöl wird in einen Puffertank (10) gepumpt und gelangt von dort zu zwei automatischen Filterstationen (Pos. 11 in Abb. 2 und 3 und Abb. 9), wo das Rapsöl vom Trubanteil befreit wird.

Der Trubanteil wird wieder der Presse zugeführt und gelangt schliesslich in den Rapskuchen.

Das Reinöl wird in den explosionsgeschützten Umesterungsbereich gepumpt, wo es in zwei Puffertanks (24) zwischengelagert wird.

Der bei der ganzen Ölgewinnung anfallende Staub wird mit Luft abgesogen, in einem Zyklon abgeschieden und in einem Behälter (12) gesammelt.

### Rapskuchen

Der bei der Ölgewinnung anfallende Rapskuchen ist ein wichtiges Nebenprodukt, ist er doch ein hochwertiges Futtermittel für Rinder und Schweine. Die von der Rapspresse (9) produzierten, handtellergrössen Kuchenplatten



Abb. 7. Seihstabschneckenpresse zur Ölgewinnung, darüber Zuführschnecke für Rapsaat.

gelangen mittels Förderschnecken (4) und Elevator (13) in einen Kühler (14). Von dort wird der Rapskuchen einer Mühle (Pos. 15 in Abb. 2 und 3 und Abb. 10) und weiter einem Vorratssilo (19) mit einer Kapazität von 10 t zugeführt. Die Schritte «Kühlen» und «Mahlen» sind für die Verbesserung der Lager- und Verwendungsfähigkeit erforderlich. Für die Zwischenlagerung stehen weitere sechs Silozellen mit einer totalen Kapazität von 75 t zur Verfügung. Bei Bedarf kann der Rapskuchen von hier aus über eine Waage (Pos. 16, 17 in Abb. 2 und 3 und Abb. 11) und eine Fördererinnenrichtung (18) auf Lastwagen verladen werden (Abb. 12).

### Umesterungsbereich

Der Umesterungsbereich wurde innerhalb des bestehenden Lagers wegen der allfälligen Anwesenheit von Methanoldämpfen in explosionsgeschützter Ausführung eingebaut. Der im Prinzip einfache chemische Prozess nimmt in industriellen Dimensionen doch beträchtlichen Umfang an. Die Anlage wird – ebenso wie die Ölgewinnung – in der Zentrale elektronisch gesteuert und überwacht (Abb. 13). Alle Ventile werden mit Druckluft betätigt, wofür der Kompressor (20) benötigt wird. Die einzige manuelle Tätigkeit ist das Bereitstellen und Einfüllen der Kalilauge in die Anmischstation (Abb. 14). In Abbildung 15 sind je zwei Umeste-



Abb. 8. Rohöl tropft aus der Presse.

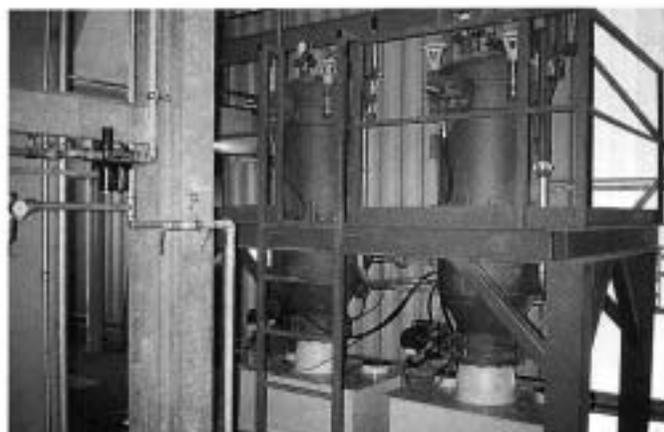


Abb. 9. Automatische Filteranlage zur Reinigung des Öls.



Abb. 10. Mühle zum Zerkleinern des Rapskuchens.

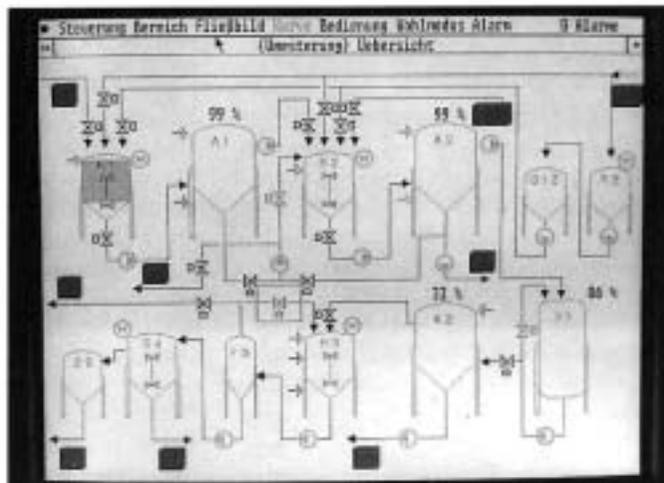


Abb. 13. Automatische Prozesssteuerung: Umesterung.



Abb. 11. Automatische Waage für den Kuchenverlad (vorne) und Trommelsiebmaschine zum Reinigen des Rapses vor dem Pressen (hinten).



Abb. 12. Kuchenverlad.



Abb. 15. Umesterungstanks.



Abb. 14. Kalilauge-Anmischstation.

rungs- und Absetztanks zu sehen. Abbildung 16 zeigt den Verdampfer zur Reinigung des RMEs von Methanol und Wasser. Nach dem Filtrieren wird das fertige RME in den vor der Anlage erdverlegten Tanks (Abb. 4) zwischengelagert und steht für den Transport zu den Abnehmern zur Verfügung.

Die bei der Umesterung anfallenden Glycerinphasen 1 und 2 werden in separaten Tanks gesammelt. Phase 1 enthält ca. 60% Reinglycerin und kann zur Aufbereitung verkauft werden. Phase 2 ist eine wässrige, noch etwas Glycerin, Holzmehl, Seifen und Verunreinigungen enthaltende Flüssigkeit und wird auf den Feldern der Genossenschaft ausgebracht.

## Beschreibung des Umesterungsprozesses

Für die Umesterung von Rapsöl zu Rapsmethylester benötigt man neben dem Rapsöl Kalilauge, Methanol, Wasser, elektrische Energie und Holzmehl. Das Methanol lagert in einem der erdverlegten Tanks (23). Kalilauge (KOH) liegt in fester Form als Chips vor und wird in Säcken auf Paletten angeliefert. Mittels Transportpumpe (22) wird eine Tagesration Methanol in den Vorrattank (36) gepumpt. Die Kalilauge gelangt über einen Einfülltrichter (Abb. 14) in den Mischer (37). Dieser muss mit Wasser gekühlt werden, da der Lösungsvorgang viel Energie freisetzt. Das fertige Gemisch lagert in Tank (38). Der eigentliche Umesterungsprozess beginnt im auf einer Waage stehenden Mischer (25). Die Komponenten Rapsöl, KOH-Methanol-Gemisch und Wasser werden im richtigen Massenverhältnis eingewogen und mit einem Rührwerk intensiv durchmischt. Die

Umesterung findet bei Raumtemperatur und atmosphärischem Druck statt. Im Absetztank (26) findet eine erste Trennung von Rapsmethylester und Glycerinphase 1 statt. Zwecks vollständiger Umesterung werden die vorherigen Schritte im Mischer (27) und Absetztank (Pos. 28 in Abb. 2 und 3 und Abb. 15) wiederholt. Die dabei gewonnene Glycerinphase 1 gelangt über Zwischenlager (30) in einen der erdverlegten Aussentanks.

Das RME muss noch von Wasser, Methanolresten, Seifen und Verunreinigungen befreit werden. Wasser und restliches Methanol entfernt der elektrisch beheizte Verdampfer (Pos. 29 in Abb. 2 und 3 und Abb. 16). Das Destillat gelangt als Glycerinphase 2 über Tank (31) in den Lagertank (21). Der Mischer (32) vermischt das RME mit Holzmehl. Die vorhandenen Seifen lagern sich an die Holzpartikel an. Im nachfolgenden Filter (33) entsteht der fertige Biodiesel. Der Filtrückstand gelangt über Tank (34) als Glycerinphase 2 zum Lagertank (21).

Das fertige RME in Tank (35) gelangt nach der Endkontrolle in einen der erdverlegten Aussentanks. Es ist nun zur Verwendung als Dieseltreibstoff bereit.

## Ergebnisse

Wenn man als Systemgrenzen die Annahmegasse für Rapssaat und den Zapfhahn der Tankstelle betrachtet, so verbraucht die Anlage für den gesamten Verarbeitungsprozess pro Liter RME nur 0,242 kWh (0,871 MJ) elektrischer Energie (Tab. 1). Bei einem Energieinhalt von 9,2 kWh (33,1 MJ)

pro Liter RME ist dieser Verbrauch von 0,25 kWh (0,9 MJ) für ein Liter RME nur 2,7% des Heizwertes des Produktes. Die Anlage arbeitet mit einem sehr guten mechanischen Wirkungsgrad von 97,3%. Bei dieser Betrachtung muss ausdrücklich betont werden, dass sowohl vorgelagerte Prozesse, wie Rapsanbau, Anlageherstellung und so weiter wie auch nachfolgende Vorgänge wie Transporte und so weiter nicht in Betracht gezogen werden. Der errechnete Anlagenwirkungsgrad von  $\eta = 1 - 0,25/9,2 = 0,973$  beschreibt ausschliesslich die bei der Verarbeitung der Rapssaat zu RME verbrauchte Energie im Verhältnis zum Energieinhalt des RME.

Gemäss Tabelle 2 verarbeitete die Anlage im Beobachtungszeitraum 4853 Tonnen Rapssaat zu 3013 Tonnen Rapskuchen und zu 1589 Tonnen Biodiesel (bei einer Dichte von 882,5 g/l sind das 1,801 Millionen Liter). Zur Produktion wurden 248 Tonnen Methanol, 25,4 Tonnen Kalilauge und 4052 Kubikmeter Wasser benötigt. Als Begleitprodukt entstanden 445 Tonnen Glycerinphase, wovon 265 Tonnen zum Verkauf bestimmte Phase 1. Pro Stunde verarbeitet die Anlage 850 kg Rapssaat zu 528 kg Rapskuchen und 278 kg (entspricht 315 l) Biodiesel. Eine umfassende Beurteilung von RME als nachwachsender Rohstoff enthalten der Schlussbericht des Projektes »Beurteilung nachwachsender Roh-



Abb. 16. Verdampfer.

stoffe in der Schweiz» [3] und die FAT-Schriftenreihe Nr. 46 [4].

Eine Gesamtbeurteilung wird mit mehreren Indikatoren beschrieben. RME fällt bezüglich Ausschöpfung der Energieressourcen günstig aus, die absolute Energiebilanz allein ist positiv. Bei anderen Indikatoren, wie beispielsweise Treibhauseffekt, Versauerung, Toxizität usw., hängt die Beurteilung wesentlich vom Vergleichsszenario ab und fällt nur bei Wasser- und Bodentoxizität wegen der Schwermetall- und Pestizidrückstände eindeutig negativ aus. Gesamthaft zeigt sich für die Umweltwirkungen ein sehr unterschiedliches Bild. Eine bewertende Beurteilung der Umweltwirkungen ist in erster Linie eine gesellschaftliche

Frage, die nicht allein auf wissenschaftlicher Ebene entschieden werden kann [5].

Um die Qualität des produzierten Biodiesel sicherzustellen, wurden am 14. August 1996 und am 24. Januar 1997 Treibstoffproben an der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) Dübendorf analysiert. Dabei wurde festgestellt, dass beide Proben weitgehend den in der ÖNORM C 1190 und der Vornorm DIN V 51 606 beschriebenen Anforderungen entsprechen und für den Betrieb von modernen Dieselmotoren geeignet sind (Tab. 3). Speziell erwähnt werden soll der sich an der Nachweisgrenze befindende Restmethanolgehalt und der niedrige Ge-

samtglyceringehalt. Beide Parameter zeigen eine einwandfreie Umesterung. Die Filtrierbarkeitsgrenze (CFPP) von minus 13 bis minus 15 °C zeigt die beschränkte Wintertauglichkeit von RME, was jedoch in den chemischen Eigenschaften begründet ist.

Das aus der Buchhaltung von Eco Energie Etoy erhobene finanzielle Ergebnis während der Beobachtungsperiode von zehn Monaten ist ausgeglichen (Tab. 4). Die Betriebsweise ist so organisiert, dass die Rapssaatlieferanten Mitglieder der Genossenschaft sind. Rapssaat, Rapskuchen und RME bleiben immer im Besitz der einzelnen Genossenschafter. Die Rapslieferanten bezahlen der Genossenschaft die Verarbeitungskosten. Das Betriebsdefizit wird durch diese Zahlungen nahezu ausgeglichen.

Bei voller Kostendeckung kommt die Herstellung von einem Liter RME auf Fr. 0.54 zu stehen, davon betragen die variablen Kosten Fr. 0.20. Der Fixkostenanteil von 63% widerspiegelt die hohen Investitionskosten. Es ist daher wichtig, die Anlage mit voller Kapazität zu betreiben. Die hohen Investitionskosten resultieren teilweise aus einer vollautomatischen, computergesteuerten Anlage, deren Betrieb ziemlich komfortabel ist und wenig manuelle Eingriffe erfordert. Es zeigt sich, dass der im Prinzip einfache chemische Prozess der Umesterung, in grossem Massstab und rationell betrieben, doch ziemlich aufwendig ist und umfangreiche und teure Installationen voraussetzt. Hier liegt noch ein Potential für künftige Rationalisierungen.

Ein Vergleich mit der Verwendung von Industrieraps zur Herstellung von Schmierölen (Tab. 5) fällt für den Landwirt zu Ungunsten von RME aus. Die Umesterungskosten von Fr. 0.20 pro kg Raps beziehungsweise Fr. 0.54 pro l Biodiesel sind noch zu hoch. Eine bessere Auslastung der Anlage kann hier Abhilfe schaffen. Schon bei einer Senkung auf Fr. 0.17 statt Fr. 0.20 pro kg verarbeiteter Raps ist eine gleiche Situation wie bei der Schmierölerstellung erreicht.

Tabelle 1. Technische Daten der Anlage

Nr.	Grösse	Dimension	10 Monate	pro 1000 l RME	pro l Raps
1	Produktionsdaten für zehn Monate				
2	Rapssaat	kg	4'853'000	2'695	1'000
3	Biodiesel RME	l	1'801'000	1'000	371
4	Rapskuchen	kg	3'013'000	1'673	621
5	Glycerinphase 1	kg	265'000	147	55
6	Glycerinphase 2	l	180'000	100	37
7	Aufwände in zehn Monaten				
8	Arbeitsaufwand (zwei Personen)	h	3'356	1.9	0.7
9	Maschinenlaufstunden	h	5'710	3.2	1.2
10	Max. elektrische Spitzenleistung	kW	86	0.0	0.0
11	Einschaltgrad maximal	%	44		
12	Elektrische Energie	kWh	436'280	242.2	89.9
13	Wasser	m <sup>3</sup>	4'052	2.2	0.8
14	Methanol	kg	248'000	137.7	51.1
15	Kalttauge	kg	25'400	14.1	5.2
16	Anlagen-Daten				
17	Installierte elektrische Leistung	kW	195		
18	Maschinen und Anlagen, Masse	t	123		
19	Fläche Ölgewinnung	m <sup>2</sup>	408		
20	Volumen Ölgewinnung	m <sup>3</sup>	1'497		
21	Fläche Umesterung	m <sup>2</sup>	109		
22	Volumen Umesterung	m <sup>3</sup>	546		
23	Fläche Büros und Labor	m <sup>2</sup>	100		
24	Volumen Büros und Labor	m <sup>3</sup>	300		
25	Fläche KOH-Lager	m <sup>2</sup>	100		
26	Volumen KOH-Lager	m <sup>3</sup>	200		
27	Fläche überdachtes Lager	m <sup>2</sup>	204		
28	Volumen überdachtes Lager	m <sup>3</sup>	1'224		
29	Fläche Rapsannahme	m <sup>2</sup>	54		
30	Volumen Rapsannahme	m <sup>3</sup>	324		
31	Fläche Kuchenverlad	m <sup>2</sup>	55		
32	Volumen Kuchenverlad	m <sup>3</sup>	331		
33	Gebäude Grundfläche Total	m <sup>2</sup>	1030		
34	Gebäude Volumen Total	m <sup>3</sup>	4'422		
35	Lagertank RME	m <sup>3</sup>	220		
36	Lagertank Glycerinphase 1	m <sup>3</sup>	75		
37	Lagertank Glycerinphase 2	m <sup>3</sup>	30		
38	Lagertank Methanol	m <sup>3</sup>	35		

Tabelle 2. Stoff-Flüsse der Umesterung

Ölgewinnung und Umesterung	Betriebsstunden in zehn Mon 5710		
	%	t pro zehn Monate	kg/h
Raps	100.0%	4'853	849.9
Kuchen	62.1%	3'013	527.7
Reinöl	37.9%	1'840	322.2
Reinöl	100.0%	1'840	322.2
Methanol	13.5%	248	43.4
Kallilauge	1.4%	25	4.4
Wasser	220.2%	4'052	709.6
<b>Total</b>	<b>335.1%</b>	<b>6'165</b>	<b>1079.8</b>
Reinöl	100.0%	1'840	322.2
RME	86.4%	1'589	278.4
Glycerinphase	24.2%	445	77.9
Glycerinphase	100.0%	445	77.9
Glycerinphase 1	59.6%	265	46.4
Glycerinphase 2	40.4%	180	31.5

Tabelle 5. Vergleich Schmieröl- mit Treibstoffherstellung

	Fr./kg Fr./l	Fr.
Variante A:		
Verkauft 1 ha Industrieraps 3000 kg	0.35 *)	1050
Variante B:		
Urmestern von 1 ha Industrieraps 3000 kg	0.20	-600
RME (32,7 %) 1113 l	0.57 *)1	634
Krafftutter (62,1 %) 1863 kg	0.50 *)	932
<b>Total</b>		<b>966</b>

\*) Werte aus Literatur [3], Seite 154

1) Preis pro Liter RME errechnet sich aus dem Dieselsäquivalenzpreis: Dieselpreis (grosse Menge franko Hof) minus Rückerstattung (Durchschnitt der CH-Gesamtzahlen Umrechnungsfaktor (für gleiche Leistung wird mehr RME als Diesel verbraucht)).

Tabelle 3. Norm- und Analysenwerte des produzierten RME

Eigenschaft	Einheit	Grenzwerte nach ÖNORM C 1100			Grenzwerte nach DIN V 51 606			Analysewerte aus Etov	
		Min.	Max.	Prüfverfahren	Min.	Max.	Prüfverfahren	14.06.1995	24.01.1997
Dichte bei 15°C	g/ml	0.890	0.900	DIN 51757	0.875	0.900	ASTM D 4052	0.8925	0.8926
Kinematische Viskosität bei 20/40°C	mm <sup>2</sup> /s	6.5	8.0	20°C / ISO 3104 & 2199	3.5	5.0	40°C / ISO 3104	4.43	4.42
Flammpunkt	°C	55		ÖNORM C 1122	100		ISO 2719	169	131
Filtrierbarkeit / Kälteverhalten CFFP	°C		-8	ÖNORM EN 116			DIN EN 116	-13	-15
15.04. bis 30.09.	°C					0			
01.10. bis 15.11.	°C					-10			
16.11. bis 28.02.	°C					-20			
01.03. bis 14.04.	°C					-10			
Schwefelgehalt	% Masse		0.02	ÖNORM EN 41		0.01	ISO 6754	0.019	0.015
Kokrückstand nach Conradson	% Masse		0.1	DIN 51551		0.3 **	EN ISO 10370	0.5	0.9
Zündwilligkeit (Cetanzahl)		48		ISO 5165	49		ISO 5165	50.4	48.7
Sulfatreste / Asche	% Masse		0.02	ÖNORM C 1134		0.01	EN ISO 6245	0.001	0.004
Wassergehalt	mg/kg			*		300	ASTM D 1744	560	340
Gesamtschwefel	mg/kg			*		20	DIN 51419	9	54
Korrosionswirkung auf Kupfer				*		1	ISO 2160	1	1
Oxydationsstabilität (VA, D, SA, TDP)		angeben		*	angeben		IP 306		
Neutralisationszahl	mg KOH/g		1.0	ÖNORM C 1146		0.5	DIN 51558 Teil 1	<0.03	<0.03
Methanolgehalt	% Masse		0.3	Gas-Chromatograph		0.3	*	<0.1	<0.1
Monoglyceride	% Masse			*		0.8	*		
Diglyceride	% Masse			*		0.1	*		
Triglyceride	% Masse			*		0.1	*		
Freies Glycerin	% Masse		0.03	Enzymatisch Best.		0.02	*	0.008	0.008
Gesamtglycerin	% Masse		0.25	Enzymatisch Best.		0.25	*	0.171	0.179
Jodzahl	g Jod/100 g			*		115	DIN 53241 Teil 1		
Phosphorgehalt	mg/kg			*		10	ICP	<0.5	1

\* ist noch zu normen \*\* Vom 10 vol.-%igen Destillationsrückstand nach Destillation unter vermindertem Druck bei 1,33 Pa (= 1,33\*10<sup>-2</sup> mbar)

Tabelle 4. Ökonomische Daten aus dem Betrieb von Anfang November 1996 bis Ende Juni 1997

Nr.	Allgemeine Angaben		IST-Werte 1996/1997
1	Wert der Gebäude (Neuwert, inkl. Land)	Fr.	1'260'000
2	Wert der Tanks (Neuwert, inkl. Montage)	Fr.	365'000
3	Wert der Umesterungsanlage (Neuwert)	Fr.	2'415'000
4	Personalbestand	Anz.	2
5	Maschinenlaufzeit	h	5'710
6	Umsatz in t Raps	t	4'853
7	Umsatz in l RME	l	1'801'000
8	Umsatz in t Kuchen	t	3'013
9	Umsatz in t Glycerinphase 1	t	265
10	<b>Betriebsertrag</b>		
11	Ertrag aus Glycerinphasen-Verkauf	Fr.	19'720
12	Ertrag aus Transporten	Fr.	228'085
13	<b>Betriebsertrag</b>		<b>245'815</b>
14	<b>Variable Kosten</b>		
15	Lagerung (Miete)	Fr.	248'165
16	Transporte Raps	Fr.	63'542
17	Transporte RME	Fr.	72'040
18	Elektrischer Strom	Fr.	81'148
19	Wasser	Fr.	2'836
20	Methanol	Fr.	99'200
21	Kalifauge	Fr.	28'700
22	Analysen und Chemikalien	Fr.	4'000
23	Abwasser	Fr.	1'260
24	Unterhalt und Reparaturen Maschinen	Fr.	5'500
25	<b>Total variable Kosten</b>	Fr.	<b>606'391</b>
26	<b>Fixe Kosten</b>		
27	Löhne inkl. Sozialleistungen u. Spesen	Fr.	130'000
28	Kalkulatorische Abschr. auf Maschinen	Fr.	278'000
29	Kalkulatorische Abschr. auf Liegenschaften	Fr.	50'400
30	Kalkulatorische Abschr. auf Gründungskosten	Fr.	5'000
31	Kalkulatorische Zinsen auf Umlaufvermögen	Fr.	55'000
32	Kalkulatorische Zinsen auf Anlagevermögen	Fr.	42'550
33	Versicherungen	Fr.	4'750
34	Diverse Verwaltungskosten	Fr.	40'000
35	<b>Total fixe Kosten</b>	Fr.	<b>605'700</b>
36	<b>Total Kosten</b>	Fr.	<b>1'212'091</b>
37	<b>Betriebsergebnis</b>	Fr.	<b>-966'276</b>
38	<b>Erlös aus Umesterung</b>	Fr.	<b>965'350</b>
39	Produktionskosten 1996/1997		Vollkosten
40	Verarbeitung von 1 kg Raps kostet* :	Fr./kg	0.20
41	Produktion von 1 l RME kostet* :	Fr./l	0.54
	*] Nicht kumulieren		
42	Produktionskosten 1996/1997		Grenzkosten
43	Verarbeitung von 1 kg Raps kostet* :	Fr./kg	0.07
44	Produktion von 1 l RME kostet* :	Fr./l	0.20
	*] Nicht kumulieren		

## Literatur

- [1] Wolfensberger U., Stadler E., Schiess I., 1993. Rapsmethylester als Treibstoff für Dieselmotoren. FAT-Bericht 427, Tänikon.
- [2] Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG und Novamont SpA, 1992. Produktion von Raps-Methyl-Ester in der Schweiz. Vorstudie zuhanden der Bundesämter für Energiewirtschaft und Landwirtschaft.
- [3] Wolfensberger U., Dinkel F., 1997. Beurteilung nachwachsender Rohstoffe in der Schweiz in den Jahren 1993–1996. Vergleichende Betrachtungen von Produkten aus ausgewählten nachwachsenden Rohstoffen und entsprechenden konventionellen Produkten bezüglich Umweltwirkungen und Wirtschaftlichkeit. Im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft.
- [4] Gaillard G., Crettaz P., Hausheer J., 1997. Umweltinventar der landwirtschaftlichen Inputs im Pflanzenbau. FAT-Schriftenreihe Nr. 46. FAT Tänikon
- [5] Gaillard G., 1997. Ökobilanz der Biodieselproduktion, Vortrag, gehalten an der Informationstagung Landtechnik, 14.–16.10.1997, FAT Tänikon.