

# Energetische Einordnung von AME

**Altfettmethylester (AME) liegt in der Energiebilanz erheblich günstiger als Rapsöl und RME und ist konkurrenzfähig gegenüber Dieselkraftstoff. Auch die Ökobilanz ist positiv, so daß letztlich der aktuelle Marktpreis für technisches Fett für den Einsatz entscheidend sein wird. Im Rahmen der angestrebten Kreislaufwirtschaft bietet sich eine Lösung an, bei der das Sammel- und Entsorgungsunternehmen die Reinigung, Aufbereitung und Umesterung von Altfetten vor Ort vornimmt und der gewonnene Kraftstoff im direkten Umfeld eingesetzt wird.**

**B**iokraftstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen (NR) werden derzeit als Alternative zu den herkömmlichen fossilen Energieträgern viel diskutiert. Pflanzenöl als flüssiger Kraftstoff wird aus entsprechenden Pflanzenteilen, vorwiegend durch physikalische Verfahren, gewonnen. Es ist durch eine chemische Behandlung (Umestern) als Pflanzenölmethylester (PME), beispielsweise Rapsölmethylester (RME) einsetzbar.

Im ökologischen Kontext stellt die Energiebilanz, neben den allgemeinen Auswirkungen auf die Umwelt, ein wichtiges Kriterium dar. Vergleicht man im Rahmen einer solchen Bilanz die im Herstellungsprozeß verbrauchte Energie mit dem Energiegehalt des Endproduktes, kommt der Zuordnung von Energieanteilen an die im Prozeß ebenfalls entstehenden Kuppelprodukte wesentlich Bedeutung zu. Eine Aufteilung des Energieaufwandes während der Herstellung nach Energieanteilen an alle im Prozeß entstandenen Produkte im technisch/energetischen Sinne würde die Aussagekraft einer solchen Bilanz jedoch mindern. Deshalb sollte die aktuelle Wertigkeit der einzelnen Produkte ausschlaggebenden Charakter bei der Zuordnung der Energieanteile haben, so daß einem zur Zeit nicht absetzbaren Kuppelprodukt nicht nur keine im Prozeß anfallende Energie zugeordnet werden kann, sondern die mit dem Entsorgungsaufwand verbundene Energie dem gewünschten Endprodukt angelastet werden muß.

*Msc. Ananta A. Anggraini ist Doktorandin, Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Krause Leiter und Dr. Hans-Peter Löhrlin Akademischer Oberrat im FG Agrartechnik des Fachbereiches Landwirtschaft der Gesamthochschule Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen.*

## Grundlage der Berechnung der Energiebilanz

Grundlage für die energetische Analyse ist die eindeutige Definition der jeweiligen Systemgrenzen. Die Bilanzgrenze erstreckt sich von der Produktion in der Landwirtschaft bis zu Bereitstellung des Endproduktes, analog zu den Rohölvorkommen in der Erde bis zum Kraftstoff an der Tankstelle.

## Energieaufwand

Der Energieaufwand für die Produktion der Energieträger als energetisch relevante Vorleistung variiert mit der Zugänglichkeit der Vorkommen und deren Ertragsfähigkeit sowie der Größe der Produktionsanlage. Die Aufwendungen in jeder Prozeßstufe teilen sich in den direkten prozeßspezifischen Material- und Energieeinsatz und in den indirekten Aufwand [6]. Hinsichtlich der Aufwendungen sind im Bereich der Landwirtschaft folgende Energieformen zu unterscheiden [7] :

- Sonnenenergie als kostenlose Energiequelle für die Photosynthese
- lebendige oder metabolische Energie in Form von Muskelkraft sowie in Form von Saat- und Pflanzgut
- direkte technische Energie aus Kraft- und Brennstoffen sowie Elektrizität
- indirekte Energie in Form von technischen Produktionsmitteln wie Maschinen, Mineraldüngern, Pflanzenschutzmitteln, Hilfsmittel oder Gebäuden

Neben den obengenannten Energieformen sind auch Wasser und Boden sowie Klimafaktoren als Aufwendungen anzusehen, werden jedoch energetisch nicht veranschlagt. Wasser ist dann zu berücksichtigen, wenn es technisch, wie bei künstlicher Bewässerung, zur Verfügung gestellt wird [7]. Zusammenfassend sind folgende Input-Parameter in der Regel nicht Bestandteil der energetischen Bilanzierung [6] :

Tab. 1: Energieinput und -output bei der AME-Herstellung pro kg Altfett

Table 1: Energy input and output of AME production per kg of used fat

Arbeitsgang	Energieinput (GJ)		Hauptprodukt	Menge (dt)	Energie (GJ)	Output Nebenprodukt		Verwendung	Energie (GJ)	Energiebilanz
	je Schritt	kumulativ				Menge (dt)	Verwendung			
Sammlung und Transport	2,06	2,06	Altfett	1,0	-	-	-	-	-	-
Aufarbeitung	0,14	2,20	tech. Altfett	0,88	32,53	Schmutz & Ölverlust	0,12	-	-	14,79
Umesterung und Transport	3,41	5,61	AME	0,83	30,79	Glycerin	0,10	Brennstoff n.v.	1,81	5,81
									-	5,49

Quelle: [3], eigene Berechnung; n.v.: nicht verwertet

- Menschliche Arbeit, etwa Maschinenbeschickung von Hand
- Metabolische Energie, etwa Nährwert von Lebensmitteln
- Umweltenergie, etwa Beheizung durch passive Solarenergienutzung
- Luft, zum Beispiel Verbrennungsluft
- Boden, zum Beispiel Flächenbedarf für Anlagen, Gebäude
- Wasser

## Energieinhalte der Produkte

Zur Beurteilung der Energie im Haupternteprodukt als Energieträger wird der Heizwert herangezogen. Aber entsprechend der Verwendung des Haupternteproduktes als Nahrungsmittel erfolgt die energetische Bewertung anhand des metabolischen Energieinhaltes, der auch als physiologischer Brennwert bezeichnet wird. Alle bei den Prozeßketten entstehenden Kuppelprodukte, die nicht als Zielprodukte anzusehen sind, werden energiefrei bewertet. Der mit ihnen verbundene Energieaufwand für die Entsorgung der Abfälle wird berücksichtigt und dem Gesamtprozeß angelastet [6].

Finden die Energieträger eine substitutionspotentiale Verwendung oder werden sie als Sekundärrohstoffe in einer neuen Prozeßkette verwendet, müssen ihre Energieäquivalente angerechnet werden. So erfolgt die Bestimmung der Energie in den Nebenprodukten, je nach Verwendungszweck, auf der Basis des Heizwertes, des Futterwertes oder des möglichen Ersatzes als Mineraldünger. Bei entsprechender Verwendung ist sowohl die Energie im erzeugten Energieträger als auch diejenige in den verbleibenden Reststoffen zu berücksichtigen [10].

## Energiebilanz des Altfölmethylesters AME

Die in der Gastronomie, der Lebensmittelindustrie und in Haushalten anfallenden Öle und Fette müssen entsorgt werden.

Verarbeitungsschritt	Energieeinsatz	
	% des Endproduktes	absolut (KJ/kg)
Exploration	0,8	341,64
Transport	7,1	3032,06
Überseetransport	2,9	1238,44
Raffinerie	5,0	2135,25
Transport zum Endverbraucher	2,4	1024,92
<b>Gesamtenergieaufwand</b>	<b>18,2</b>	<b>7772,31</b>

Table 2: Energy balance for producing and providing biodiesel

Aufgrund ihrer geänderten chemischen Zusammensetzung ist die Verwendung zur Herstellung von Mischfutter fragwürdig. So stellt sich die energetische Nutzung gebrauchter Öle und Fette als die sinnvollste Verwertungsmöglichkeit dar. Zur Realisierung dieses Konzeptes ist es erforderlich, die Altfette vor der Nutzung aufzubereiten. Der hierzu benötigte Energieaufwand soll bilanziert werden.

Das gebrauchte Fritierfett wird von einem (regionalen) Altfettensorger gesammelt und angeliefert. Die Aufbereitung des Altfettes besteht im wesentlichen aus der Grobreinigung, Entwässerung und Feinreinigung [5]. In einer zweiten Anlage erfolgt dann die Umesterung. Zum Umestern werden in der Regel Methanol und ein Katalysator verwendet, deren Energieaufwand ebenso zu berücksichtigen ist wie die Prozeßenergie.

Es wird angenommen, daß das bei der Umesterung entstehende Glycerin thermisch verwertet wird. In *Tabelle 1* ist die gesamte energetische Bewertung bei der Herstellung von AME dargestellt.

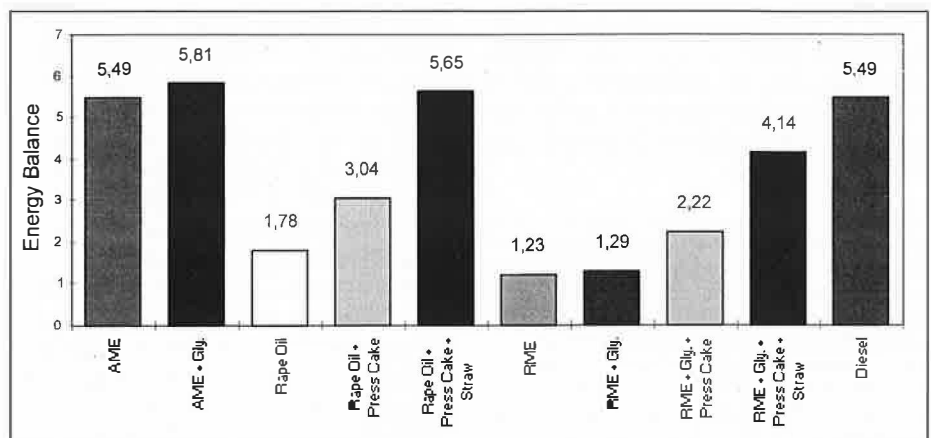
### Rapsöl und Rapsölmethylester (RME)

Raps wird in Deutschland überwiegend als Winterraps angebaut. Die Leistungsfähigkeit der Ölpflanzen ist sehr stark von dem Zustand des Bodens und den Anbauverfahren abhängig. Folglich schwanken Energieaufwand und der damit verbundene Energieertrag. Auch bei der Umesterung variieren Energieaufwand und Ertrag mit der Größe der Produktionsanlage und mit dem angewendeten Verfahren (*Tab. 2*). Daher wird für die folgenden Daten ein Mittelwert angegeben.

Die Gewinnung des Öls kann großtechnisch in der Ölmühle oder in kleintechnischen dezentralen Ölgewinnungsanlagen erfolgen. Beide Verfahren unterscheiden sich neben der Verarbeitungsmenge durch den Extraktionsprozeß, der in großtechnischen Verfahren durchgängig Anwendung findet. Um den Kraftstoff Rapsöl in herkömmlichen Dieselmotoren problemlos einsetzen zu können, ist eine Anpassung durch Umesterung erforderlich. Dieser Energieaufwand wird analog zu AME berücksichtigt.

Bild 1: Energiebilanzvergleich von AME zu anderen Kraftstoffen

Fig. 1: Energetical comparison of AME to other fuels



Tab 2: Energieeinsatz zur Gewinnung und Bereitstellung von DK [5]

Zur Bilanzierung werden nicht nur die Produktion und Weiterverarbeitung von Raps zum Kraftstoff, sondern auch die dabei entstehenden Nebenprodukte energiemäßig bewertet. Da diese Stoffe im klassischen Sinn keine Abfallprodukte, sondern substitutionspotentiale Wertstoffe darstellen, werden deren Energieäquivalent angerechnet.

### Energiebilanz fossiler Energieträger

Die Bereitstellung von fossilem Treibstoff bedingt Energieaufwendungen für Exploration, Förderung, Aufbereitung und den Transport des Rohöls von der Förderstätte zur Raffinerie, dessen 'Umwandlung' zu Kraftstoffen und den Transport zum Endverbraucher (*Tabelle 3*).

### Energiebilanzvergleich von AME mit anderen Kraftstoffen

Anhand der Prozeßkette und der berechneten Input-Outputenergie läßt sich beurteilen, inwieweit die AME-Produktion gegenüber RME und DK energetisch vorteilhaft bewertet werden kann. Für den landwirtschaftlichen Erzeugungsprozeß wird ein Aufwand von 19,53 GJ/ha oder 6,27 MJ/kg Rapsaat veranschlagt. Da das Altfett als Rohstoff für AME aus Lebensmittelabfällen stammt, muß es nicht, wie hekömmliche Biokraftstoffe, angebaut, geerntet und gewonnen werden. Dies begünstigt deutlich die Energiebilanz, die 5,49 beträgt. Die Energiebilanz für diese Produkte ist eindeutig positiv, es entsteht also ein Nettoenergiegewinn.

Bei der Verwendung von Rapsöl als Kraftstoff ist eine vollständige Raffination nicht unbedingt erforderlich. Wird das Rapsöl nur entschleimt und entsäuert oder teilraffiniert, steht dem Energieinput von insgesamt 24,43 MJ/kg Rapsöl (für

Erzeugung, Pressen und Teilraffinieren) ein Output mit Heizwert von 36,97 MJ/kg gegenüber. Das entspricht einem Output/Inputverhältnis von 1,78. Weiterer Energieaufwand ist zum Umestern erforderlich. Damit ergibt sich aus einem Gesamtenergieaufwand von 33,25 MJ/kg RME ein Output von 37,10 MJ/kg. Die Bilanz von 1,23 ist damit positiv, fällt aber nicht so günstig wie die Energiebilanz des Rapsöls und des AME aus.

Im Vergleich RME, AME und Dieselmotoren erweist sich die Energiebilanz für RME am ungünstigsten, für Dieselmotoren deutlich besser, aber am günstigsten für AME unter Berücksichtigung von Glycerin (*Bild 1*).

### Literatur

- [1] Batel, W., M. Graef, G. Mejer, F. Schroedder und G. Vellguth: Pflanzenöle für die Kraftstoff- und Energieversorgung. Grundle. Landtechnik 31 (1980), H. 4, S. 40-51
- [2] GET-UFOP: Biodiesel: Umweltauswirkungen, Wirtschaftlichkeit, Energiebilanz, 1995
- [3] Kanzler und Co.: Bratfett-Verarbeitung. Großalmerode, 1997
- [4] Kersting, R. und van der Putten, N.: Entsorgung von Altfetten in Hessen: Situation, Handlungsbedarf. Hessische Landesanstalt für Umwelt. Heft 222, 1996
- [5] Scharmer, K. und G. Golbs: Biodiesel: Energie- und Umweltbilanz Rapsölmethylester. UFOP, 1997
- [6] VDI-Richtlinie 4600: Kumulierter Energieaufwand - Begriffe, Definitionen, Berechnungsmethoden. Entwurf, Berlin, 1995
- [7] Zweier, K.: Energetische Beurteilung von Verfahren und Systemen in der Landwirtschaft der Tropen und Subtropen - Grundlagen und Anwendungsbeispiele. Dissertation, Universität Göttingen, 1985

### Schlüsselwörter

Altfett/Altöl, Biokraftstoff, Altfettmethylester, Rapsöl, Rapsölmethylester, Energiebilanz, Energieerzeugung

### Keywords

Used vegetable oil, biofuel, biodiesel, energy balance, energy production