



Direkte energetische Verwertung von Altspeisefett

Ing. Christian Callegari

Für die energetische Verwertung von Altspeisefett stehen prinzipiell drei Lösungsansätze zur Verfügung:

- **als Treibstoff in Form von Biodiesel**
- **als Brennstoff für die Verfeuerung**
- **als Kraftstoff in unveresterter Form für Dieselmotoren**

Nachfolgend soll der direkte Kraftstoffeinsatz von aufbereitetem Altspeisefett in stationären Dieselmotoren beschrieben werden und die technischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen aufgezeigt werden.

Die ersten Versuche

Im Jahre 1897 fand die offizielle Abnahme des ersten betriebsfähigen Dieselmotors der Welt statt. Seine Leistung betrug rund 20 PS, sein Wirkungsgrad lag bei 26 % und damit doppelt so hoch wie der der damaligen Dampfmaschinen. Der deutsche Ingenieur Rudolf Diesel hat damit den Grundstein für eine Motorentechnologie gelegt, deren Weiterentwicklung und Siegeszug bis in die heutige Zeit andauert.

Schon bei den ersten Versuchen für den neuen Motor stellte sich heraus, dass das verwendete Benzin wegen der fünf- bis achtmal höheren Verdichtung ungeeignet war. Als Alternative wurde Lampenpetroleum herangezogen aber es gab auch Überlegungen und Versuche für den Einsatz pflanzlicher Öle.



Die Weiterentwicklung

Schnell haben die damaligen Maschinenbauunternehmen wie MAN, Krupp, Saurer, usw. die Bedeutung von Diesels Idee erkannt und mit der Weiterentwicklung begonnen. Der Dieselmotor wurde anfangs in stationären Anlagen, bald aber auch als Schiffsantrieb eingesetzt. Der schnell laufende Dieselmotor für Straßenfahrzeuge entstand in den 20er Jahren. Heute ist der Dieselmotor die am häufigsten eingesetzte Verbrennungskraftmaschine für nahezu alle Anwendungsbereiche (PKW, LKW, Lokomotiven, Schiffen, Kraftwerke). Der Leistungsbereich geht dabei von wenigen Kilowatt bis zu 100.000 Kilowatt.

Bei der weiteren Entwicklung steht heute die Umweltverträglichkeit im Vordergrund. Kraftstoffverbrauch (Resourcenschonung) und Schadstoffemissionen weiter zu senken ist die Herausforderung der Zukunft. Ein Merkmal ist dem Dieselmotor jedoch über all die Jahre der Entwicklung geblieben: der höchste Wirkungsgrad aller Verbrennungskraftmaschinen.

Speziell aus dem Bereich des Schiffbaues kamen Forderungen an die Maschinenbauer, Motor für den Einsatz von Kraftstoffen schlechter Qualität zu konstruieren. Genau in diesem Bereich erscheint ein möglicher Anknüpfungspunkt auch für den Einsatz von gebrauchtem und aufbereitetem Speisefett zu bestehen.

Technische Anforderungen

An den Kraftstoff:

Gebrauchte Speisefette bestehen aus einem Gemisch von verschiedenen Ölen und Fetten, welche hauptsächlich durch den Gebrauch in der Küche mit diversen Brat- und Frittierrückständen versetzt sind. Für derartige Altfette gibt es keine Qualitätsnorm um sie eindeutig klassifizieren zu können. Man ist daher auf verschiedene Vergleiche zu diversen Pflanzenölen und die Bestimmung einiger chemischer Parameter angewiesen um deren Tauglichkeit für den Einsatz in einem Verbrennungsmotor einigermaßen beurteilen zu können.



Eigenschaften/ Inhaltsstoffe	Einheiten	Grenzwerte für Rapsöl		aufbereitetes Altspeisefett	Prüfverfahren
		min.	max.	Messwerte	
Dichte (15 °C)	kg/m ³	900	930	925	DIN EN ISO 3675, 12185
Flammpunkt nach P.-M.	°C	220		237	DIN EN 22719
Heizwert Hu	kJ/kg	35000		37462	DIN 51900-3
Kinematische Viskosität (40 °C)	mm ² /s		38	44,96	DIN EN ISO 3104
Koksrückstand	Masse -%		0,40		DIN EN ISO 10370
Iodzahl	g/100g	100	120	37	DIN 53241-1
Schwefelzahl	mg/kg		20	11	ASTM D5453-93
Gesamtverschmutzung	mg/kg		25	23,5	DIN EN 12662
Neutralisationszahl	mg KOH/g		2,0	1,85	DIN EN ISO 660
Freie Fettsäuren (FFA)	%			1,7	
Oxidationsstabilität (110 °C)	h	5,0			ISO 6886
Phosphorgehalt	mg/kg		15	< 5	ASTM D3231-99
Aschegehalt	Masse -%		0,01	0,003	DIN EN ISO 6245
Wassergehalt	Masse -%		0,075	0,265	pr EN ISO 12937

Quelle: Landtechnik Weihenstephan und AWW Hall in Tirol - Fritzens

Motorentaugliches Altspeisefett muss im Wesentlichen den vorstehenden Qualitätsparametern entsprechen. Insbesondere sind der Wassergehalt, die Gesamtverschmutzung und der Gehalt an freien Fettsäuren von entscheidender Bedeutung. Mit den derzeit gängigsten Aufbereitungstechnologien (statische Dekantierung oder zentrifugieren) für gebrauchte Speisefette ist die Produktion eines Kraftstoffes konstanter Qualität durchaus möglich. Eine entsprechende Qualitätskontrolle im Bereich der Sammlung und Aufbereitung ist dabei unbedingt erforderlich.

an den Motor:

Für die Verwendung von aufbereitetem Altspeisefett als Kraftstoff ist es erforderlich, die Verbrennungstechnik des Dieselmotors an die Eigenschaften des Altspeisefettes anzupassen bzw. Motoren auszuwählen welche auf Grund ihrer Konstruktionsmerkmale für die Verbrennung derartiger Kraftstoffe am besten geeignet sind. Das im Vergleich zu Dieselkraftstoff kompliziertere und verzweigte Fettmolekül benötigt eine bessere Zerstäubung bei der Einspritzung, höhere



Verbrennungstemperaturen sowie einen größeren Brennraum mit möglichst guter Vermischung von Kraftstoff und Verbrennungsluft. Auch soll für den Verbrennungsvorgang genügend Zeit zur Verfügung stehen.

Für Altspeisefett sind daher großvolumige und langsam laufende Dieselmotoren wie sie z.B. als Schiffshaupt und –hilfsantriebe Verwendung finden. Von namhaften Herstellern wird eine Kolbengeschwindigkeit von ca. 7,5 m/s empfohlen.

Eine weitere Voraussetzung ist die genaue Einhaltung einer vorgegebenen Viskosität des Kraftstoffes. Dies erfordert eine geregelte Kraftstoffwärmerung im Zulauf zu den Einspritzpumpen.

Emissionsverhalten:

Die Abgaswerte eines Dieselmotors enthalten rund 3.900 mg/Nm³ NO_x, 150 mg/Nm³ CO und ca. 150 mg/Nm³ Ruß/ Staub jeweils bezogen auf 5 % Restsauerstoffgehalt gemäß TA - Luft. Um den jeweils geltenden Abgasvorschriften entsprechen zu können ist in jedem Fall ein Katalysator vorzusehen. Speziell in stark belasteten Gebieten sind zusätzliche Kriterien des Immissionsschutzes zu beachten. Der derzeit gültige Grenzwert von 60 µg NO₂/m³ wird 2012 auf 30 µg NO₂/m³ verschärft. Im Vergleich dazu wird bereits jetzt an 8 von 11 Messstellen im Tiroler Unterland der neue Grenzwert überschritten.

Als Ökoanlagenbetreibern sollte es daher selbstverständlich sein die Abgassituation nach dem heutigen Stand der Technik zu bemessen. NO_x – Werte im Bereich von 80 bis 100 mg/Nm³ sind mit einem SCR - Katalysator und Harnstoffeindüsung durchaus realisierbar.

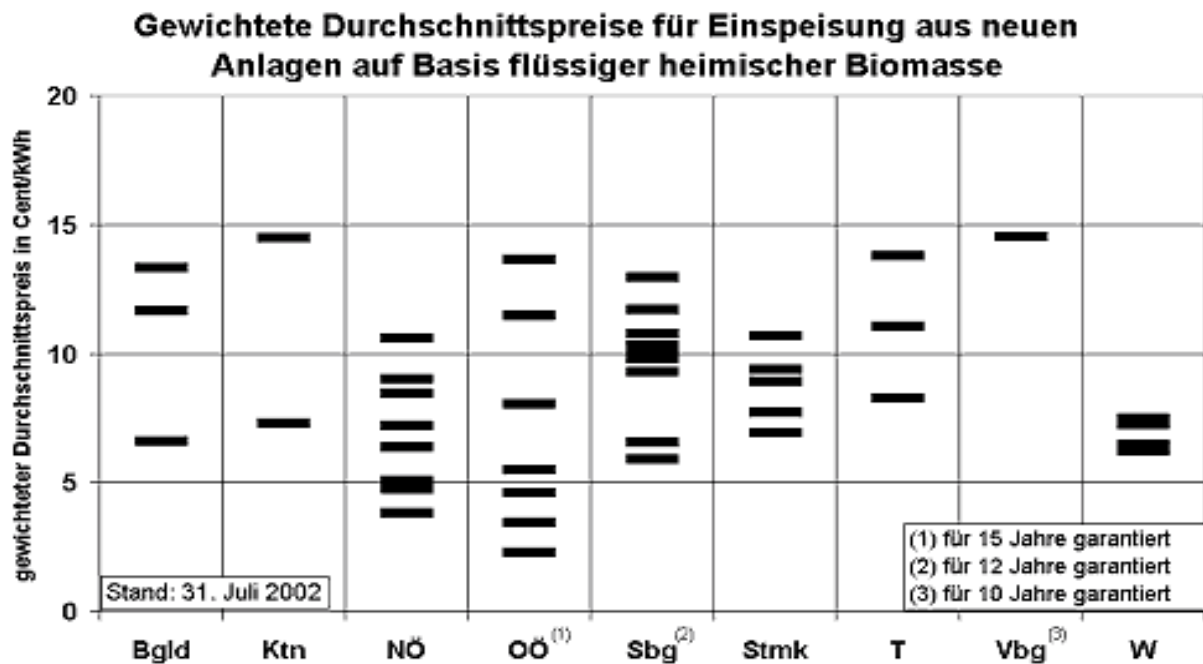
Rechtliche Rahmenbedingungen

Bereits im Jahre 1997 wurde von der europäischen Kommission das das Weißbuch ENERGIE FÜR DIE ZUKUNFT. ERNEUERBARE ENERGIETRÄGER“ erarbeitet. Darauf aufbauend und unter Einbeziehung diverser Klimaschutzstrategien (Kyoto –



Protokoll) wurde die Richtlinie 2001/77/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt erlassen.

In Österreich fanden die erneuerbaren Energien im Elektrizitätswirtschafts- und – organisationsgesetz 1998 bzw. 2000 ihre Berücksichtigung. Dabei wurde nicht nur eine Abnahme- und Vergütungsverpflichtung für Ökoenergie festgeschrieben sondern auch die Art der erneuerbaren Energieträger definiert welche für die Erzeugung von Ökoenergie herangezogen werden können. Die Länder wurden ermächtigt Einspeisetarife festzulegen wobei die Preisfestsetzung sich an den Gesteungskosten zu orientieren hatte aber zu sehr unterschiedlichen Regelungen führte.



Quelle: Energieverwertungsagentur

Mit dem neuen Ökostromgesetz BGBl I 149/2002 wurden weitere Definitionen und Bestimmungen zur Anerkennung von Anlagen auf Basis erneuerbarer Energieträger festgeschrieben. Auch eine weitere Abnahme- und Vergütungsverpflichtung ist vorgesehen wobei jedoch ab 01.01.2003 die Tarifgestaltung in Bundeskompetenz

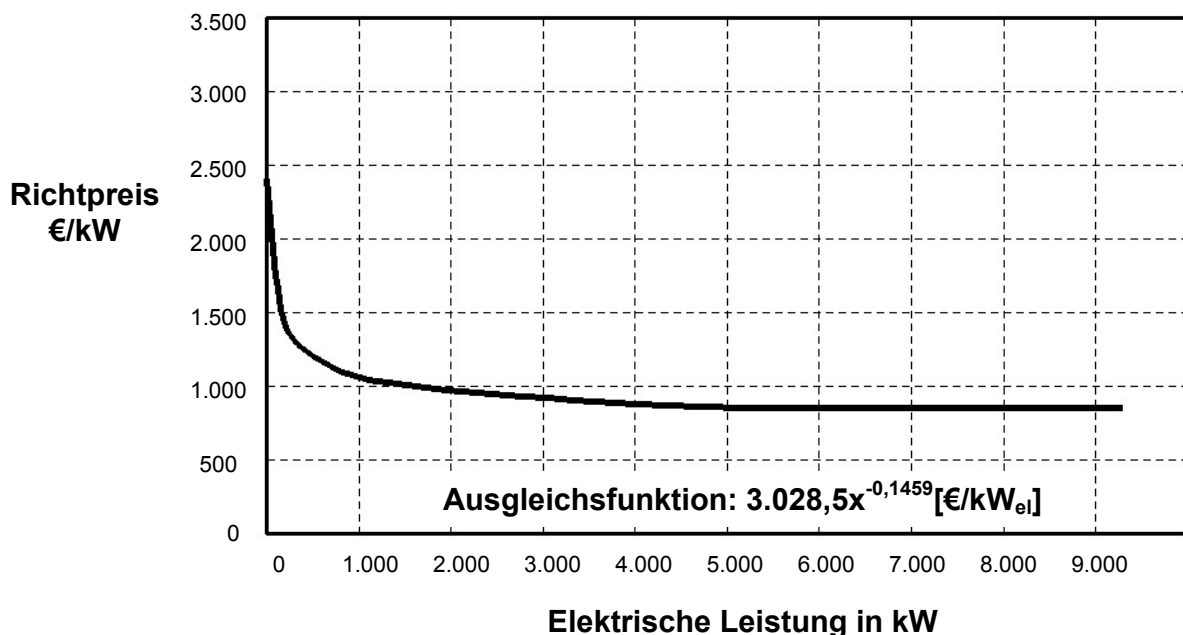


übergeht. Um eine entsprechende Investitionssicherheit für bestehende und neue Anlagen gewährleisten zu können haben die Tarife eine Geltungsdauer von 10 Jahren.

Altspeisefett ist nach diesen gesetzlichen Regeln als erneuerbarer Energieträger eingestuft und wird dem Bereich der flüssigen Biomasse zugeordnet. Entsprechende Tarifvorschläge im Bereich von ca. 10 Cent/kWh finden sich sowohl im gemeinsamen Ländervorschlag als auch im Gutachten der E - Control GmbH.

Wirtschaftliche Aspekte


Da sich die Anzahl der in Betrieb befindlichen BHKW – Module, welche mit Altspeisefett betrieben werden auf eine sehr geringe Anzahl beschränkt, ist die Aussagekraft hinsichtlich der zu erwartenden Investitionskosten beschränkt. Es wird daher auf die Richtpreiserhebung der *Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE)* für Pflanzenöl – BHKW auf Basis des Jahres 2001 verwiesen.





Deutlich erkennbar ist in der vorstehenden Grafik, dass im Leistungsbereich bis 1.000 kW die spezifischen Investitionskosten sehr hoch liegen. Technisch notwendige Maßnahmen wie z.B. beheizbare Tanks, Kraftstoffvorheizung und Katalysatoren wirken sich kostenmäßig bei kleineren Aggregaten unverhältnismäßig stark aus und fallen bei einer Maschinengröße über 1 MW bei weitem weniger ins Gewicht.

Eine Betriebskostenbetrachtung wurde am Beispiel einer Anlage mit industrieller Abwärmenutzung und folgenden Auslegungsdaten erstellt sowie die entsprechende Kostenverteilung berechnet:

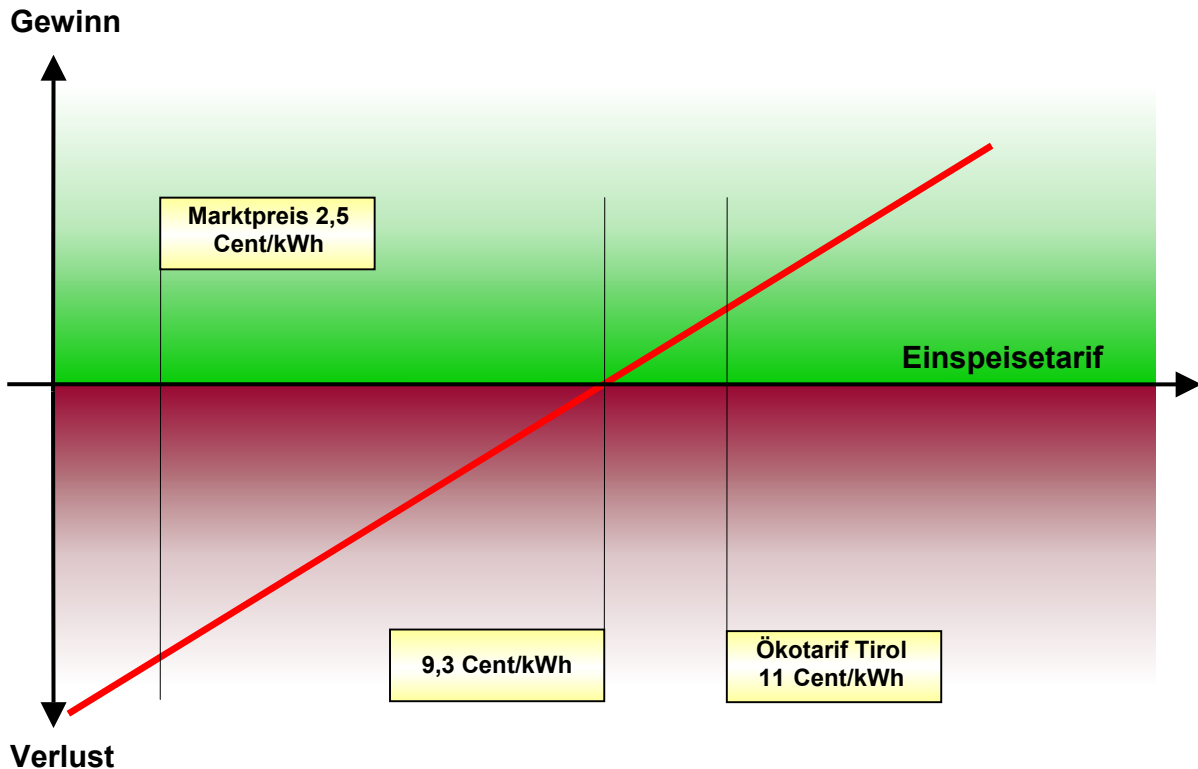
Leistung	ca. 1.000 kW_{el}		
Nutzungsdauer	15 Jahre		
Zinssatz	6 %		
Betriebsstunden	7.500 pro Jahr		
Wärmenutzung	10 €/MWh		
		Kostenverteilung	
		Kostenart	Anteil
		Brennstoff	60 %
		Investition	23 %
		Betrieb + Wartung	17 %

Die zu erzielenden Erlöse resultieren einerseits aus dem Ökostromverkauf (Abnahme- und Vergütungspflicht) und andererseits aus dem Absatz der erzeugten Wärme. Das Verhältnis dieser beiden Energieströme ist ca. 1:1. Auf Grund der gesetzlich vorgegebenen Einspeisestromtarife ergeben sich rund 90 % der Erlöse aus dem Ökostromverkauf und lediglich 10 % werden durch den Wärmeverkauf erwirtschaftet.

Einzig und allein der Ökostromtarif, welcher um mehr als das vierfache über dem derzeitigen Marktpreis für elektrische Energie (ca. 2,5 Cent/kWh) liegt ermöglicht es, dass derartige Anlagen im Bereich einer angemessenen Rentabilität arbeiten können. Gleichzeitig besteht darin auch ein gewisses Risiko gegenüber Änderungen in der gesetzlichen Lage. Der Mindesteinspeisetarif für eine unter guten wirtschaftlichen Gesichtspunkten geführten Anlage liegt bei 9,3 Cent/kWh. Aus der



nachfolgenden Sensitivitätsanalyse ist deutlich der große Abstand zwischen Marktpreis und Break-Even in Bezug auf den Einspeisetarif erkennbar.



Quelle: AWW Hall in Tirol - Fritzens

Einsatzvarianten

Fahrzeugbereich

Der Einsatz von aufbereitetem Altspeisefett als Treibstoff für Straßenfahrzeuge (PKW, LKW) erscheint aus heutiger Sicht als technisch nicht ausgereift und kann daher in keiner Weise empfohlen werden. Zu vielfältig sind die Probleme in Bezug auf das Treibstoffhandling (beheizte Tanks, Wintertauglichkeit, usw.). Die wenigen in diesem Bereich angebotenen Lösungsansätze kommen über einen Bastlerstatus nicht hinaus und deren Funktionstauglichkeit ist generell kritisch zu hinterfragen. Die Elsbeth - Technologie für den Einsatz von (frischen) Pflanzenölen kommt diesem Einsatzfall noch am nächsten.



Inselversorgungsanlagen

Speziell in alpinen Extremlagen (Schutzhütten) wurde aus Umweltschutzgründen vielfach an die Abkehr von fossilem Diesel als Kraftstoff für kleine bis mittlere Blockheizkraftwerke gedacht. Rapsöl oder Biodiesel werden als Alternativen oft genannt. Der notwendige technische Aufwand für den Einsatz von aufbereitetem Altspeisefett erscheint auch in diesem Zusammenhang als nicht gerechtfertigt, zumal die teilweise schnell laufenden Maschinen zusätzlich Betriebsprobleme aufwerfen.

Stationäre Blockheizkraftwerke

Der Einsatz von regenerativen Brennstoffen (z.B. Rapsöl) in Kraft – Wärme – Kopplungsanlagen wird bereits mehrfach mit Erfolg betrieben und stellt eine kosteneffiziente Maßnahme zum Klimaschutz, insbesondere zur CO₂-Reduktion dar. Die technische Realisierbarkeit für den Einsatz von aufbereitetem Altspeisefett ist durchaus gegeben. Unter Berücksichtigung der gegenüber herkömmlichen Blockheizkraftwerken notwendigen Zusatzaufwendungen erscheint eine sinnvolle Anlagengröße erst ab ca. 800 – 1.000 kW_{el} gegeben. Ab dieser Leistungsklasse kann nicht nur mit deutlich günstigeren spezifischen Kosten gerechnet werden sondern es sind auch elektrische Wirkungsgrade von knapp über 40 % zu erzielen.

Geeignete Fabrikate sind langsam laufende Dieselmotoren welche als absolute Dauerläufer eingesetzt werden. Diese Aggregate eignen sich in keiner Weise für eine Spitzenlastregelung und häufige Anfahr- und Abstellvorgänge sind zu vermeiden. Als Einsatzorte kommen größere Fernheizwerke oder industrielle Anwendungen in Frage. Insbesondere bei Heizwerken ist zu beachten, dass die thermische Leistung des BHKW bei max 10 % der gesamten installierten Wärmeleistung liegt, um auch im Sommerbetrieb einen Wärmeabsatz sicherstellen zu können.

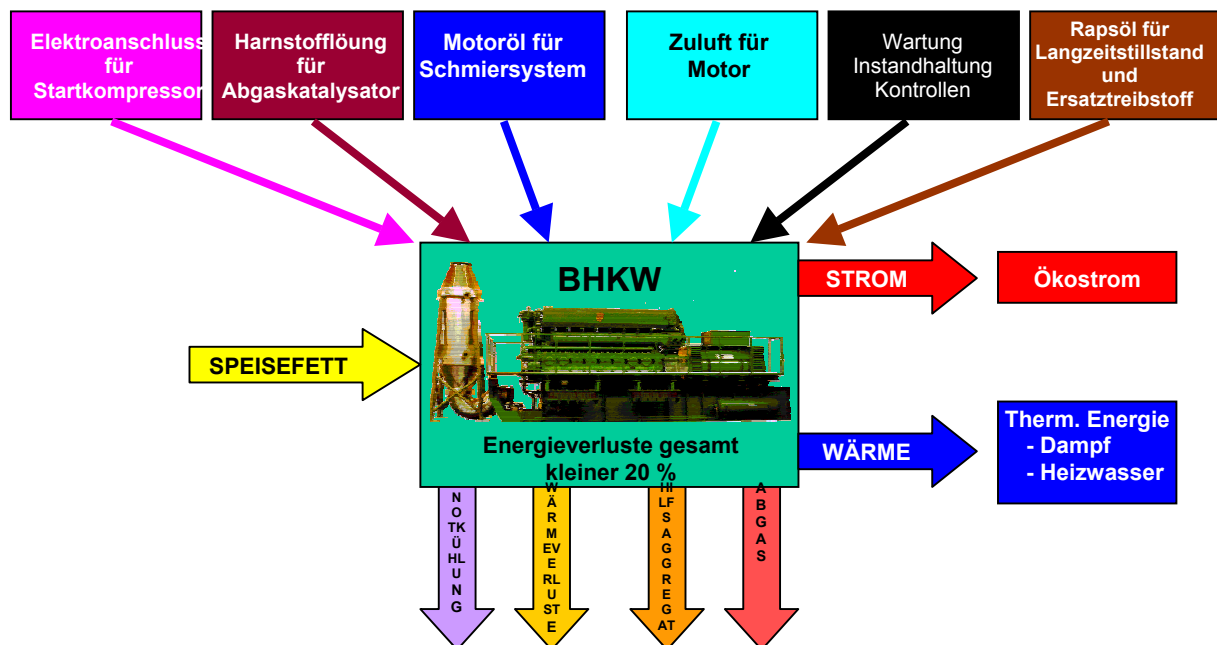
Im industriellen Bereich ist der Wärmebedarf für Produktionsanlagen durchwegs konstanter und unterliegt geringeren Sommer/Winter – Schwankungen. Blockheizkraftwerke lassen aber auch Sonderlösungen wie beispielsweise die Produktion von



Sattdampf (140 °C, 4 bar) zu oder es werden die heißen Abgase (300 – 350 °C) direkt in einen Trockner oder Luft/Luft – Wärmetauscher geführt.

Aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht sollte stets darauf geachtet werden, dass eine möglichst gute Ausnutzung der produzierten Wärme gewährleistet ist, auch wenn die Wirtschaftlichkeit praktisch ausschließlich durch den Ökostromtarif bestimmt wird. Alles andere würde dem Grundgedanken der Kraft – Wärme – Kopplung widersprechen.

Blockschema für ein Altspeisefett BHKW:



Das Schema unterscheidet sich geringfügig von herkömmlichen dieselbetriebenen BHKW's. Zu beachten ist insbesondere die Viskosität von Altspeisefett und das erforderliche Freispülen der Kraftstoffleitungen vor einem längeren Stillstand.



Praxisbeispiele

Fa. Hans Adler OHG

Ort	Bonndorf im Schwarzwald (D)
Branche	Fleisch- und Wurstwaren
Motorhersteller, Ausrüster	Anglo Belgian Corporation n.v., Gent KSW Energie- und Umwelttechnik, Bonn
Fabrikat	DZC 6 und DZC 8
Anlagendaten	837 bzw. 1.116 kW _{el} und Dampf- erzeugung für den internen Produktionsbereich SCR/OXI – Katalysator
Kraftstoff	aufbereitetes Altspeisefett
Inbetriebnahme	Dezember 2002



Foto: ABC Diesel, Gent



Fa. Mann Energie

Ort	Langenbach im Westerwald (D)
Branche	Entsorgung
Motorhersteller	MAN B & W; Holeby (DK)
Fabrikat	9L 16/24 mit 770 kW _{el}
Anlagendaten	700 kW _{el} und Einspeisung von thermischer Energie in Nahwärmenetz SCR/OXI – Katalysator
Kraftstoff	aufbereitetes Altspeisefett
Inbetriebnahme	Juni 2001



Fotos: Mann Energie, Langenbach (D)



Fa. Dabringer SRL

Ort	Feldthurns (Südtirol)
Branche	Altfett- und Tierkörpersammlung
Leistungsdaten	3 x 350 kW _{el} und Warmwasser für betriebliche Nutzung und Nahwärmenetz kein Katalysator
Kraftstoff	aufbereitetes Altspeisefett
Inbetriebnahme	Jänner 2001

Zusammenfassung

Die direkte energetische Verwertung von Altspeisefett in Blockheizkraftwerken ist bei entsprechender Motorauswahl technisch umsetzbar. Das größte Augenmerk ist jedoch auf die Qualitätssicherung bei der Sammlung und Aufbereitung der gebrauchten Speisefette zu legen. Nur einwandfreier Kraftstoff gewährleistet einen störungsfreien Betrieb. Aus heutiger Sicht kann über das Ökostromgesetz und den dazugehörigen Einspeiseverordnungen auch eine angemessene Wirtschaftlichkeit erzielt werden.

Literatur

- (1) E.V.A., Energieverwertungsagentur, Wien: **Einspeisungen elektrischer Energie aus erneuerbaren Energieträgern in das öffentliche Netz**, Aug. 2002
- (2) Falk, Sutor, Wiegand, Technische Universität München: **Altspeisefette – Aufkommen und Verwertung**, Apr. 2001
- (3) ASUE, Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V., Kaiserslautern: **BHKW – Kenndaten 2001**
- (4) Technische Universität München – Landtechnik Weihenstephan: **Erhebung des technischen Standes bei pflanzenölbetriebenen Blockheizkraftwerken im Alpengebiet**, März 2001
- (5) Technische Universität München – Landtechnik Weihenstephan: **Betriebs- und Emissionsverhalten von Pflanzenöl – BHKW**