

BLOCKHEIZKRAFTWERKE AUF PFLANZENÖLBASIS

Heinrich Prankl
Kurt Krammer
Hubert Janetschek
Thomas Roitmeier

Heft Nr. 46 / Oktober 2005



Impressum

Dipl.-Ing. Heinrich Prankl

Ing. Kurt Krammer

Mag. (FH) Thomas Roitmeier

HBLuFA Francisco Josephinum
BLT Biomass – Logistics – Technology

Dipl.-Ing. Hubert Janetschek

Bundesanstalt für Agrarwirtschaft

Als Manuskript gedruckt und herausgegeben von



Oktober 2005

ISBN 3-902451-01-7

Abschlussbericht zum Forschungsprojekt BLT 012951 „Blockheizkraftwerke auf Pflanzenölbasis“

Der Nachdruck, die Entnahme von Abbildungen, die photomechanische oder xerographische Vervielfältigung und auch die auszugsweise Wiedergabe sind nur unter Quellenangabe gestattet.

Mit dem Agrarrechtsänderungsgesetz 2004 (BGBl. Nr 83/2004) wurden die Höhere landwirtschaftliche Bundeslehranstalt Francisco-Josephinum in Wieselburg und die Bundesanstalt für Landtechnik in Wieselburg mit 1. Jänner 2005 zur „**Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Landtechnik und Lebensmitteltechnologie Francisco Josephinum in Wieselburg**“ zusammengeführt. Die Kurzbezeichnung „BLT“ steht für den F & E Bereich **Biomass – Logistics – Technology** der HBLuFA Wieselburg. Der Aufgaben- und Wirkungsbereich hat sich gegenüber der ehemaligen Bundesanstalt für Landtechnik (BLT) nicht verändert.

Rottenhauser Straße 1
A 3250 Wieselburg
AUSTRIA

Tel.: +43 7416 52175-0
Fax: +43 7416 52175-45
E-Mail: blt@josephinum.at

Liste aller bisherigen Forschungsberichte der BLT Wieselburg:
<http://www.blт.bmlfuw.gv.at/vero/Veroeff-Forschungsberichte.htm>

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	ZIELSETZUNG	1
3	ARBEITSPROGRAMM	1
4	PFLANZENÖL ALS KRAFTSTOFF	3
4.1	Allgemeines	3
4.2	Eigenschaften und technische Anforderungen.....	3
4.3	Pflanzenölproduktion in Österreich	7
5	STAND DER TECHNIK VON PFLANZENÖL-BLOCKHEIZKRAFTWERKEN	7
5.1	Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung	7
5.2	Aufbau eines Pflanzenöl BHKW.....	7
5.3	Beschreibung der Komponenten.....	7
5.3.1	Verbrennungsmotor	7
5.3.2	Generator.....	7
5.3.3	Wärmetauscher.....	7
5.3.4	Kraftstofflagerung und Kraftstoffsystem	7
5.3.5	Abgassystem.....	7
5.3.6	Emissionsminderung	7
5.3.7	Steuerung.....	7
5.3.8	Betriebsarten.....	7
6	GESETZLICHE REGELUNGEN	7
6.1	Netzeinspeisung	7
6.1.1	Europäische Rechtsvorschriften.....	7
6.1.2	Nationale Rechtsvorschriften	7
6.2	Genehmigungsverfahren.....	7
6.2.1	Errichtungs- und Betriebsbewilligungen	7
6.2.2	Anerkennungsverfahren nach dem Ökostromgesetz	7
6.3	Luftreinhaltung	7
6.3.1	Luftreinhalteverordnung für Kesselanlagen.....	7
6.3.2	Vorarlberger Luftreinhalteverordnung	7
6.3.3	BMWA-Arbeitskreis „Stationärmotoren“	7
6.3.4	Immissionsschutzgesetz - Luft	7
6.3.5	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (Deutschland).....	7
6.3.6	Schweizer Luftreinhalte-Verordnung	7
7	PRÜFSTAND FÜR BLOCKHEIZKRAFTWERKE	7
8	UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE VON BLOCKHEIZKRAFTWERKEN	7
8.1	Untersuchung eines Klein-BHKW mit 4 kW elektrischer Leistung.....	7
8.1.1	Beschreibung der Anlage	7
8.1.2	Technische Daten (lt. Firmenunterlagen).....	7
8.1.3	Versuchsanordnung und Messgeräte	7
8.1.4	Versuchsdurchführung und Versuchsauswertung.....	7
8.1.5	Kraftstoffeigenschaften	7
8.1.6	Untersuchungsergebnisse	7
8.2	Untersuchung eines Klein-BHKW mit 6 kW elektrischer Leistung.....	7
8.2.1	Beschreibung der Anlage.....	7
8.2.2	Technische Daten (lt. Firmenunterlagen)	7
8.2.3	Versuchsanordnung und Versuchsdurchführung	7
8.2.4	Ergebnisse	7
8.3	Untersuchung eines Klein-BHKW mit 8 kW elektrischer Leistung.....	7
8.3.1	Beschreibung der Anlage.....	7

8.3.2	Technische Daten (lt. Firmenangaben)	7
8.3.3	Messergebnisse	7
8.4	Dauerlauf eines Klein-BHKW mit 6 kW elektrischer Leistung	7
8.4.1	Beschreibung der Anlage und technische Daten (lt. Herstellerangaben)	7
8.4.2	Messdatenerfassung	7
8.4.3	Versuchskraftstoff	7
8.4.4	Versuchsdurchführung	7
8.4.5	Ergebnisse	7
8.5	Blockheizkraftwerk im praktischen Betrieb	7
8.5.1	Einleitung	7
8.5.2	Beschreibung der Anlage	7
8.5.3	Technische Beschreibung der Anlage (lt. Firmenunterlagen)	7
8.5.4	Versuchsanordnung und Messgeräte	7
8.5.5	Versuchsdurchführung und Versuchsauswertung	7
8.5.6	Kraftstoffeigenschaften	7
8.5.7	Ergebnisse	7
9	WIRTSCHAFTLICHKEIT	7
9.1	Untersuchungsumfang und Methodik zur Ermittlung der Wärmegestehungskosten	7
9.1.1	Untersuchungsumfang	7
9.1.2	Methodik und wirtschaftliche Randbedingungen	7
9.1.3	Modellfälle	7
9.2	Allgemeine Ansätze zur Ermittlung der Kosten und der Erlöse	7
9.2.1	Kapitalgebundene Kosten	7
9.2.2	Verbrauchsgebundene Kosten	7
9.2.3	Betriebsgebundene Kosten	7
9.2.4	Erlöse und Gutschriften	7
9.3	Berechnung der Wirtschaftlichkeit	7
9.3.1	Berechnung der Wärmebereitstellungskosten	7
9.3.2	Exkurs: Markt für Rapssaat und Rapsöl	7
9.3.3	Variation der Brennstoffkosten und Einspeisetarife	7
9.4	Zusammenfassung	7
10	HERSTELLER VON PFLANZENÖL-BLOCKHEIZKRAFTWERKEN	7
10.1	Situation Österreich	7
10.2	Situation Deutschland	7
10.3	Recherche	7
10.3.1	Motorenwerke Bremerhaven AG	7
10.3.2	ABL Energietechnik GmbH	7
10.3.3	BITOP – Energietechnik	7
10.3.4	EAW Energieanlagenbau GmbH	7
10.3.5	Elsbett Technologie GmbH	7
10.3.6	Henkelhausen	7
10.3.7	Koller und Hofmann GmbH	7
10.3.8	KSW Energie- und Umwelttechnik GmbH	7
10.3.9	KWS Maschinenfabrik GmbH	7
10.3.10	Konrad Weigel Energie Technik e.K.	7
10.3.11	NET	7
10.3.12	Oberdorfer Kraft-Wärme-Kopplung GmbH	7
10.3.13	SenerTec GmbH	7
10.3.14	ÖkoTec GmbH	7
10.3.15	VWP – Vereinigte Werkstätten für Pflanzenöltechnologie	7
11	ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG	7
12	LITERATUR UND LINKS	7
12.1	Verwendete Literatur	7
12.2	Weiterführende Links	7

13	DANKSAGUNG	7
14	ANHANG: ERGEBNISSE DER ABGASUNTERSUCHUNGEN	7
14.1	Detailergebnisse zur Untersuchung eines Klein-BHKW mit 4 kW _{el.} (Kapitel 8.1)	7
14.2	Detailergebnisse zur Untersuchung eines Klein-BHKW mit 6 kW _{el.} (Kapitel 8.2)	7
14.3	Detailergebnisse zur Untersuchung eines Klein-BHKW mit 8 kW _{el.} (Kapitel 8.3)	7
14.4	Detailergebnisse zum Dauerlauf eines Klein-BHKW mit 6 kW _{el.} (Kapitel 8.4)	7
14.5	Detailergebnisse zur Untersuchung eines BHKW im praktischen Betrieb (Kapitel 8.5)	7

1 EINLEITUNG

Die Preisentwicklung bei fossilen Kraftstoffen hat das Interesse der Konsumenten an erneuerbaren Energieträgern enorm verstärkt. Mit Biodiesel konnte in den letzten Jahren eine wertvolle und sogar kostengünstige Alternative geschaffen werden. Ausgehend von Deutschland kann aber auch ein steigendes Interesse an der Verwendung von reinen Pflanzenölen als Motorenkraftstoff beobachtet werden. Blockheizkraftwerke (BHKW) bieten den Vorteil einer hohen Energieausnutzung. Bis zu 90 % der eingesetzten Energie im Pflanzenöl werden in Wärme und Strom umgewandelt. Bei einem Blockheizkraftwerk kommt außerdem eine bewährte Technologie zum Einsatz, wodurch die Umsetzung erheblich vereinfacht wird. Durch die Förderung der Ökostromerzeugung wurden in den Jahren 2003/2004 günstige wirtschaftliche Rahmenbedingungen geschaffen.

Das Forschungsprojekt wurde angeregt, um Erfahrungen mit der Technologie zu sammeln und Informationen für Interessenten aufzubereiten.

2 ZIELSETZUNG

Ziel des Forschungsprojektes war es, technische und wirtschaftliche Erfahrungen bei der Verwendung von reinen Pflanzenölen in Blockheizkraftwerken unter österreichischen Rahmenbedingungen zu gewinnen und in Empfehlungen für die Praxis umzusetzen.

Das Projekt umfasste folgende Teilziele:

- Sammlung und Bereitstellung von Informationen über den Einsatz von Pflanzenöl in Blockheizkraftwerken;
- Errichtung eines Prüfstandes für Blockheizkraftwerke;
- Gewinnung von Erfahrungen beim Betrieb eines Blockheizkraftwerkes mit Pflanzenöl am Prüfstand und in der Praxis;
- Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von Blockheizkraftwerken mit Pflanzenöl unter österreichischen Bedingungen.

3 ARBEITSPROGRAMM

Das Arbeitsprogramm umfasste die Erarbeitung und Sammlung aller notwendigen Informationen, um Empfehlungen für die Errichtung von Blockheizkraftwerken geben zu können. Neben der reinen Informationsbeschaffung sollten vor allem aber auch Erfahrungen beim praktischen Betrieb gewonnen werden. Begleitende wirtschaftliche Untersuchungen sollten dazu beitragen, die Möglichkeiten der Umsetzung richtig einzuschätzen. Das Arbeitsprogramm teilt sich in vier Blöcke:

Informationen:

Im ersten Block wurden die bisherigen Erfahrungen mit Pflanzenöl-Blockheizkraftwerken ermittelt und bewertet. Dazu wurden einschlägige Firmen und Institute im In- und Ausland kontaktiert. Es wurden Informationen über die notwendige Kraftstoffqualität, über den Stand der Technik und über das Marktangebot gesammelt. Unter den Anbieterfirmen von pflanzenölbetriebenen Blockheizkraftwerken wurden Marktrecherchen durchgeführt. Die Beschreibung des Genehmigungsverfahrens und die Darstellung der Emissionsgrenzwerte sind ebenfalls Teil des Informationsblocks.

Untersuchung von Blockheizkraftwerken am Prüfstand:

Im zweiten Block wurden verschiedene Klein-BHKW am Prüfstand der BLT untersucht. Dabei wurden Leistungsmessungen (Kraftstoffverbrauch, elektrische und thermische Leistung) und

Emissionsmessungen durchgeführt. Ein Langzeitbetrieb einer Anlage diene zur Erstellung einer Energiebilanz und zur Gewinnung von Erfahrungen im Dauerlauf.

Betreuung eines Blockheizkraftwerkes im praktischen Betrieb:

Durch die Betreuung einer Anlage im praktischen Betrieb über einen längeren Zeitraum konnten technische und wirtschaftliche Erfahrungen gesammelt werden. Dabei wurden auch mehrere Emissionsmessungen durchgeführt.

Wirtschaftlichkeit:

Der vierte Block wurde von der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft ausgeführt. An Hand der gegebenen Rahmenbedingungen wurde die Wirtschaftlichkeit von Blockheizkraftwerken unter österreichischen Bedingungen ermittelt.

4 PFLANZENÖL ALS KRAFTSTOFF

4.1 Allgemeines

Die Verwendung von Pflanzenölen als Kraftstoff für Dieselmotoren hat bereits eine sehr lange Tradition. Bereits im Jahr 1973 wurde an der Bundesanstalt für Landtechnik mit der Suche nach einem alternativen Kraftstoff begonnen, der in erster Linie als Ersatz für fossilen Diesel in der Landwirtschaft dienen sollte. Die charakteristischen Eigenschaften von reinen Pflanzenölen (z.B. die hohe Viskosität) machten jedoch vorerst eine unmittelbare Verwendung in direkteinspritzenden Dieselmotoren unmöglich. Von den beiden möglichen Wegen, Anpassung des Motors an die Eigenschaften des Pflanzenöls oder Modifizierung des Öls zur Anpassung an den Motor, konzentrierte man sich auf den letzteren. Ab 1980 wurde die Verarbeitung von Rapsöl zu Biodiesel durch Umesterung in Betracht gezogen. In den Jahren 1987 bis 1990 wurde ein großes Pilotprojekt mit dem Ziel durchgeführt, Rapsölmethylester bis zur Marktreife zu entwickeln (WÖRGETTER, et.al. [64]).

Die direkte Verwendung von Pflanzenöl erfordert jedoch spezielle Maßnahmen im Motor. Durch die hohe Viskosität sind meist Veränderungen im Einspritzsystem notwendig. Auch lässt sich die Verbrennung in Vor- oder Wirbelkammermotoren einfacher darstellen, als in modernen direkteinspritzenden Dieselmotoren. Weiters entfällt auch der bei der Herstellung von Biodiesel notwendige Schritt der Umesterung. In stationären Anlagen besteht im Vergleich zum mobilen Einsatz der Vorteil, dass die Einsatzbedingungen meist konstant und vor allem sehr leicht zu kontrollieren sind. Die Motoren sind zwar eher gering belastet, müssen aber eine sehr hohe Standzeit aufweisen.

Aber auch mobile Anwendungen finden zunehmendes Interesse. So berichtet MAURER [30] über den Betrieb von Traktoren und Fahrzeugen mit auf Pflanzenöl umgerüsteten Dieselmotoren. Weiters wurde im Jahr 2000 in Deutschland ein Projekt „Praxiseinsatz neuer serienmäßiger rapsöлтаuglicher Traktoren“, besser bekannt unter dem Namen „100-Schlepper-Projekt“, begonnen (FNR [17]). Ziel des Projekts ist der Nachweis der ganzjährigen Praxistauglichkeit, Umweltverträglichkeit und Dauerfestigkeit von Traktoren, die mit reinem Rapsöl betrieben werden. In Österreich wurde ein Nachfolgeprojekt unter der Leitung der Fa. Agrar Plus in St. Pölten und unter technischer Betreuung der Bundesanstalt für Landtechnik und der TU Wien im Jahr 2003 gestartet (Agrar Plus [18], AMMERER [1]). In einer Vielzahl von Projekten und Veranstaltungen wird die Bedeutung von reinem Pflanzenöl als Kraftstoff für Motoren hervorgehoben, über Erfahrungen berichtet und Konzepte zur Umsetzung vorgestellt ([40], [62], [32], [36], [42]).

4.2 Eigenschaften und technische Anforderungen

Chemisch gesehen sind Pflanzenöle Triglyzeride, bestehend aus einem Glycerin-Molekül und drei langkettigen Fettsäuren. Die Eigenschaften der einzelnen Fettsäuren unterscheiden sich je nach Anzahl der Kohlenstoffatome (Kettenlänge) und Anzahl der Doppelbindungen. So steigt beispielsweise der Schmelzpunkt mit zunehmender Kettenlänge, sinkt jedoch stark mit steigender Zahl an Doppelbindungen. Ein hoher Gehalt an Palmitinsäure (C16:0) oder Stearinsäure (C18:0) wirkt sich daher ungünstig auf das Kälteverhalten des Kraftstoffes aus. Je höher der Grad der Ungesättigtheit, also je höher die Zahl der Doppelbindungen in einem Molekül, desto reaktionsfreudiger die Fettsäure. So ist ein hoher Gehalt an Linol- oder Linolensäure jedenfalls zu vermeiden. Als günstiger Kompromiss für motorische Anwendungen hat sich die Ölsäure (C18:1) herausgestellt. Diese ist im üblichen 00-Rapsöl zu etwa 60 % vorhanden (Bild 1). Die Züchtung bietet jedoch bereits Rapsöle und auch Sonnenblumenöle mit einem Gehalt von über 80 % Ölsäure an.

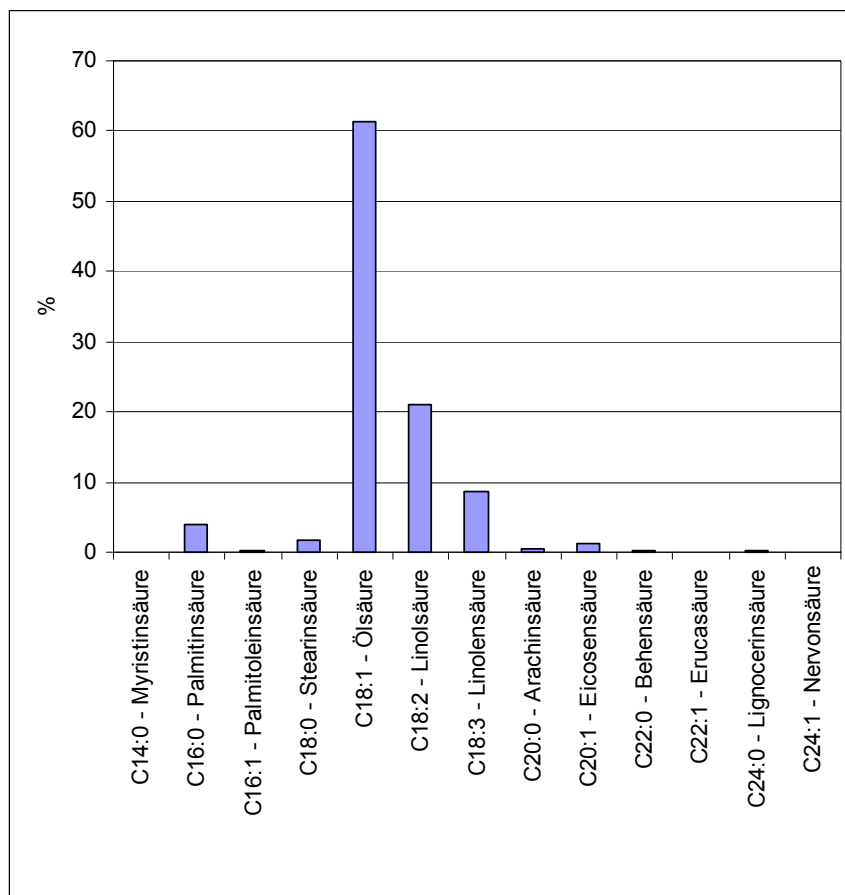


Bild 1: Ölsäuremuster typischer Rapsorten (Quelle: [43])

Für mitteleuropäische Verhältnisse erweist sich Rapsöl als die günstigste Kulturpflanze im Hinblick auf klimatische Anforderungen und Ertrag. In der folgenden Tabelle 1 werden die Eigenschaften von Rapsöl mit jenen von Rapsölmethylester (Biodiesel) und Dieselkraftstoff verglichen. Die größten Unterschiede zu Biodiesel bzw. Dieselkraftstoff sind vor allem in der Viskosität vorhanden.

Tabelle 1: Kraftstofftechnische Eigenschaften von Rapsöl, Rapsölmethylester und Dieselkraftstoff

Parameter	Einheit	Rapsöl	Rapsölmethylester	Diesel
Heizwert	MJ/kg	37,6	37,2	42,4
Dichte bei 20 °C	kg/dm ³	0,92	0,88	0,83
Viskosität bei 20 °C	mm ² /s	70	7,2	5
Flammpunkt	°C	>220	>100	>55
Cetanzahl	-	-	>49	>49

Die Festlegung der Qualität in einer Spezifikation bzw. in der Folge in Normen ist für die Verwendung als Kraftstoff von besonders hoher Bedeutung. Eine Norm ist die Schnittstelle zwischen Kraftstoffproduzenten und Motorherstellern und spielt vor allem bei Gewährleistungsfragen eine bedeutende Rolle. Die Festlegung der Qualitätsanforderungen in einer Norm erleichtert auch die Vermarktung des Kraftstoffes wesentlich (PRANKL, 1999 [38]).

Fossiler Dieselkraftstoff wurde in der EN 590 [58] spezifiziert und wird auch laufend den neuen Anforderungen der Motorentechnologie angepasst. Mit der EN 14214 [33] konnte eine einheitliche europäische Norm für Biodiesel erarbeitet werden. Für Rapsöl als Kraftstoff für Motoren hat sich eine

Arbeitsgruppe in Deutschland um Festlegung von Qualitätskriterien für die Verwendung als Kraftstoff bemüht (REMMELE [43], [45], [44]). Der Qualitätsstandard für Rapsöl als Kraftstoff des LTV-Arbeitskreises „Dezentrale Pflanzenölgewinnung“ in Weihenstephan wurde allgemein als Mindestanforderung akzeptiert [39]. Seit September 2003 ist eine Arbeitsgruppe im Deutschen Normungsinstitut (unter Beteiligung der BLT) damit befasst, den Qualitätsstandard in eine Norm überzuführen. Die Vornorm E DIN V 51605 für Rapsölkraftstoff wurde bereits vorgestellt.

Alle in Österreich angebotenen Kraftstoffe sind in der Kraftstoffverordnung [9] angeführt. Seit der letzten Novellierung im November 2004 sind darin auch die Spezifikationen für Pflanzenöl (nicht beschränkt auf Rapsöl) als Kraftstoff enthalten. Die Grenzwerte sind bis auf den Schwefelgehalt identisch mit dem Rapsöl-Qualitätsstandard.

Tabelle 2: Allgemeine Anforderungen an Rapsöl, Biodiesel und Dieselmkraftstoff

Parameter	Einheit	Rapsöl	Pflanzenöl	FAME	Dieselmkraftstoff	Prüfverfahren
	Standard	Rapsöl Qualitätsstandard	BGBI. II 417/2004	ÖNORM EN 14214	ÖNORM EN 590	
	Datum	Mai 2000	November 2004	Juli 2003	April 2004	
	Quelle	[39]	[9]	[33]	[34]	
Dichte (15 °C)	kg/m ³	900-930	900-930	860-900	820-845	ÖN EN ISO 3675, ÖN EN ISO 12185
Kinematische Viskosität (40 °C)	mm ² /s	≤ 38	≤ 38	3,50-5,00	2,00-4,50	ÖN EN ISO 3104
Flammpunkt	°C	≥ 220	≥ 220	≥ 120	> 55	ÖN EN ISO 2719, ÖN EN ISO 3679
Schwefelgehalt	mg/kg	≤ 20	≤ 10	≤ 10	350 / 50 10 (ab 2005)	ASTM D5453-03, ÖN EN ISO 20846, ÖN EN ISO 20884
Verkokungsrückstand (10 % Destillations-Rückstand)	%m/m	≤ 0,40	≤ 0,40	≤ 0,30	≤ 0,30	ÖN EN ISO 10370
Sulfatasche Oxidasche	%m/m	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,02	≤ 0,01	ÖN EN ISO 6245, ISO 3987
Wassergehalt	mg/kg Masse-%	≤ 750	≤ 0,075	≤ 500	≤ 200	ÖN EN ISO 12937
Gesamtverschmutzung	mg/kg	≤ 25	≤ 25	≤ 24	≤ 24	ÖN EN 12662

In Tabelle 2 sind jene Parameter angeführt, die in allen vier Kraftstoff-Spezifikationen bzw. Normen enthalten sind. Die Grenzwerte sind zum Teil sehr unterschiedlich. So ist beispielsweise der Grenzwert der Dichte, Viskosität aber auch Flammpunkt und Wassergehalt beim reinen Rapsöl deutlich höher als bei Biodiesel und Dieselmkraftstoff. Tabelle 3 beinhaltet spezifische Anforderungen, die zum Teil nur in einer Qualitätsnorm enthalten sind.

Tabelle 3: Spezifische Anforderungen an Rapsöl, Biodiesel und Dieselmotorkraftstoff

Parameter	Einheit	Rapsöl	Pflanzenöl	FAME	Dieselmotorkraftstoff	Prüfverfahren
	Standard	Rapsöl Qualitätsstandard	BGBl. II 417/2004	ÖNORM EN 14214	ÖNORM EN 590	
	Datum	Mai 2000	November 2004	Juli 2003	April 2004	
	Quelle	[39]	[9]	[33]	[34]	
Korrosionswirkung auf Kupfer (3 h bei 50 °C)				1	1	EN ISO 2160
Cetanzahl	-			≥ 51,0	≥ 51,0	EN ISO 5165
Cetanindex					≥ 46,0	EN ISO 4264
Polycycl. aromatische Kohlenwasserstoffe	% m/m				≤ 11	EN 12916
Säurezahl / Neutralisationszahl	mgKOH/g	≤ 2,0	≤ 2,0	≤ 0,50		ISO 6886 EN 14104
Oxidationsstabilität (110°C)	h g/cm ³	≥ 5,0	≥ 5,0	≥ 6,0	≤ 25	EN 14112 EN ISO 12205
Lubricity, korrigierter wsd 1,4 bei 60 °C	µm				≤ 460	EN ISO 12156-1
Destillation % v/v bei 250 °C % v/v bei 350 °C 95 % v/v bei ... °C	% v/v % v/v °C				< 65 ≥ 85 ≤ 360	EN ISO 3405
Fettsäure-Methylestergehalt (FAME)	% (v/v)				≤ 5	EN 14078
Estergehalt	% m/m			≥ 96,5		prEN 14103
Methanolgehalt	% m/m			≤ 0,20		EN 14110
Monoglyzeridgehalt	% m/m			≤ 0,80		EN 14105
Diglyzeridgehalt	% m/m			≤ 0,20		EN 14105
Triglyzeridgehalt	% m/m			≤ 0,20		EN 14105
Freies Glycerin	% m/m			≤ 0,020		EN 14105 EN 14106
Gesamtglyzerin	% m/m			≤ 0,25		EN 14105
Jodzahl	grJ/100g	100-120	100-120	≤ 120		DIN 53241-1 EN 14111
Linolensäure-Methylester	% m/m			≤ 12,0		EN 14103
Gehalt an Fettsäuremethylester mit ≥4 Doppelb.	%m/m			≤ 1		
Phosphorgehalt	mg/kg	≤ 15	≤ 15	≤ 10,0		ASTM D3231 EN 14107
Alkalimetalle (Na + K)	mg/kg			≤ 5,0		EN 14108 EN 14109
Alkalimetalle (Ca + P)	mg/kg			≤ 5,0		prEN 14538
Heizwert	MJ/kg	≥ 35	≥ 35	-		DIN 51900-3

4.3 Pflanzenölproduktion in Österreich

In Österreich stehen insgesamt etwa 1,4 Mio. ha Ackerland zur Verfügung. Davon wurden im Jahr 2002 etwa 55.000 ha, im Jahr 2003 nur mehr 43.400 ha für die Produktion von Winterraps genutzt. Lediglich die Erntemenge von etwa 10.000 ha wurde für die Produktion von Industrieraps verwendet (Tabelle 4). Der Vergleich mit der gesamten Brachefläche zeigt, dass noch ein großes Potenzial für die Industrierapsproduktion verfügbar ist.

Tabelle 4: Ölsaatenanbau in Österreich (Quelle: Grüner Bericht 2004 [13])

Ölsaaten		1980	1990	2000	2001	2002	2003
Ackerland gesamt	ha	1,487.598	1,406.394	1,381.996	1,379.955	1,378.983	1,379.833
Winterraps	ha	3.941	40.844	51.334	55.811	55.038	43.370
Davon Industrieraps	ha	-	-	6.105	8.675	9.794	-
Sommerraps und Rübsen	ha	-	-	428	287	345	665
Ölsonnenblumen	ha	291	23.336	22.336	20.329	21.381	25.748
Brachefläche	ha	14.522	20.541	110.806	107.881	106.019	-
Erträge Winterraps zur Ölgewinnung	t/ha	-	2,49	2,43	2,62	2,33	1,77

Mit 1,8 t/ha lagen die Erträge im Jahr 2003 deutlich unter den Durchschnittswerten der Vorjahre. Bei einem Ölgehalt von etwa 42 % kann mit einem Ölertrag von grob 1000 l/ha gerechnet werden.

RATHBAUER gibt in [41] einen Überblick über Anlagen zur Produktion von Pflanzenöl in Österreich. Demnach wird Pflanzenöl in größeren (industriellen) Anlagen, in bäuerlichen Genossenschaften und in bäuerlichen Einzelanlagen erzeugt. Die größte Anlage steht in Bruck/Leitha mit einer Jahreskapazität von ca. 250.000 t/a. Es werden Raps und Sonnenblumen verarbeitet. Eine weitere Anlage in Aschach besitzt eine Kapazität von 40.000 t/a. In beiden industriellen Anlagen wird Vollraffinat zu Speiseöl verarbeitet. Genossenschaftliche Produktionsanlagen stehen u. a. in Asperhofen (NÖ), Mureck (Stmk.), Güssing (Bgl.), Starrein (NÖ), Neuhofen (NÖ), Kautzen (NÖ), Oberwaltenreith (NÖ) und Mining (OÖ). Diese Anlagen produzieren meist Rapsöl, auch für die Weiterverarbeitung zu Biodiesel.

5 STAND DER TECHNIK VON PFLANZENÖL-BLOCKHEIZKRAFTWERKEN

5.1 Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung

Ein Blockheizkraftwerk besteht aus einem Verbrennungsmotor, der einen Generator antreibt und damit Strom erzeugt. Die Abwärme des Motors wird mit Hilfe eines Wärmetauschers ausgekoppelt und kann in eine Heizanlage eingebunden werden (Bild 2). Mit diesem Prinzip der so genannten „Kraft-Wärme-Kopplung“ können sehr hohe Gesamtwirkungsgrade erreicht werden. Durch den Dieselmotor und den Generator können ca. 25 - 30 % der im Pflanzenöl enthaltenen Energie in elektrischen Strom umgewandelt werden. 60 % der Primärenergie stehen als Wärme zur Verfügung, 10 - 15 % gehen ungenützt verloren (Bild 3). Im Vergleich zur getrennten Erzeugung von Wärme und Strom kann damit erheblich Primärenergie eingespart werden.

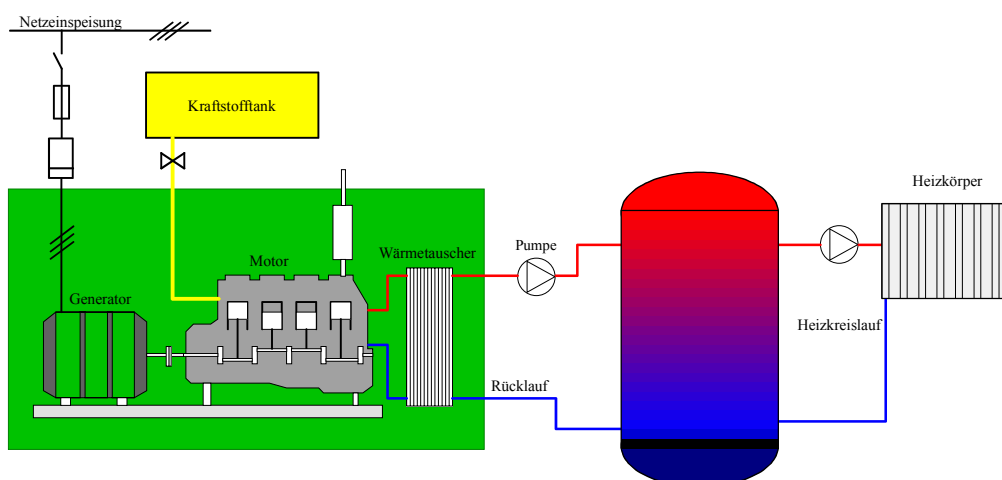


Bild 2: Schema einer BHKW-Anlage

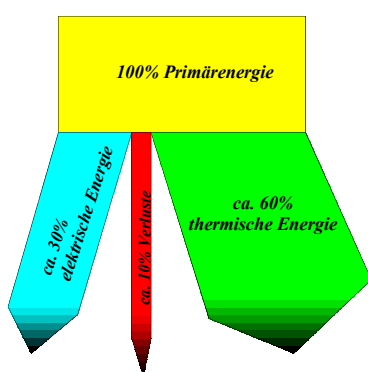


Bild 3: Aufteilung der Primärenergie bei der Kraft-Wärme-Kopplung

Zur optimalen Ausnutzung der Energie ist es notwendig, dass der Bedarf an Wärme und Strom möglichst der momentanen Produktion entspricht. Ansonst muss z. B. die Wärme zwischengespeichert oder der Strom in das öffentliche Netz eingespeist werden. Auch ist bei der Kraft-Wärme-Kopplung darauf zu achten, dass der Anteil der elektrischen Energie optimiert wird.

Nach diesem Prinzip können neben flüssigen Kraftstoffen (naturbelassenes Pflanzenöl, Diesel, Heizöl, Biodiesel) auch gasförmige Brennstoffe (Erdgas, Biogas, Klär- und Deponiegas) verwendet werden. Eine Übersicht über Technologie und Anwendung von Mikro- und Mini-KWK-Anlagen wurde von der Österreichischen Energieagentur (SIMADER, et.al. 2004 [51]) erstellt.

5.2 Aufbau eines Pflanzenöl BHKW

Ein Blockheizkraftwerk (eine BHKW-Anlage) besteht grundsätzlich aus einem oder mehreren BHKW-Modulen mit der Kraftstoffversorgung und der Einbindung von Wärme und Strom. Hauptbestandteile eines Moduls sind das BHKW-Aggregat, (Verbrennungsmotor und Generator), Wärmetauscher, die notwendige Steuerung, Schalt- und Bedienelementen sowie Schall- und Wärmedämmung.

In Bild 4 ist der Aufbau eines BHKW-Moduls abgebildet. Der Verbrennungsmotor ① ist mit dem Generator ② fest verbunden. Die Abwärme des Motors wird über einen Wärmetauscher ③ ausgekoppelt. Der interne Kühlkreislauf wird über den Motor ④ und einen Abgaswärmetauscher ⑤ geführt. Die Umwälzung erfolgt meist durch eine handelsübliche Heizungspumpe ⑥. Der Anschluss an das Heizungssystem erfolgt über Vor- ⑦ und Rücklauf ⑧. Eine sorgfältige Isolierung ⑨ reduziert die Wärmeverluste und sorgt für eine wirkungsvolle Schalldämmung.

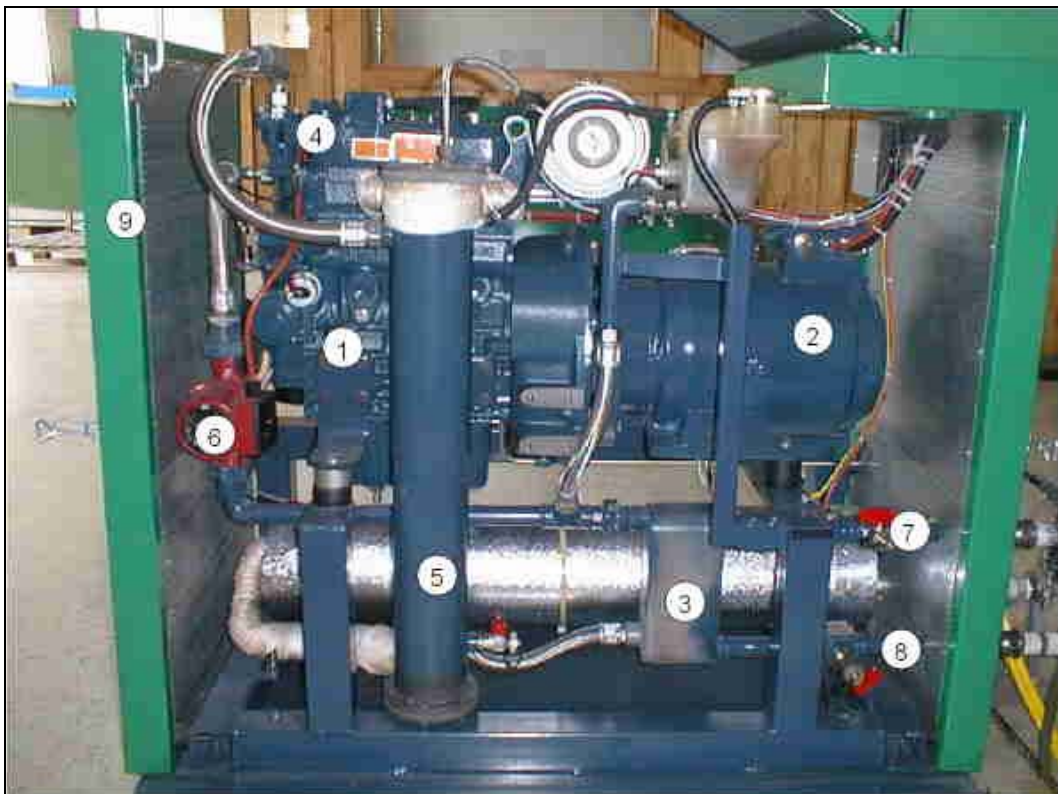


Bild 4: Aufbau eines typischen Pflanzenöl-BHKW (Leistung: 8 kW_{el})

Bei Klein- bzw. Kompakt-BHKW ist eine Steuerung entweder direkt am Modul oder in unmittelbarer Nähe montiert. Die Steuerung beinhaltet alle Anzeige- und Bedienelemente, die notwendigen Überwachungseinrichtungen sowie die Elemente zur Netzankoppelung.

5.3 Beschreibung der Komponenten

5.3.1 Verbrennungsmotor

Der Betrieb eines Dieselmotors mit Pflanzenöl erfordert im Vergleich zu fossilem Diesel einige Änderungen um den verbrennungstechnischen Eigenschaften des Kraftstoffes zu genügen. Insbesondere die hohe Viskosität des Pflanzenöls erfordert eine Anpassung der Leitungsquerschnitte

bzw. eine Vorerwärmung des Kraftstoffs. Zum Teil sind aber auch innermotorische Änderungen wie eine Modifizierung der Einspritzdüse oder eine Änderung der Brennraumgeometrie notwendig. Für BHKW werden aber auch bereits serienmäßige Motoren von verschiedenen Herstellern angeboten, die für den Betrieb mit Pflanzenöl geeignet sind.

Für die Verbrennung von Pflanzenöl kommen sowohl indirekt wie auch direkt einspritzende Dieselmotoren zum Einsatz. Bei der indirekten Einspritzung im Vor- oder Wirbelkammermotor wird der Kraftstoff nicht in den Hauptbrennraum, sondern mit einer Zapfendüse in eine Nebenkammer eingespritzt. Sauerstoffmangel und eine hohe Temperatur in der Kammer bewirken einen kurzen Zündverzug. Der niedrige Druckanstieg und Spitzendruck führen zu einem sanften Verbrennungsverlauf und zu einer geringeren Geräuscentwicklung. Die Gefahr einer Verkokung der Zapfendüse ist gering. Nachteil von Kammermotoren sind ein schlechterer Wirkungsgrad und damit ein höherer spezifischer Kraftstoffverbrauch.

Bei direkt einspritzenden Motoren ist der Brennraum ungeteilt. Der Kraftstoff wird über eine Mehrlochdüse zentral in den Muldenbrennraum eingespritzt. Der Vorteil ist ein kleiner spezifischer Kraftstoffverbrauch auf Grund niedrigerer Strömungs- und Wärmeverluste beim Ladungswechsel. Jedoch sind die Druckanstiege und Spitzendrücke höher (GROHE, 1990 [16]). Bei Groß-BHKW kommen meist langsam laufende Dieselmotoren – zum Teil Schiffsdieselmotoren – zum Einsatz.

Die Umrüstmaßnahmen für den Betrieb mit Pflanzenöl sind bei den Kammermotoren geringer als bei direkt einspritzenden Motoren. Verschiedene Firmen bieten eine Umrüstung von serienmäßigen Motoren insbesondere für den Fahrzeugbetrieb an. Eine Übersicht wird auf den Webseiten der FNR (siehe <http://www.fnr-server.de> [58]) bzw. der Max-Eyth-Schule Alsfeld (siehe <http://www.mes-alsfeld.de> [59]) geboten.

Wirbelkammermotoren für Pflanzenöl werden beispielsweise von der Fa. Deutz AG, MWM, Kubota oder Faryman angeboten. Direkteinspritzende Motoren sind insbesondere von der Fa. Elsbett, MWS (früher AMS – Antriebs und Maschinentechnik Schönebeck), AAN (Anlagen- und Antriebstechnik Nordhausen) erhältlich (THUNEKE, KERN, 2002 [56]).



Bild 5: Motor und Generator eines Klein-BHKW

5.3.2 Generator

Klein-BHKW werden in erster Linie direkt am 3~400V/50Hz-Niederspannungsnetz betrieben. Zur Stromerzeugung werden Asynchron- oder Synchrongeneratoren verwendet. Im Netzparallelbetrieb werden insbesondere bei Klein-BHKW Asynchronmaschinen verwendet. Diese benötigen zum Aufbau des Drehfeldes und zur Abdeckung des Blindstrombedarfes eine Dreiphasen-Wechselspannung. Im Generatorbetrieb muss die Maschine übersynchron, also mit einer etwas höheren Drehzahl als die Netzfrequenz vorgibt, betrieben werden. Für 4-polige Maschinen wären das etwa 1550 U/min. Die Asynchronmaschine ist robust und wartungsarm und erfordert keine besonderen Steuerungsmaßnahmen zur Netzzuschaltung. Insgesamt ist die Verwendung einer Asynchronmaschine günstiger als die einer Synchronmaschine.

Der Synchrongenerator baut ein eigenes Magnetfeld auf und kann daher netzunabhängig eine Spannung erzeugen. Allerdings muss die Höhe der Spannung geregelt werden. Die Drehzahl der Synchronmaschine entspricht exakt der von der Netzfrequenz vorgegebenen Drehzahl (bei 4-poligen Maschinen: 1500 U/min). Für die Netzzuschaltung muss die Spannung, Drehzahl und Phasenlage geregelt werden. Die Synchronmaschine ist aber sowohl für Inselbetrieb (als Notstromaggregat) als auch für Netzparallelbetrieb geeignet.

5.3.3 Wärmetauscher

Zur Maximierung des Wirkungsgrades muss die entstehende Erwärmung des Systems möglichst optimal ausgekoppelt werden. Die Abwärme im Verbrennungsmotor wird daher über die Motorkühlung und weiter über einen Abgaswärmetauscher geführt. Dadurch wird das Abgas auf etwa 150 °C abgekühlt.

Von hoher Bedeutung ist eine gute Isolierung des Aggregates, damit die Strahlungsverluste möglichst gering gehalten und der Wirkungsgrad erhöht wird. Wird der Generator ebenfalls wassergekühlt, so kann der Gesamtwirkungsgrad um einige Prozent gesteigert werden.

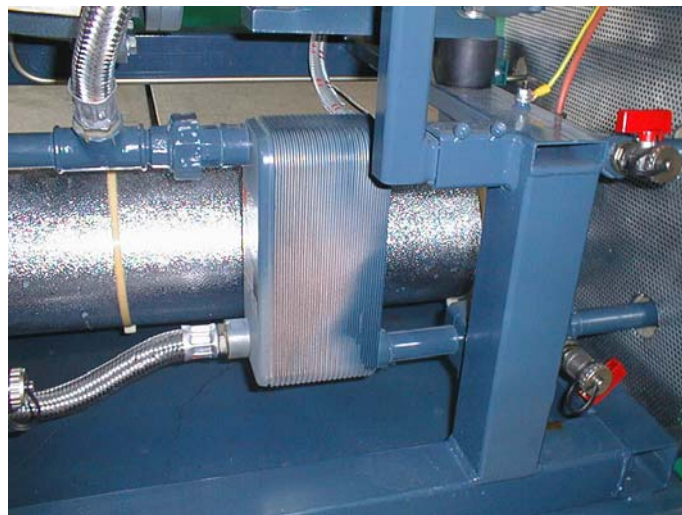


Bild 6: Wärmetauscher

Die Auslegung des Wärmetauschers richtet sich nach den Temperaturverhältnissen des angeschlossenen Wärmenetzes. Durch die Serienschaltung der Wärmetauscher ist die Spreizung zwischen Vor- und Rücklaufemperatur eines BHKW meist höher als bei konventionellen Heizungsanlagen und muss bei der Einbindung berücksichtigt werden. Damit der Motor ausreichend

gekühlt werden kann, darf die Rücklauftemperatur bei den meisten Motoren 70 °C nicht überschreiten (STEIN, 1999 [53]).

5.3.4 Kraftstofflagerung und Kraftstoffsystem

Das Kraftstoffsystem besteht aus dem Lagertank, der Zuleitung, einem externen Filter und einer Kraftstoffpumpe. Grundsätzlich sollte der Lagertank möglichst nahe am BHKW angeordnet sein, um große Leitungslängen zu vermeiden.



Bild 7: Kraftstofflagerung

Bei einem Klein-BHKW kann die Lagerung z. B. direkt in einem 1000-Liter-Stahl- oder Kunststoffbehälter erfolgen, bei Groß-BHKW ist ein Tagesbehälter vorzusehen. Das Pflanzenöl sollte bei möglichst niedrigen Temperaturen (ca. 5 - 10 °C) und dunkel gelagert werden, um eine vorzeitige Alterung zu vermeiden. Direkte Sonnenbestrahlung und Wasserzutritt sind unbedingt zu vermeiden. Der Sauerstoffeintrag in das Öl sollte möglichst gering gehalten werden (Bild 7).

Bei der Auslegung der Leitungsquerschnitte ist wiederum die hohe Viskosität des Pflanzenöles zu berücksichtigen (ca. 70 mm²/s im Vergleich zu Dieselmotoren von etwa 5 mm²/s bei 20 °C), die insbesondere bei tiefen Temperaturen zu Problemen bei der Kraftstoffzuführung führen kann. Bei den Kraftstoff führenden Teilen sollte möglichst Stahl oder Kunststoff verwendet werden. Kupfer und Messing wirken katalytisch und beschleunigen die Ölalterung (Bild 8).



Bild 8: Kraftstoffzuführung

Zur Ölförderung ist meist eine externe Förderpumpe notwendig, mit der auch das Kraftstoffsystem entlüftet werden kann. Das von der Einspritzpumpe überschüssige Lecköl sollte nicht in den Tank zurückgelangen, um eine unnötige Erwärmung zu vermeiden. Dazu wird eine Rücklaufzuführung mit Filter und integrierter Entlüftung verwendet. Flexible Anschlüsse verhindern eine Übertragung der Schwingungen auf die Rohrleitungen (THUNEKE, REMMELE, 2002 [63]).

5.3.5 Abgassystem

Die Abgase müssen durch die Abgasleitung zuverlässig auf möglichst kurzem Weg ins Freie und über Dach geführt werden. Abgasleitungen werden meist in Edelstahl ausgeführt. Leitungsquerschnitte und zulässige Leitungslängen sind zu beachten. Zur Entkoppelung von Schall und Schwingungen wird die Abgasleitung über ein flexibles Zwischenstück angeschlossen.



Bild 9: BHKW mit Anschlüssen

5.3.6 Emissionsminderung

Die bei der Verbrennung von Kraftstoffen entstehenden Emissionen unterliegen sehr strengen Anforderungen. Zur Einhaltung der derzeitigen und künftigen Emissionsgrenzwerte sind sowohl innermotorische (primäre) Maßnahmen wie auch Abgasnachbehandlungsverfahren (sekundäre Maßnahmen) notwendig. Bei idealer Verbrennung von Kohlenwasserstoffen entsteht Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Wasserdampf (H_2O). Im realen Betrieb treten jedoch inhomogene Gasgemische auf. Durch sekundäre Reaktionen werden weitere nicht erwünschte Komponenten gebildet. Man unterscheidet zwischen den gesetzlich limitierten und nicht limitierten Schadstoffen. MEYER-PITROFF, et.al [31] hat im Jahr 2002 nicht limitierte Schadstoffe an Pflanzenöl-BHKW untersucht. Folgende Abgaskomponenten sind gesetzlich limitiert (BMWA, 2001 [55]).

Kohlenwasserstoffe (HC): sind eine Vielzahl von verschiedenen Verbindungen. Besondere Bedeutung haben die zyklischen (z.B. Benzol) und die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH). Sie entstehen durch unvollständige Verbrennung meist auf Grund unvollständiger Vermischung des Kraftstoffs mit der Verbrennungsluft. HC-Emissionen können wirksam mit Oxidationskatalysatoren zu H_2O und CO_2 abgebaut werden.

Kohlenstoffmonoxid (CO): ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas, das bei hoher Konzentration sehr giftig ist und zum Erstickungstod führt. CO entsteht bei Verbrennung unter Luftmangel, insbesondere bei niedrigen Drehzahlen in der Nähe der Vollast. CO kann ebenfalls mit einem Oxidationskatalysator wirksam reduziert werden.

Stickstoffoxide (NO_x): diese entstehen durch Oxidation des in der Verbrennungsluft enthaltenen Stickstoffs bei sehr hohen Temperaturen. Dabei wird im Motor fast nur Stickstoffmonoxid (NO) erzeugt und in der Atmosphäre zu NO₂ oxidiert. NO und NO₂ gehören zu den Vorläufersubstanzen des bodennahen Ozons. NO_x-Emissionen können durch selektive katalytische Reduktion (SCR) verringert werden.

Partikel: Partikel bestehen aus mikroskopisch kleinen Kohlenstoffkügelchen, an denen sich unverbrannte Kohlenwasserstoffe anlagern. Die Gefahr der Rußpartikel besteht darin, dass sie über die Atemwege in die Lunge gelangen und Krebs verursachen können. Ruß entsteht bei hoher Last, insbesondere bei niedrigen Drehzahlen auf Grund einer schlechten Gemischaufbereitung, eines geringen Ladedrucks oder eines geringen Einspritzdrucks. Mit Partikelfilter (z. B. CRT-Filter oder PSA-Partikelfilter) kann der Ruß auf Filter abgeschieden und abgebrannt werden. Eine detaillierte Beschreibung der verschiedenen Sekundärmaßnahmen zur Emissionsminderung ist in [56] und [63] enthalten. THUNEKE, et. al. [57] hat in einer Forschungsarbeit die Wirksamkeit von fünf verschiedenen, für den Einsatz mit Dieselmotor vorgesehenen Partikelfiltersystemen an einem rapsölbetriebenen Blockheizkraftwerk mit 8 kW_{el} untersucht. Dabei wurden zum Teil sehr hohe Abscheideraten ermittelt. Damit jedoch die Wirksamkeit erhalten bleibt, sind aufwändige und wiederkehrende Reinigungsarbeiten erforderlich. Auf Grund der kurzen Wartungsintervalle kann der Einsatz in rapsölbetriebenen Aggregaten niedriger Leistung derzeit noch nicht empfohlen werden.

5.3.7 Steuerung

Ein BHKW-Modul ist üblicherweise auf einen vollautomatischen Betrieb ausgelegt. Die Steuerung übernimmt dazu alle Aufgaben, wie die Erfassung und Überwachung sämtlicher Betriebsparameter, die Kraftstoffversorgung, Start und Stopp der Anlage, Netzzuschaltung, Drehzahlregelung und Temperaturregelung. In der Steuerung wird meist auch die gesamte Anzeige und Bedienung der Anlage integriert. Im Detail werden folgende Funktionen erfüllt:

Motorsteuerung und Motorüberwachung: Nach der Startanforderung wird die Kraftstoffpumpe eingeschaltet und das Kraftstoffsystem befüllt. Um Kaltstarts zu vermeiden wird in manchen Fällen das BHKW auch elektrisch vorgewärmt. Der Start kann über einen herkömmlichen Startermotor (wie bei Fahrzeugmotoren) oder direkt z. B. über die Asynchronmaschine erfolgen. Im Betrieb wird die Kühlwasser-, Motoröl- und Abgastemperatur sowie der Öldruck überwacht. Bei kleinen Anlagen mit Asynchronmaschinen wird die Leistung über die Motordrehzahl mit einer fix eingestellten Einspritzmenge bestimmt.

Netzüberwachung: Beim Netzparallelbetrieb muss sichergestellt sein, dass das Elektrizitätsnetz auch vorhanden ist und nicht z. B. im Fehlerfall abgeschaltet wurde. Deshalb ist es Vorschrift an Einspeisepunkten die Netzspannung und Netzfrequenz zu überwachen. Meist ist diese Netzüberwachung im BHKW-Modul bereits integriert. Bei manchen Elektrizitätsversorgungsunternehmen muss jedoch ein eigenes, genau spezifiziertes System verwendet werden. Die Vorschriften des jeweiligen EVU sind jedenfalls zu beachten.

Nach dem Hochlaufen des Motors und der Überwachung der Netzparameter wird der Generator über ein Schütz an das Netz geschaltet. Bei Synchronmaschinen ist eine Regelung der Spannung,

Frequenz und Phasenlage notwendig. Die gemessenen Größen (Spannung, Strom, Leistung, Drehzahl) können angezeigt werden. Meist ist ein BHKW-Modul bereits mit einer Blindstromkompensation ausgeführt (Bild 10).

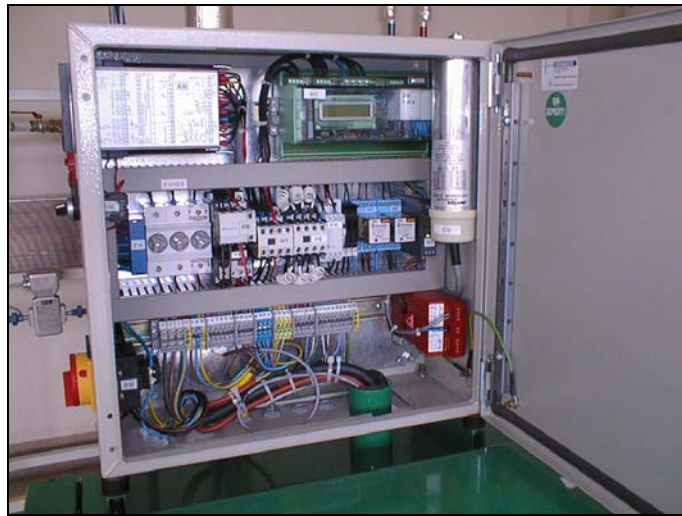


Bild 10: Steuerung

5.3.8 Betriebsarten

Für eine hohe Lebensdauer ist es wichtig, ein BHKW-Aggregat möglichst kontinuierlich zu betreiben. Die Zahl der Startvorgänge sollte minimiert werden, um eine möglichst hohe Laufzeit zu erreichen. Ein BHKW wird deshalb zur Abdeckung der Grundlast eingesetzt und meist auch mit einem Spitzenlastkessel kombiniert.

Da ein BHKW immer zur gleichen Zeit Wärme und Strom erzeugt, sind grundsätzlich zwei verschiedene Betriebsarten möglich:

Wärmegeführtes BHKW: Die Startanforderung kommt vom Wärmebedarf des angeschlossenen Wärmenetzes. Da die Heizlast meist nicht der thermischen Leistung entspricht, ist der Einsatz eines groß dimensionierten Pufferspeichers sinnvoll. Der als Koppelprodukt anfallende elektrische Strom deckt entweder den Eigenstrombedarf oder er wird in das öffentliche Netz eingespeist.

Stromgeführtes BHKW: Steht die Nutzung des elektrischen Stromes im Vordergrund (z. B. zur Vermeidung von Spitzenwerten oder auch als Hauptstromversorgung im Gewerbe) kann das BHKW auch über den Strombedarf gesteuert werden. Wärme fällt dabei als Koppelprodukt an und sollte ebenfalls möglichst effizient genutzt werden. Sinkt jedoch der Wärmebedarf unter die Erzeugung, muss ein Hilfskühler eingesetzt werden. Aus betriebswirtschaftlichen Gründen sollte dieser Fall möglichst vermieden werden.

6 GESETZLICHE REGELUNGEN

6.1 Netzeinspeisung

6.1.1 Europäische Rechtsvorschriften

Die Elektrizitätsbinnenmarkt-Richtlinie 96/92/EG vom 19. Dezember 1996 [49] bildet das europäische Fundament für eine grundlegende Neuordnung des Elektrizitätsbereiches. Diese Richtlinie verpflichtet die Mitgliedstaaten ihren Elektrizitätsmarkt stufenweise dem Wettbewerb zu öffnen. Ziel ist ein transparenter, nicht diskriminierender Netzzugang zu angemessenen Preisen. Die 96/92/EG wurde durch die Richtlinie 2003/54/EG vom 26. Juni 2003 über gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt [47] abgelöst. Damit soll die Vollendung des Binnenmarktes im Elektrizitäts- und Gassektor zügig vorangetrieben werden.

Mit der Richtlinie 2001/77/EG [46] soll die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt gefördert werden. Dabei soll der Anteil des Ökostromes von 13,9 % (1997) auf 22 % im Jahr 2010 gesteigert werden. Dazu wurden nationale Ziele für 2010 auf Basis von Referenzwerten festgelegt.

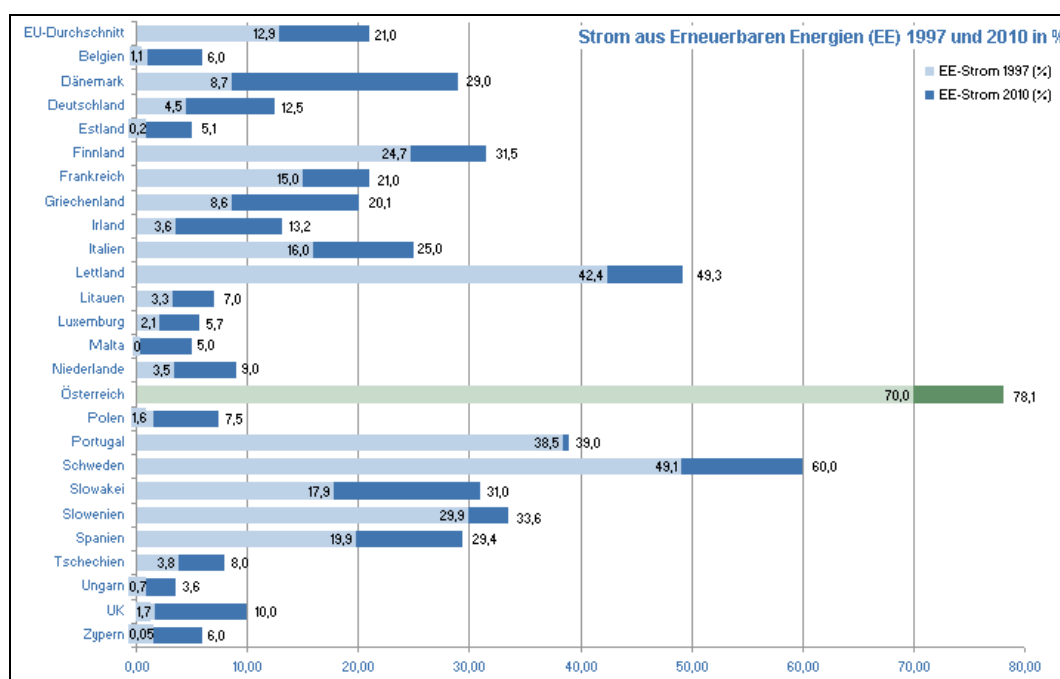


Bild 11: Strom aus Erneuerbaren Energien (EE) - Nationale Zielsetzungen
(Quelle der Abbildung: www.e-control.at)

Auf Grund des hohen Gesamtwirkungsgrades sollen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen besonders gefördert werden. Dies kommt in der KWK-Richtlinie der Europäischen Kommission zum Ausdruck [48]. Ziel dieser Richtlinie ist die Festlegung einer einheitlichen Methode zur Berechnung des in KWK erzeugten Stromes sowie die erforderlichen Leitlinien für ihre Anwendung. Es werden Kriterien für den Wirkungsgrad der KWK festgelegt sowie ein Herkunftsnachweis gefordert. Anlagen mit einer Kapazität bis 500 kW_{el} werden als KWK-Kleinstanlagen und solche bis 1 MW_{el} als KWK-Kleinanlagen bezeichnet. Als hocheffiziente KWK werden solche Anlagen bezeichnet, die zu einer Einsparung von 10 % an Primärenergie im Vergleich zur getrennten Erzeugung führen.

6.1.2 Nationale Rechtsvorschriften

Die Umsetzung der Elektrizitätsbinnenmarkt-Richtlinie ins innerstaatliche Recht erfolgte 1998 zunächst durch das Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz (EIWOG [5]), welches den österreichischen Elektrizitätsmarkt nur für einen Teil der Kunden öffnete. Demgegenüber sieht die 1. Novelle zum EIWOG (Energie liberalisierungsgesetz 2000 [7]) eine hundertprozentige Marktöffnung vor, wovon nun alle Verbraucher profitieren können. Da das österreichische Elektrizitätsrecht eine Materie nach Art. 12 B-VG ist, versteht sich das EIWOG in vielen Bereichen als so genanntes „Grundsatzgesetz“. Das bedeutet, dass der Bund im EIWOG die gesetzlichen Rahmenbedingungen vorgegeben hat, die genauen Ausführungsbestimmungen finden sich aber in den so genannten „Ausführungsgesetzen“ der einzelnen Bundesländer.

In der letzten Novelle des EIWOG (Ökostromgesetz 2002 [6]) ist eine verpflichtende Ausweisung der Primärenergieträger an die Endkunden vorgeschrieben. Die Stromhändler müssen den Anteil der verschiedenen Primärenergieträger auf Basis derer die von ihnen gelieferte elektrische Energie erzeugt wurde, auf der Stromrechnung (Jahresabrechnung) ausweisen. Die Überwachung erfolgt durch die neu gegründete Energie-Control GmbH.

Im Ökostromgesetz 2002 wurden die wesentlichen Inhalte der Richtlinie 2001/77/EG umgesetzt, die eine Anhebung der Stromerzeugungsanteile aus erneuerbaren Energieträgern (EE) zum Ziel hat. Zu Strom aus erneuerbaren Energieträgern zählt auch die Wasserkraft. Daher weist der Anteil an EE-Strom in Österreich einen europaweiten Spitzenwert von 70 % (Stand 1997) auf. Um insgesamt das Ziel von 78,1 % Strom aus erneuerbaren Energieträgern zu erreichen, gilt es den Anteil der erzeugten Energie aus Ökoanlagen schrittweise bis zum Jahr 2008 auf 4 % (gemessen an der jährlichen Stromabgabe an Endverbraucher) anzuheben. Dies soll durch Unterstützung mittels Einspeisetarif erreicht werden.

Wesentliches Ziel des Ökostromgesetzes ist die bundeseinheitliche Regelung der Einspeisetarife für Öko-Energie und Kraft-Wärme-Kopplung. Dies bedeutet, dass alle Endverbraucher und Stromhändler in Österreich in gleichem Ausmaß zur Finanzierung der erforderlichen Unterstützungen beitragen. Anlagen zur Erzeugung elektrischer Energie, die ausschließlich auf Basis erneuerbarer Energie betrieben werden, werden auf Antrag des Betreibers mittels Bescheid der Landeshauptleute als Ökostromanlagen anerkannt.

Mit 1. Jänner 2003 trat die Verordnung über die Festsetzung der Preise für die Abnahme elektrischer Energie aus Ökostromanlagen [10] in Kraft. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit hat im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und nach Zustimmung der Arbeitsgruppe der Landeshauptmännerkonferenz diese Verordnung erlassen. Geltungsbereich sind Anlagen, die für die Errichtung notwendigen Genehmigungen nach dem 31. Dezember 2002 erteilt worden sind. Hinsichtlich Neuanlagen gilt die Verordnung nur für jene, für die bis 31. Dezember 2004 alle für die Errichtung notwendigen Genehmigungen vorliegen und die bis 30. Juni 2006 in Betrieb gehen. Mit der 254. Verordnung vom 12.8.2005 [8] wurde die Frist für die Inbetriebnahme von Ökostromanlagen auf Basis fester oder flüssiger Biomasse sowie Biogas auf 31.12.2007 verlängert.

Um einen ausreichenden Vertrauensschutz für die Investoren zu gewährleisten gelten diese Einspeisetarife für die Anlagen, die während der Gültigkeitsdauer der Verordnung errichtet werden, für einen Zeitraum von 13 Jahren ab Inbetriebnahme der Anlage.

Die Einspeisetarife für elektrische Energie aus Stromerzeugungsanlagen (Neuanlagen), die flüssige Biomasse als Energieträger verwenden, betragen bis 31.12.2004 für:

Anlagen bis zu einer Engpassleistung von 200 kW:	13 Cent/kWh und
Anlagen mit einer Engpassleistung über 200 kW:	10 Cent/kWh.

Novelle zum Ökostromgesetz:

Durch das Ökostromgesetz 2002 erfolgte eine forcierte Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern. Dadurch wird das für das Jahr 2008 festgeschriebene Ziel eines Anteils der sonstigen erneuerbaren Energieträger von 4 % bereits wesentlich früher erreicht. Im August 2004 wurde ein Gesetzesentwurf vorgelegt, bei dem auf die Begrenzung der Fördermittel und auf deren Planbarkeit Bedacht genommen wurde. Die Regierungsvorlage wurde vorerst abgelehnt, ein Abänderungsantrag nunmehr aber beschlossen. Das neue Ökostromgesetz sieht zusätzliche Förderungen für die Erzeugung von Strom aus Ökostromanlagen (Biomasse, Biogas, Wind, Sonnenenergie) sowie Strom aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und aus Wasserkraftwerken vor. Damit wird ein planbarer Ausbau mit fixen Fördersummen und Effizienzkriterien geschaffen, um Ökostrom zunehmend konkurrenzfähiger zu machen. Der neue Zielwert des Anteils alternativer erneuerbarer Energieträger am jährlichen Stromverbrauch soll nunmehr 10% im Jahr 2010 betragen. Der jährliche Zuwachs des geförderten Investitionsvolumens wird mit 17 Mill. € gedeckelt. Die Einspeisetarife werden wiederum per Verordnung festgelegt. Der Förderzeitraum beträgt insgesamt 12 Jahre (10 Jahre 100%, im 11. Jahr 75%, im 12. Jahr 50%).

6.2 Genehmigungsverfahren

Primär ist es notwendig die Bewilligungen für die Errichtung und den Betrieb der BHKW zu erlangen. Wobei je nach Leistung, eingesetzter Energieträger, Einsatzort und Anwendung verschiedene Behörden zuständig und Rechtsmaterien anzuwenden sind. Die Bezirksverwaltungsbehörden sind im Regelfall erste Anlaufstelle. Nach Vorliegen der rechtskräftigen Bewilligungen für die Errichtung und den Betrieb kann mit den im § 7 des Ökostromgesetzes genannten Unterlagen der Antrag auf Anerkennung des Pflanzenöl-BHKW als Ökostromanlage beim zuständigen Landeshauptmann gestellt werden.

6.2.1 Errichtungs- und Betriebsbewilligungen

Neben möglichen Bewilligungspflichten nach den Bauordnungen, Energietechnikgesetzen, etc. werden nachfolgend die Bereiche Gewerbe, Abfall und Elektrizität näher beschrieben. Der Ablauf sowie die zuständige Behörde hängt von der Art des eingesetzten Pflanzenöles ab. Wird reines, frisches Pflanzenöl verwendet, so kommt grundsätzlich das Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz (*EIWOG 1998* [5]) bzw. die in den Ausführungsgesetzen der einzelnen Bundesländer festgelegten Genehmigungsverfahren zur Anwendung. Wird Altspeseöl verwendet, so kann die Stromerzeugungsanlage als Abfallbehandlungsanlage angesehen werden. Dann wird das Verfahren gemäß Abfallwirtschaftsgesetz 2002 [4] abgewickelt.

Es ist zu überprüfen, ob es sich um eine gewerbliche Anlage handelt und daher die Anlage gemäß Gewerbeordnung zu genehmigen ist. Gemäß § 2 Abs. 1 der Gewerbeordnung 1994 [3] ist der Betrieb von Anlagen zur Erzeugung und Lieferung von Wärme aus Biomasse mit einer Brennstoffwärmeleistung bis 4 MW aus der GeO ausgenommen, wenn in dem betreffenden Gebiet zum Zeitpunkt des Einlangens des Ansuchens gemäß § 353 bei der Behörde (§§ 333, 334 und 335) keine leitungsgebundenen Energieträger, ausgenommen elektrische Energie, vorhanden sind.

Gemäß § 12 Abs. 2 des EIWOG 1998 [5] können in den Ausführungsgesetzen der Länder vereinfachte Genehmigungsverfahren für Stromerzeugungsanlagen vorgesehen werden, die Strom aus erneuerbarer Energie erzeugen oder nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung arbeiten.

Anlagen, die nach den Bestimmungen der Gewerbeordnung 1994 (GeO 1994 [3]) bewilligungs- oder anzeigepflichtig sind, sind von einer Bewilligungspflicht gemäß EIWOG auszunehmen. In der Regel wird durch die Behörde das Projekt durch Anschlag an der Amtstafel in der Standortgemeinde bekannt gegeben und liegt innerhalb eines bestimmten Zeitraumes zur Einsichtnahme auf. Folgende Bedingungen gelten für die Durchführung von vereinfachten Verfahren in den einzelnen Bundesländern:

Burgenland:

Gemäß § 7 des Burgenländischen Elektrizitätsgesetzes [20] kommt ein vereinfachtes Verfahren zur Anwendung, wenn die Erzeugungsanlage:

- mit Biomasse, Biogas oder geothermischer Energie betrieben wird oder es sich um eine Kraft-Wärme-Kopplungsanlage handelt und die installierte Engpassleistung höchstens 200 kW beträgt,
- mit Wind betrieben wird und die Leistung höchstens 1 MW beträgt oder die Anlage nicht mehr als 2 Konverter aufweist,
- mit Hilfe der Halbleitertechnik Sonnenlicht direkt in Energie umwandelt und die Gesamtfläche der Solarzellen nicht mehr als 500 m² beträgt oder
- mit fossiler Energie betrieben wird und die installierte Engpassleistung höchstens 200 kW beträgt.

Kärnten:

Gemäß § 9 des Kärntner EIWOG 2001 [28] kommt ein vereinfachtes Verfahren zur Anwendung, wenn die Elektrizitätserzeugungsanlagen ausschließlich der Notstromversorgung dienen oder deren Leistung max. 500 kW beträgt.

Niederösterreich:

Gemäß § 7 des NÖ Elektrizitätswesengesetzes 2001 (NÖ EIWG 2001 [25]) kommt ein vereinfachtes Verfahren zur Anwendung, wenn sich aus dem Genehmigungsantrag und dessen Unterlagen ergibt, dass die Erzeugungsanlage:

- ausschließlich zur Notstromversorgung bestimmt ist,
- eine Engpassleistung von höchstens 250 kW ausweist oder
- mit Hilfe der Halbleitertechnik Sonnenlicht direkt in elektrische Energie umwandelt und die Gesamtfläche der Solarzellen nicht mehr als 500 m² beträgt.

Oberösterreich:

Gemäß § 11 des OÖ Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetzes 2001 [26] wird ein vereinfachtes Verfahren bei Stromerzeugungsanlagen durchgeführt, deren Engpassleistung im Bereich von 10 bis 200 kW liegen, die elektrische Energie aus erneuerbaren Energien oder Abfällen erzeugen oder die nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung arbeiten, sofern nicht eine Verfahrenskonzentration zur Anwendung kommt.

Salzburg:

Es ist kein vereinfachtes Verfahren vorgesehen.

Steiermark:

In § 7 des Steiermärkischen Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetzes 2001 (Stmk. EIWOG 2001 [22]) wird das vereinfachte Verfahren bei Stromerzeugungsanlagen durchgeführt, wenn diese:

- ausschließlich zur stationären Notstromversorgung bestimmt sind oder
- mit erneuerbarer Energie oder Abfällen betrieben werden oder nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung arbeiten und die installierte elektrische Engpassleistung höchstens 500 kW beträgt oder
- mit Hilfe der Halbleitertechnik Sonnenlicht direkt in elektrische Energie umwandelt und die Gesamtfläche der Solarzellen nicht mehr als 500 m² beträgt oder

- mit fossiler Energie betrieben wird und die installierte elektrische Engpassleistung höchstens 500 kW beträgt.

Tirol:

In § 6 des Tiroler Elektrizitätsgesetzes 2003 [27] sind Stromerzeugungsanlagen bewilligungspflichtig, wenn die Engpassleistung mehr als 100 kW beträgt oder mit einer Spannung von mehr als 1 kV beträgt. Gemäß § 7 sind folgende Stromerzeugungsanlagen anzeigepflichtig:

- Engpassleistung von mehr als 5 kW;
- Anlagen, die durch eine Verordnung nach § 6 Abs. 2 von der Bewilligungspflicht ausgenommen sind;
- mobile Anlagen, sofern sie nicht nach § 1 Abs. 2 lit. c vom Geltungsbereich dieses Gesetzes ausgenommen sind und;
- Notstromaggregate.

Vorarlberg:

Das Vorarlberger Elektrizitätswirtschaftsgesetz [21] regelt in § 8 das vereinfachte Verfahren, wenn sich aus dem Bewilligungsantrag und dessen Beilagen ergibt, dass die Erzeugungsanlage:

- ausschließlich zur Notstromversorgung bestimmt ist;
- mit erneuerbaren Energieträgern betrieben wird oder nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung arbeitet und die Leistung höchstens 500 kW beträgt;
- mit fossilen Energieträgern betrieben wird und die Leistung höchstens 50 kW beträgt.

Wien:

Gemäß § 7 des Wiener Elektrizitätswirtschaftsgesetzes 2001 (WeWiWG [23]) kommt ein vereinfachtes Verfahren zur Anwendung, wenn die Erzeugungsanlage:

mit fester oder flüssiger Biomasse, Bio-, Klär- oder Deponiegas, geothermischer Energie, Wasser, Wind oder Abfällen betrieben wird oder nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung arbeitet und die installierte Engpassleistung maximal 100 kW beträgt oder mit Hilfe der Halbleitertechnik Sonnenlicht direkt in Elektrizität umwandelt und die Gesamtfläche der Solarzellen nicht mehr als 50 m² beträgt oder ausschließlich der Notstromversorgung dient.

6.2.2 Anerkennungsverfahren nach dem Ökostromgesetz

Zur Erlangung des für Ökostrom vorgesehenen Einspeisetarifes war es notwendig, diese auch als „Ökostromanlagen“ anerkennen zu lassen. Dies erfolgte über Antrag der Betreiber per Bescheid vom Landeshauptmann des Bundeslandes, in dem sich die Anlage befindet. Dem Antrag sind Unterlagen über den rechtmäßigen Betrieb der Anlage (Bescheide und zugehörige Verhandlungsschriften), die eingesetzten Primärenergieträgermengen – jeweils gesondert entsprechend ihres Anteils am Gesamteinsatz (Heizwert) – anzugeben, die technischen Größen (wie Engpassleistung) und Ausführung der Anlage (wie eingesetzte Technologie, Technische Beschreibung samt Kenndaten), die eindeutige Bezeichnung des Zählpunktes (ist vom Verteilernetzbetreiber erhältlich), über den die erzeugte Strommenge physikalisch in ein öffentliches Netz eingespeist wird sowie Name und Adresse des Netzbetreibers, an dessen Netz die Anlage angeschlossen ist, anzuschließen. Werden als erneuerbare Energieträger auch Tiermehl, Ablauge oder Klärschlamm eingesetzt, so sind diese gesondert, entsprechend ihrem Anteil am Gesamteinsatz (Heizwert), anzugeben (§ 7).

6.3 Luftreinhaltung

Emissionsgrenzwerte für Stationärmotoren sind in Österreich nur in der Luftreinhalteverordnung für Kesselanlagen sowie in der Vorarlberger Luftreinhalteverordnung direkt festgelegt. Allgemein gültige Emissionsgrenzwerte wurden zwar erarbeitet, jedoch noch nicht in gesetzliche Regelungen umgesetzt. Bei Genehmigungsverfahren von Blockheizkraftwerken wird vielfach auch die deutsche TA-Luft herangezogen. Auch in der Schweizer Luftreinhalteverordnung sind Grenzwerte für die Abgasemissionen aus stationären Verbrennungsmotoren festgelegt, die jedoch in Bezug auf Stickoxidemissionen sehr strenge Werte aufweisen.

6.3.1 Luftreinhalteverordnung für Kesselanlagen

Die Luftreinhalteverordnung für Kesselanlagen (LRV-K [29]) beinhaltet Emissionsgrenzwerte für Kesselanlagen, die mit Abgasen aus Kolbenmaschinen betrieben werden, was aber nicht auf Blockheizkraftwerke mit Pflanzenöl zutrifft.

6.3.2 Vorarlberger Luftreinhalteverordnung

Die Vorarlberger Luftreinhalteverordnung [61] beinhaltet Emissionsgrenzwerte für stationäre Motoren. Die Grenzwerte sind in der nachfolgenden Tabelle angeführt.

Tabelle 5: Emissionsgrenzwerte bei stationären Motoren mit Pflanzenöl oder Pflanzenölmethylester (Quelle: gemäß Luftreinhalteverordnung Vorarlberg [61])

Staub [mg/Nm ³]	CO [mg/Nm ³]	NO _x [mg/Nm ³]
100	650	400 1200 *)

*) gültig für naturbelassene Pflanzenöle oder Pflanzenölmethylester

bezogen auf 5 % Sauerstoff

6.3.3 BMWA-Arbeitskreis „Stationärmotoren“

In einem Arbeitskreis der Technischen Amtssachverständigen im gewerbebehördlichen Genehmigungsverfahren wurde eine „Technische Grundlage für die Beurteilung von Emissionen aus Stationärmotoren“ erarbeitet (BMWA 2001 [55]). Als flüssige Brennstoffe sind darin Heizöl extraleicht und Dieselkraftstoff enthalten. Reines Pflanzenöl ist explizit nicht angeführt, dennoch werden die Grenzwerte als Beurteilungsgrundlage im behördlichen Genehmigungsverfahren herangezogen.

Bei der Staubemission wurde unter 125 kW Brennstoffwärmeleistung auf eine Staubmessung verzichtet, ein Rußwert von 3 Bosch-Einheiten ist einzuhalten. Zwischen 125 und 1000 kW werden 50 mg, darüber 30 mg/Nm³ gefordert. Kohlenstoffmonoxid: Bei einer Leistung von < 1 MW wurde ein Grenzwert von 650 mg/Nm³, bei > 1 MW ein Grenzwert von 250 mg/Nm³ festgelegt. Die empfohlenen Grenzwerte für die NO_x-Emissionen wurden je nach Leistung gestaffelt. Unter 125 kW wird ein Grenzwert von 4000 mg/Nm³ gefordert. Allerdings wird darauf hingewiesen, dass verschiedene Anbieter bereits 2500 mg/Nm³ garantieren. Die Entwicklung ist zu beobachten. Über 2,5 MW wird der Grenzwert auf 250 mg/Nm³ verschärft. Es wird darauf hingewiesen, dass diese Werte nach dem heutigen Stand der Technik nur mit SCR-Katalysatoren erreicht werden können.

Tabelle 6: Grenzwertempfehlungen für Stationärmotoren (Quelle: BMWA 2001 [55])

Grenzwertempfehlungen, bezogen auf 0° C, 1013 mbar, 5% O₂, in der Regel bei Nennleistung¹⁾:

Heizöl extraleicht / Dieseldieselkraftstoff									Erdgas / Flüssiggas Ottomotor						Biogas							Klärgas Deponiegas ⁵⁾							
< 125 kW			≥ 125 < 1000 kW			≥ 1000 < 2500 kW			≥ 2500 kW			< 2500 kW			≥ 2500 kW			< 250 kW				≥ 250 kW			< 250 kW		≥ 250 kW		
< 50 kW			≥ 50 < 400 kW			≥ 400 < 1000 kW			≥ 1000 kW			< 1000 kW			≥ 1000 kW			< 100 kW				≥ 100 kW			< 100 kW		≥ 100 kW		
			Oxi-Kat ²⁾			SCR-Kat ³⁾			SCR-Kat ³⁾																		Magermotor		
NO _x	CO	Staub	NO _x	CO	Staub	NO _x	CO	Staub	NO _x	CO	Staub	NO _x	CO	NMHC	NO _x	CO	NMHC	NO _x	CO	NMHC	NO _x	CO	NMHC	H ₂ S	NO _x	CO	NO _x	CO	NMHC
4000 ⁴⁾	650	Bosch 3	2500	650	50	400	250	50	250	250	30	250	200	150	150	200	50	----	650	----	400	650	150	5	----	650	500	400	150

Die Brennstoffwärmeleistung BWL ist maßgebend für die Klassifizierung innerhalb dieser Tabelle.

Die mechanische Leistung wurde unter Annahme eines Wirkungsgrades von 40 % aus der BWL errechnet und ist als Richtwert anzusehen.

Für **Notstromaggregate** gelten die entsprechend ihrer Leistung in der Tabelle angeführten Grenzwerte für CO und Staub.Für NO_x ist der Grenzwert in der Höhe von 4000 mg/Nm³⁴⁾ einzuhalten.

Die angegebenen mechanischen Leistungen sind gemäß Richtlinie 80/1269/EWG, Anhang I, zuletzt geändert durch Richtlinie 1999/99/EG, ermittelte mechanische Motorleistungen von Selbstzündungs- und Fremdzündungsmotoren.

¹⁾ Abnahme bei Nennlast; in begründeten Einzelfällen auch bei anderer Last nach Vorgabe der

Abnahmemesswerte für diesen Lastpunkt.

²⁾ Vorteilhaft zur Reduzierung der unverbrannten Kohlenwasserstoffe und der Geruchsbelastung.³⁾ Zur Einhaltung der angeführten Grenzwerte ist nach dem derzeitigen Stand der Technik ein SCR-Kat erforderlich.Ein Ammoniakverlust von höchstens 5 mg/Nm³ darf nicht überschritten werden.⁴⁾ Es gibt bereits Anbieter, die in diesem Leistungsbereich die Einhaltung eines NO_x-Grenzwertes von 2.500 mg/m³ garantieren.

Es sind hier Fortschritte in der technischen Weiterentwicklung abzusehen.

⁵⁾ Grundsätzlich sind die übrigen Luftschadstoffe wie bei der Müllverbrennung zu begrenzen;

in der Regel wird eine Rohgasreinigung erforderlich sein. Siehe hierzu LRV-K 1989, BGBl.Nr. 19/1989, idF. BGBl. II Nr. 324/1997.

6.3.4 Immissionsschutzgesetz - Luft

In jedem Fall sind die Immissionsgrenzwerte gemäß Immissionsschutzgesetz – Luft (IG-L BGBl. I Nr. 115/1997 zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 62/2001, [19]) einzuhalten. Im § 21 des IG-L ist festgelegt, dass Anlagen, die keiner bundesgesetzlichen Genehmigungspflicht unterliegen, jedoch erhebliche Mengen an Luftschadstoffen emittieren, einer luftreinhalterechtlichen Genehmigung bedürfen. Der Bundesminister für Umwelt ist ermächtigt, Emissionsgrenzwerte für diese Anlagen festzulegen. Davon wären z. B. landwirtschaftliche Anlagen betroffen, jedoch keine Anlagen, die der Gewerbeordnung, dem Luftreinhaltengesetz für Kesselanlagen, dem Berggesetz oder dem Abfallwirtschaftsgesetz unterliegen. In einem Entwurf für eine Verordnung sind auch Grenzwerte für Emissionen aus Stationärmotoren enthalten.

6.3.5 Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (Deutschland)

Im Genehmigungsverfahren von BHKW-Anlagen wird für die Emissionsgrenzwerte auch die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft, [14]) aus Deutschland herangezogen. Die Errichtung und der Betrieb von stationären Verbrennungsmotoranlagen fallen in Deutschland in den Geltungsbereich des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BimSchG). Demnach sind Verbrennungsmotoranlagen erst ab einer Feuerungswärmeleistung > 1 MW immissionsschutzrechtlich genehmigungspflichtig. Für diese Anlagen gelten die Grenzwerte gemäß Tabelle 7.

Tabelle 7: Emissionsgrenzwerte für Anlagen > 1 MW Feuerungswärmeleistung (Quelle: TA-Luft [14])

Staub [mg/Nm ³]	CO [mg/Nm ³]	NO _x [mg/Nm ³]
20	300	500 (> 3 MW) 1000 (1 – 3 MW)

Bezogen auf 5 % Sauerstoff

Für Anlagen < 1 MW gelten jedoch nur Orientierungswerte gemäß Tabelle 8. Diese Werte sind nicht festgeschrieben und können daher je nach Stand der Technik, Anlagengröße, etc. variieren.

Tabelle 8: Orientierungswerte für Anlagen < 1 MW Feuerungswärmeleistung (Quelle: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz [35])

Staub- [mg/Nm ³]	CO [mg/Nm ³]	NO _x [mg/Nm ³]
20 ¹⁾	300	1000 (> 1 MW) 2500 (0,5 – 1 MW) ²⁾ 3000 (< 0,5 MW)

¹⁾ Unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit

²⁾ Durch motorische Maßnahmen

Bezogen auf 5 % Sauerstoff

6.3.6 Schweizer Luftreinhalte-Verordnung

In der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) der Schweiz [52] sind in Abschnitt 82 des Anhangs 2 Grenzwerte für die Emissionen aus stationären Verbrennungsmotoren festgelegt. Stickoxide und Kohlenmonoxid sind erst bei Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung ab 100 kW begrenzt.

Tabelle 9: Emissionsgrenzwerte für stationäre Verbrennungsmotoren der Schweizer Luftreinhalte-Verordnung (Quelle: [52])

Staub- [mg/Nm ³]	CO- [mg/Nm ³]	NO _x [mg/Nm ³]
50	650	400 mg/Nm ³ ¹⁾ 250 mg/Nm ³ ²⁾

¹⁾ beim Betrieb mit Gasbrennstoffen, wenn die Anlage jährlich mind. 80 % damit betrieben wird

²⁾ beim Betrieb mit anderen Brennstoffen

Bezogen auf 5 % Sauerstoff

7 PRÜFSTAND FÜR BLOCKHEIZKRAFTWERKE

Im Zuge des Projekts wurde an der BLT ein Prüfstand für Blockheizkraftwerke errichtet. Dabei kann eine Wärmeleistung bis 50 kW und eine elektrische Leistung bis 25 kW abgenommen werden. Der Wärmekreislauf des Prüfstandes ist über flexible Schlauchleitungen mit dem BHKW verbunden und mit einem Durchflussmessgerät ausgestattet. Die Wassertemperaturen am Kesselein- und -austritt werden mittels Pt100-Widerstandsthermometer gemessen. Die Messung der zugeführten Kraftstoffmenge erfolgt über einen Ovalradzähler bzw. über Verwiegung der zugeführten Kraftstoffmenge. Bild 12 zeigt eine schematische Darstellung der BHKW-Prüfeinrichtung.

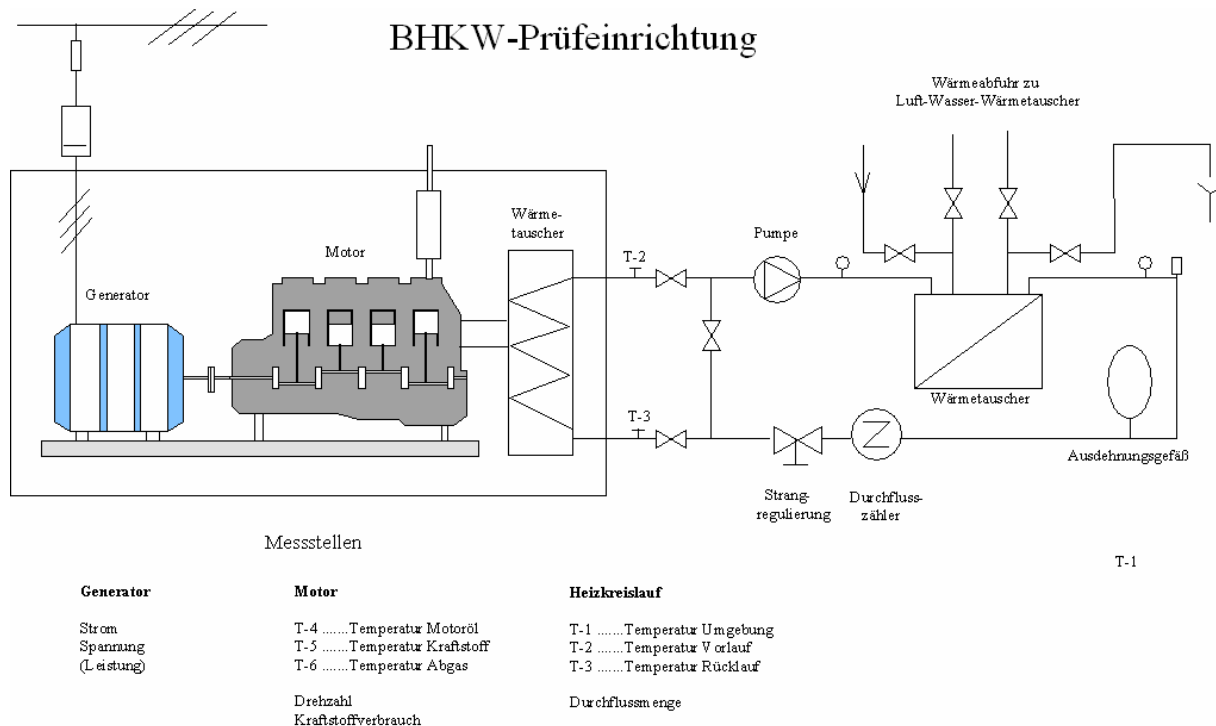


Bild 12: BHKW-Prüfstand (schematisch)



Bild 13: Prüfstand für Blockheizkraftwerke an der BLT

Die Messdatenerfassung erfolgt mittels Datenerfassungssystem TopMessage der Firma Delphin Technologie AG. Das Abfrageintervall der Messstellen beträgt 1 Sekunde, danach erfolgt eine Mittelwertbildung über 10 Messungen und die Ablage der gemittelten Daten auf einen Datenträger.

Für die Messung der Emissionen wird die Messausrüstung des Heizkesselprüfstandes mit den Analysatoren gemäß Tabelle 10 verwendet.

Tabelle 10: Gasanalysatoren zur Abgasemissionsmessung

Komponente	Analysator
Kohlenstoffdioxid und Kohlenstoffmonoxid	Infrarotgasanalysator BINOS 1004 (Fisher Rosemount); Kohlendioxid: kleinster Messbereich 0 - 1,5 %, größter Messbereich 0 - 30 %; Kohlenmonoxid: kleinster Messbereich 0 - 50 ppm, größter Messbereich 0 - 2500 ppm; Bestimmung im trockenen Abgas
organisch gasförmige Stoffe	Flammenionisationsdetektor Type VE 5 (JUM); Probenahme über beheizten Filter und beheizte Leitung (auf 180 °C thermostatisiert); Bestimmung im feuchten Abgas
Stickstoffmonoxid	Chemilumineszenzdetektor CLD 502 (Tecan AG); Probenahme über beheizten Filter, beheizte Leitung und Messgaskühlung; Bestimmung im trockenen Abgas



Bild 14: Gasanalysatoren

Der vom Prüfobjekt erzeugte Strom wird in das öffentliche Netz eingespeist (Bild 15). Eine eigene Spannungs- und Frequenzüberwachung sorgt für eine Abschaltung im Fehlerfall. Es wird sowohl die eingespeiste als auch die bezogene Energiemenge erfasst. Dabei kann die Leistung in Wirk-, Blind- und Scheinleistung mit Spitzenwerterfassung aufgeschlüsselt werden (Bild 16). Für die Ermittlung eines etwaigen Eigenstrombedarfes stehen eigene Steckdosen mit einem zusätzlichen Zähler zur Verfügung.



Bild 15: Stromeinspeisung



Bild 16: Stromzähler für die Einspeisung (Quelle: EVN)

8 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE VON BLOCKHEIZKRAFTWERKEN

8.1 Untersuchung eines Klein-BHKW mit 4 kW elektrischer Leistung

8.1.1 Beschreibung der Anlage

Das Blockheizkraftwerk NP-4 der Firma Söllinger ÖKOTEC ist ein Komplett-Modul mit einem Perkins-Industriemotor (Vorkammermotor) und einem wassergekühltem Asynchrongenerator. Der Grundrahmen ist körper-, schall- und schwingungsentkoppelt. Weitere Komponenten sind: Motor-Wärmetauscher in Mehrzugausführung, Abgas-Katalysator, Doppelschalldämpfer, Luftansaugschalldämpfer, Vorratsbehälter mit Niveauregelung für die Ölwanne sowie Ölvor- und -nachfilter, eine integrierte Temperaturregelung für den Motor mit drehzahl geregelter Pufferbehälter- bzw. Energiespeicher-Ladepumpenansteuerung, Wärmemengenzähler und Stromzähler. Die Anlage ist für Netzparallelbetrieb und mit einer Blindleistungskompensation ausgerüstet. Der Schaltschrank beinhaltet eine wärme- oder stromgeführte Regelung mit Start-Stop-Automatik und ist laut Hersteller mit allen Sicherheitseinrichtungen nach EVU-Richtlinien ausgestattet. An der Rückseite der Schallschutzkabine des Aggregates befinden sich die Anschlüsse für Kraftstoff, Verbrennungsluft, Abgas, Heizung und auch alle Elektroanschlüsse für Generator und Steuerleitungen.

Die Besonderheit der Anlage besteht darin, dass das Pflanzenöl nicht nur als Kraftstoff, sondern auch zur Schmierung des Motors verwendet wird. Das Öl wird über einen Ölvorratsbehälter mit Niveauregelung zuerst in die Ölwanne und danach in die Einspritzpumpe geleitet. Eine separate Versorgung mit Motoröl entfällt daher. Dieses Konzept wird allerdings vom Anlagenhersteller derzeit nicht mehr weitergeführt.



Bild 17: Abbildung der Anlage im geschlossenen Zustand



Bild 18: Abbildung der Anlage im geöffneten Zustand

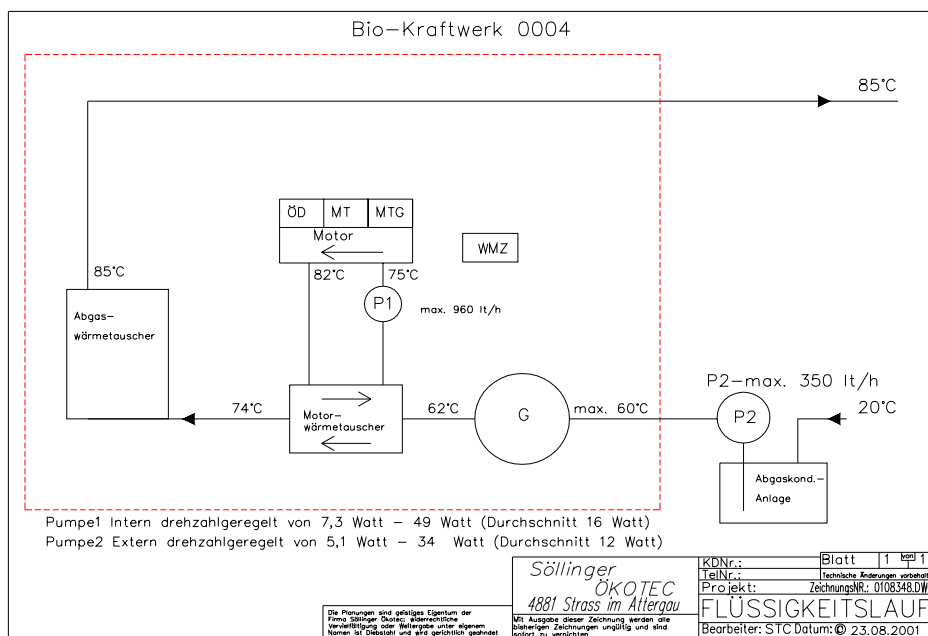


Bild 19: Anlagenschema

8.1.2 Technische Daten (lt. Firmenunterlagen)

Tabelle 11: Technische Daten (lt. Firmenunterlagen)

Gesamtabmessungen	
Gesamtlänge	1116 mm
Gesamtbreite	600 mm
Gesamthöhe	1080 mm
Gesamtmasse (inkl. Unterbau)	394 kg
Motor	
Fabrikat	Perkins
Motortype	103-07
Zylinderzahl	3
Bohrung x Hub	67 x 64 mm
Hubraum	676 cm ³
Verbrennungssystem	Vorkammer
Nenndrehzahl	1540 U/min
Dauerleistung	5,4 kW
Abgastemperatur	430 °C
Max. Abgasgegendruck	0,07 bar
Kraftstoffverbrauch bei 4,5 kW	1,28 l/h
Kühlung	Wasser mit Korrosionsschutz
Generator	
Hersteller	GuMa GmbH
Generatortyp	4/4NP
Betriebsart	Si-Dauerbetrieb
Generatorart	Asynchron
Polzahl	4
Dauerleistung	4 kW
Überlastsicher bis	5,2 kW
Max. Rückleistung	2,2 kW bei 1480 U/min
Schieflastsicher bis	60 %
Spannung	400 V
Strom	5,8 A
Kurzschlussstrom	27 A
Frequenz	50 Hz
Drehzahl	1540 U/min
Erregung	30 µF
Powerfaktor BKW cos φ komp.	> 0,975
Wirkungsgrad	91 %
Schutzart	IP54

8.1.3 Versuchsanordnung und Messgeräte

Das Abgas wurde über eine senkrechte Messstrecke (Durchmesser 100 mm, wärmedämmend; Probenahme 56 cm über Mitte des Abgasrohr-Anschlussstutzens) abgeführt. Die Bestimmung der Abgastemperatur erfolgte in der Messstrecke durch Netzmessung mit 5 Thermoelementen.

Der Gehalt an Kohlenstoffdioxid und Kohlenstoffmonoxid wurde durch Infrarotgasanalysatoren (BINOS 1004 der Fa. Fisher Rosemount) im trockenen Abgas bestimmt. Organisch gasförmige Stoffe wurden durch einen Flammenionisationsdetektor (VE 5 der Fa. JUM) im feuchten Abgas bestimmt. Die Probenahme erfolgte über beheizte Filter und beheizte Leitung (auf 180 °C thermostatisiert). Die Bestimmung des Gehalts an Stickstoffmonoxid erfolgte mit einem Chemilumineszenzanalysator (CLD 502 der Fa. TECAN). Die Probenahme erfolgte ebenfalls über ein beheiztes Filter, eine beheizte Leitung und Messgaskühlung. Die Stickoxidemission wurde im trockenen Abgas gemessen und als NO₂ ausgewiesen. Weiters wurde der Rauchwert nach Bosch bestimmt. Der Messwert errechnet sich aus 3 aufeinander folgenden Messungen im Abstand von je 30 Minuten.

Die Wärmeleistungsmessung erfolgte am Kesselprüfstand der BLT durch unmittelbare Messung der im Kreislauf umgewälzten Wassermenge und deren Temperaturerhöhung. Die elektrische Leistung wurde mit einem Precision-Wattmeter (NORMA D5155) gemessen. Die Bestimmung des Kraftstoffverbrauches erfolgte gravimetrisch durch Abwiegen des Kraftstoffbehälters.

Die Messdaten wurden alle 10 s auf Datenträger aufgezeichnet.



Bild 20: Prüfstand für biogene Feuerungen an der BLT

8.1.4 Versuchsdurchführung und Versuchsauswertung

Bei den Messungen wurden die Wärmeleistung, die elektrische Leistung, die zugeführte Kraftstoffmenge, die Zusammensetzung des Verbrennungsgases und die Verbrennungsgas-temperatur in der Messstrecke ermittelt. Vor Messbeginn wurde das Blockheizkraftwerk bei Nennleistung betrieben bis stationäre Verhältnisse erreicht wurden. Die Messung erstreckte sich danach über einen Zeitraum von einer Stunde. Die Abgasverluste wurden aus der mittleren Abgastemperatur und der Abgasmenge errechnet, wobei die spezifische Wärme des Abgases aus der vollständigen Analyse des Abgases berechnet wurde. Weiters wurden an 60 Punkten an der Oberfläche die Temperaturen gemessen und die Verluste über die Oberfläche nach DIN 4702-2 errechnet.

8.1.5 Kraftstoffeigenschaften

Die Kraftstoffeigenschaften sind in nachfolgender Tabelle angegeben (Analysen BLT):

Tabelle 12: Kraftstoffeigenschaften

Parameter	Wert	Einheit
Probennummer	00-146	
Brennwert	39,7	MJ/kg
Heizwert	37,1	MJ/kg
Wassergehalt	0,07	%
Dichte bei 20 °C	0,919	g/cm ³
Gehalt an Kohlenstoff 1)	77,0	%
Gehalt an Wasserstoff 1)	11,6	%
Gehalt an Sauerstoff 1)	10,7	%
¹⁾ Eigene Berechnungen. Die Elementaranalyse wurde aus dem Fettsäuremuster marktgängiger Pflanzenöle berechnet (Durchschnittswert aus der Literatur; Weihenstephan 2000).		

8.1.6 Untersuchungsergebnisse

Während des Versuchszeitraumes von einer Stunde wurde insgesamt 1,60 kg Kraftstoff verbraucht, was einer Brennstoffwärmeleistung von 16,5 kW entspricht. Die mittlere thermische Leistung betrug 11 kW, die mittlere elektrische Leistung 4,3 kW. Damit ergibt sich ein sehr guter Gesamtwirkungsgrad von über 93 %.

Tabelle 13: Untersuchungsergebnisse NP-4

Parameter	Wert	Einheit
Heizwert des Kraftstoffes	37,07	MJ/kg
Gesamte zugeführte Kraftstoffmenge	1,60	kg
Stündlich zugeführte Kraftstoffmenge	1,60	kg/h
Brennstoffwärmeleistung	16,5	kW
Thermische Leistung	11,07	kW
Elektrische Leistung	4,34	kW
Thermischer Wirkungsgrad	67	%
Elektrischer Wirkungsgrad	26	%
CO-Emissionen (5 % O ₂)	605	mg/Nm ³
HC-Emissionen (5 % O ₂)	25	mg/Nm ³
NO _x -Emissionen (5 % O ₂)	644	mg/Nm ³
Rauchwert nach Bosch	2,7	

Weiters wurde eine Ermittlung der Oberflächenverluste durchgeführt. Das Ergebnis der Messung ist in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 14: Oberflächenverluste

Parameter	Wert	Einheit
Umgebungstemperatur	29	°C
Abgastemperatur	79	°C
Vorlauftemperatur	78	°C
Abgegebene Wärmeleistung	11,1	kW
Verluste durch Abstrahlung der Anlage	0,22	kW
Verlustanteil bezogen auf Gesamtleistung	1,3	%

8.2 Untersuchung eines Klein-BHKW mit 6 kW elektrischer Leistung

8.2.1 Beschreibung der Anlage

Das Blockheizkraftwerk vom Typ KWE 5P-3 AP der Firma Konrad Weigel Energietechnik ist mit einem 3-Zylinder-Wirbelkammer-Motor der Fa. Kubota ausgerüstet und für den Betrieb mit reinem Pflanzenöl ausgestattet. Der Motor treibt einen Asynchrongenerator an, welcher im Netzparallelbetrieb arbeitet. Der Maschinensatz ist auf einem verwindungssteifen Grundrahmen aus Profilstahl mit Bodenwanne aufgebaut. Motor und Generator sind durch einen SAE-Zwischenflansch und einer drehelastischen Kupplung direkt gekoppelt und elastisch auf dem Grundrahmen gelagert. Kühlwasserwärmetauscher, wassergekühltes Abgassammelrohr, Abgaswärmetauscher, Motor und Generator sind komplett verrohrt und soweit erforderlich isoliert. Der Abgaswärmetauscher ist stehend eingebaut. Der Schalldämpfer ist liegend unter Motor und Generator montiert. Die elektrische Ausrüstung ist komplett bis zum zentralen Klemmenkasten verdrahtet. Alle Anschlüsse befinden sich an der Rückseite. Die Aufstellung der Anlage erfolgt auf elastischen Maschinenfüßen, um Körperschallübertragung weitestgehend zu vermeiden.



Bild 21: BHKW im Dauerlauf am Prüfstand

Die Kraftstoffversorgung erfolgt im Einstrangsystem durch eine externe elektrische Kraftstoffpumpe. Kraftstoff-Feinfilter sind im BHKW eingebaut. Die Abgasanlage besteht aus folgenden Komponenten: wassergekühltes Abgassammelrohr, wartungsfreier Edelstahlwärmetauscher (stehend vor dem Motor eingebaut), isolierter Vor- und Nachschalldämpfer (im Modul integriert), Schwingungsentkoppelung und Ausgleich der Wärmeausdehnung durch mehrere Edelstahlkompensatoren. Ein Oxidationskatalysator ist auf Wunsch lieferbar.

Die Aggregatkühlung erfolgt über ein Zweikreiskühlsystem mit elektrischer Wasserpumpe, Druckausdehnungsgefäß, Überdruckventil und Entleerungshahn. Die Wärmeübertragung vom Aggregatkühlkreis auf das Heizungssystem wird durch einen Edelstahl-Plattenwärmetauscher bewerkstelligt. Durch eine integrierte Vorlauftemperaturregelung wird eine konstant hohe Vorlauftemperatur im Heizkreis ermöglicht. Eine externe Rücklauftemperaturanhebung ist nicht erforderlich. Die Anlage ist mit einer pulverbeschichteten Schalldämmhaube in Kassetten-Bauweise aus Stahlblech verkleidet.



Bild 22: Anschlüsse des BHKW

Steuerung:

Der Motorstart erfolgt durch motorischen Anlauf des Generators. Der Anlaufstrom wird durch einen elektronischen Sanftstarter begrenzt. Die Anlagensteuerung erfolgt durch einen Industrieregler und ist mit einer Vollgrafikanzeige und mit allen Funktionstasten ausgestattet, die für die Bedienung des BHKW erforderlich sind. Auf dem Display werden Informationen über die Anlage und den momentanen Status angezeigt. Die Steuerung übernimmt weiters die Leistungs- und Stromüberwachung der Anlage.



Bild 23: Anlagensteuerung und Bedienung

Anschluss an das Niederspannungsnetz:

Die Ausführung entspricht den VDEW-Richtlinien für Eigenerzeugungsanlagen, Ausgabe 4/2001. Die Anlage ist für den Netzparallelbetrieb (dreiphasige Einspeisung), aber ohne Inselbetriebsmöglichkeit, ausgerüstet. Die Netzüberwachung erfolgt durch eine dreiphasige selbsttätige Freischnittstelle. Das Gerät überwacht die Spannung, Frequenz und Impedanz des Netzes.

8.2.2 Technische Daten (lt. Firmenunterlagen)

Tabelle 15: Technische Daten der Anlage (Herstellerangaben)

BHKW-Hersteller	Konrad Weigel
BHKW-Type	KWE 5P-3 AP
Betriebsweise	Netzparallelbetrieb
Elektrische Leistung	5,5 kW
Thermische Leistung	ca. 13 kW
Kraftstoffverbrauch	ca. 2,4 l/h Pflanzenöl
Schalldruckpegel	ca. 52 dB/A in 1 m Entfernung
Vorlauftemperatur	max. 85 °C
Rücklauftemperatur	max. 65 °C
Motor	Kubota D1105-BG
Bauart	Reihenmotor, 3-Zylinder, 4-Takt-Diesel
Verbrennungssystem	Wirbelkammer
Hubraum	1,1 l
Nenn Drehzahl	1565 U/min
Nennleistung	9,4 kW bei 1500 U/min
Asynchrongenerator	
Kühlung	Wasserkühlung
Leistung	6 kW
Spannung / Frequenz	400 V / 50 Hz
Betriebsart	S1
Schutzart	IP54
Abmessungen, Gewicht	
l x b x h	1080 x 760 x 1050 mm
Gewicht	ca. 500 kg

8.2.3 Versuchsanordnung und Versuchsdurchführung

Bei den Messungen wurden die Wärmeleistung, die elektrische Leistung, die zugeführte Kraftstoffmenge, die Zusammensetzung des Verbrennungsgases und die Verbrennungsgas-temperatur in der Messstrecke ermittelt. Vor Messbeginn wurde das Blockheizkraftwerk bei Nennleistung betrieben, bis stationäre Verhältnisse erreicht wurden. Die Messung der Abgasemissionen erstreckte sich danach über einen Zeitraum von drei Stunden und wurde ebenfalls bei Nennleistung durchgeführt. Die Kraftstoffversorgung erfolgte aus einem Behälter, das Gewicht des Behälters wurde alle 10 Minuten manuell aufgezeichnet.

Die Abgasverluste wurden aus der mittleren Abgastemperatur und der Abgasmenge errechnet, wobei die spezifische Wärme des Abgases aus der vollständigen Analyse des Abgases berechnet wurde. Zur Ermittlung der Oberflächenverluste wurden an 60 Punkten der Oberfläche die Temperaturen gemessen und die Verluste nach DIN 4702-2 errechnet.

Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, organisch gebundener Kohlenstoff und Stickoxide wurden über das Messintervall von drei Stunden gemittelt. Vor und nach der Messung wurden die Gasanalysatoren mit Kalibriergasen überprüft. Der Restsauerstoffgehalt wurde aus der Abgasanalyse mit der Elementaranalyse des Kraftstoffs berechnet.

Der Gehalt an organischen gasförmigen Stoffen wurde im feuchten Abgas gemessen, die Emission auf trockenes Rauchgas umgerechnet und als organisch gebundener Kohlenstoff ausgewiesen. Die Stickoxidemission wurde im trockenen Abgas gemessen und als NO₂ ausgewiesen. Für die Auswertung wurde die vollständige Abgasanalyse mit Hilfe des gemessenen und über die Messperiode gemittelten Gehaltes an Kohlenstoffmonoxid und Kohlenstoffdioxid sowie der Zusammensetzung des Kraftstoffes berechnet. Der Rauchwert nach Bosch wurde in Halbstundenintervallen gemessen.

Analysedaten des Versuchskraftstoffes siehe 8.1.5.

8.2.4 Ergebnisse

Im 3-stündigen Mittel wurde eine elektrische Leistung von etwa 6 kW und eine thermische Leistung von 13,8 kW gemessen. Der Kraftstoffverbrauch betrug 2,28 kg/h, was einer Brennstoffwärmeleistung von 23,5 kW entspricht.

Tabelle 16: Messergebnisse

Parameter	Wert	Einheit
Datum der Emissionsmessung	20.7.2001	
Datum der Leistungsmessung	19.9.2001	
Messdauer	jeweils 3	h
Kraftstoffverbrauch	2,28	kg/h
Heizwert Kraftstoff	37,07	MJ/kg
Brennstoffwärmeleistung	23,5	kW
Thermische Leistung	13,8	kW
Elektrische Wirkleistung	5,96	kW
Elektrische Scheinleistung	9,37	VA
Leistungsfaktor $\cos \varphi$	0,64	
Thermischer Wirkungsgrad	58,7	%
Elektrischer Wirkungsgrad	25,3	%
Rauchwert nach Bosch	0,8	
CO-Gehalt (5 % O ₂)	241	mg/Nm ³
Organisch gebundener Kohlenstoff (5 % O ₂)	9	mg/Nm ³
Stickoxide (5 % O ₂)	1575	mg/Nm ³

8.3 Untersuchung eines Klein-BHKW mit 8 kW elektrischer Leistung

8.3.1 Beschreibung der Anlage

Das Blockheizkraftwerk D3KU/8-10 Firma NET – Neue Energie Technik Salzburg ist ein Komplett-Modul bestehend aus einem 3-Zylinder-Dieselmotor der Fa. Kubota (Wirbelkammer) und einem geregelten Synchrongenerator. Der Grundrahmen ist körperschall- und schwingungsentkoppelt. Die gegenständliche Anlage ist ausschließlich für den Inselbetrieb ausgelegt. In der vom Modul getrennten Anlagensteuerung sind sämtliche Bedien- und Überwachungsfunktionen integriert. Das Starten des Moduls erfolgt über eine Batterie.

Die Anlage wurde im Dezember 2004 am Prüfstand der BLT untersucht.



Bild 24: NET D3KU am Prüfstand



Bild 25: NET D3KU - geöffnet

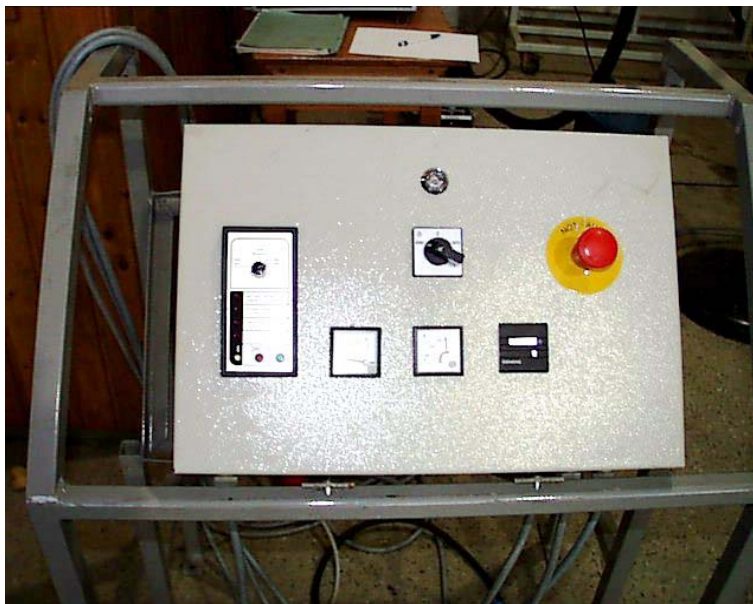


Bild 26: Anlagensteuerung

8.3.2 Technische Daten (lt. Firmenangaben)

Tabelle 17: Technische Daten (Quelle: NET)

BHKW	
Größe	1600 x 800 x 1100 mm
Gewicht	310 kg für NET D3KU/8-10
Schutzart	IP 23
Leistung	8/10 kVA für NET D3KU/8-10
Spannungen	400 V / 230V
Stromstärken	25,3 / 14,6A für NET D3KU/8-10
Lackierung	RAL moosgrün
Motor	
Marke	Kubota
Type	D905-BG
Art	wassergekühlter Dieselmotor, vertikal
Verbrennungssystem	Wirbelkammer
Anzahl der Zylinder	3
Hubraum	898 ccm
Leistung	6,5 kW / 8,8 PS nach DIN 6270-NA bei 1500 U/min
Anlassart	Elektrostartanlage
Ladespule	12V, 50W

Tabelle 17 (Fts.): Technische Daten (Quelle NET)

Generator	
Marke	MECC-Alte bzw. Stanford
Bauart	selbstregelnder Synchrongenerator, mit elektronischem Regler, bürstenlos
Bauform	MD 35 EC3 SB/2 für NET D3KU/8-10
Leistung	8-10 kVA für NET D3KU/8-10
Ampere	25,3/14,6 A für NET D3KU/8-10
Spannung	230/400 V
Frequenz	50 Hz
Isolierung	Klasse H
Erregung	selbsterregend
Spannungskonstanz	± 2 % bei Drehzahländerungen von -10 % bzw. +30 %
Funkentstörung:	VDE 0875, Entstögrad G

8.3.3 Messergebnisse

Die Messung wurde über einen Versuchszeitraum von 1 Stunde durchgeführt. Der letzte Halbstundenmittelwert wurde ausgewertet. Die Brennstoffwärmeleistung betrug 20,7 kW. Die abgegebene thermische Leistung 10,3 kW, die elektrische Leistung 5,8 kW. Die Messergebnisse sind in Tabelle 18 aufgelistet.

Tabelle 18: Untersuchungsergebnisse NET D3KU/8-10

Parameter	Wert	Einheit
Datum des Versuches:	09.12.2004	
Heizwert des Brennstoffes	37,0	MJ/kg
Stündlich Brennstoffmenge	2,0	kg/h
Brennstoffwärmeleistung	20,8	kW
Wärmeleistung	10,3	kW
Elektrische Wirkleistung	5,8	kW
Elektrische Scheinleistung	5,8	kVA
Leistungsfaktor $\cos \varphi$	1,0	
Thermischer Wirkungsgrad	49,9	%
Elektrischer Wirkungsgrad	27,8	%
Abgastemperatur	88,9	°C
CO-Emissionen (5 % O ₂)	462	mg/Nm ³
NO _x -Emissionen (5 % O ₂)	2027	mg/Nm ³

8.4 Dauerlauf eines Klein-BHKW mit 6 kW elektrischer Leistung

In der Wintersaison 2002/2003 wurde ein BHKW der Firma Konrad Weigel Energietechnik mit einer Nennleistung von 6 kW_{el} im Dauerlauf am Prüfstand betrieben. Ziel des Versuches über etwa 3000 Betriebsstunden war die Gewinnung von Erfahrungen im praktischen Betrieb und die Beobachtung etwaiger Veränderungen bei Leistung und Abgasemissionen über den Versuchszeitraum. Am Ende wurde die Anlage vom Hersteller begutachtet. Die Anlage ist typengleich mit jener, die bereits im Jahr 2001 am Prüfstand vermessen wurde (siehe Kapitel 8.2).

8.4.1 Beschreibung der Anlage und technische Daten (lt. Herstellerangaben)

Das Blockheizkraftwerk ist mit einem 3-Zylinder-Vorkammer-Motor der Firma Kubota (Typ D1105) ausgerüstet und für den Betrieb mit reinem Pflanzenöl ausgestattet. Der Motor treibt einen Asynchrongenerator im Netzparallelbetrieb an. Weitere Details zum Aufbau und zur Ausrüstung siehe Kapitel 8.2.

Tabelle 19: Technische Daten der Anlage (lt. Herstellerangaben)

BHKW-Hersteller	Konrad Weigel
BHKW-Type	KWE 6P-3 AP
Betriebsweise	Netzparallelbetrieb
Elektrische Leistung	6 kW
Thermische Leistung	ca. 14 kW
Wirkungsgrad	ca. 86 %
Kraftstoffverbrauch	ca. 2,5 l/h
Schalldruckpegel	ca. 52 dB/A in 1 m Entfernung
Vorlauftemperatur	max. 85 °C
Rücklauftemperatur	max. 65 °C
Motor	Kubota D1105-BG
Bauart	Reihenmotor, 3-Zylinder, 4-Takt-Diesel
Verbrennungssystem	Wirbelkammer
Hubraum	1,1 l
Nenn Drehzahl	1550 U/min
Nennleistung	9,4 kW bei 1500 U/min
Asynchrongenerator	
Kühlung	Wasserkühlung
Leistung	6,7 kW
Spannung / Frequenz	400 V / 50 Hz
Betriebsart	S1
Schutzart	IP54
Abmessungen, Gewicht	
l x b x h	1160 x 680 x 1050 (bzw. 1600) mm
Gewicht	ca. 500 kg



Bild 27: BHKW im Dauerlauf am Prüfstand

8.4.2 Messdatenerfassung

Während des Dauerlaufes wurden folgende Messwerte mittels Datenlogger automatisch aufgezeichnet:

- Elektrische Daten: Eingespeiste elektrische Energie, Netzspannung, Netzstrom;
- Thermische Leistung: Vorlauf- und Rücklauftemperatur, Wasserdurchfluss;
- Temperaturen: Abgas, Motoröl, Innenraum, Umgebung, Kraftstofftank, Wärmetauscher;
- Kraftstoffverbrauch: Durchflusszähler sowie 1-mal wöchentlich durch Abwiegen des Kraftstofftanks.

Das Abtastintervall betrug 1 Minute, daraus wurde ein 15-Minuten-Mittelwert berechnet.

8.4.3 Versuchskraftstoff

Die Kraftstoffversorgung erfolgte aus einem 1000-Liter-Kunststofftank. Die mittlere Temperatur am Lagerort betrug etwa 16 °C (siehe Bild 28). Die Analyseergebnisse sind in Tabelle 20 ersichtlich.



Bild 28: Kraftstofftank

Tabelle 20: Analysenergebnisse des Versuchskraftstoffes

Parameter	Probe Nr.	Probe Nr.	Einheit
Probennummer	02-274 ¹⁾	03-156 ²⁾	
Dichte	0,922	0,922	kg/l
Flammpunkt	241	246	°C
Viskosität bei 40 °C	34,1	34,5	mm ² /s
CCR	0,49	0,45	% Masse
Phosphor	6,7	7,1	ppm
Neutralisationszahl	1,38	1,31	mgKOH/g
Wassergehalt	0,06	0,065	%
Oxidationsstabilität (Rancimat, 110 °C)	5,6	--	h
Heizwert (Mittelwert)	37,1	--	MJ/kg
Gesamtverschmutzung	--	39	mg/kg

¹⁾ Mischprobe aus Tank 1 bis 6

²⁾ Probe aus Tank 7

8.4.4 Versuchsdurchführung

Der Dauerlauf des Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes erfolgte zwischen November 2002 und Mai 2003. Während des Betriebes wurden alle leistungsrelevanten Daten aufgezeichnet. Die Abgasemissionen wurden insgesamt 3-mal untersucht.

Die Betriebsweise der Anlage während des Dauerlaufes sollte möglichst praxisgerecht erfolgen. In der ersten Phase November 2002 bis Dezember 2002 erfolgte ein Intervallbetrieb für etwa 20 Stunden pro Tag an 5 Tagen in der Woche. Ab Ende Dezember bis etwa Mitte Februar erfolgte ein Dauerbetrieb rund um die Uhr und 7 Tage in der Woche. Danach wurde wieder auf einen Intervallbetrieb übergegangen.

8.4.5 Ergebnisse

8.4.5.1 Bilanz über Versuchsdauer

Der Dauerlauf wurde zwischen 7. November 2002 und 31. Mai 2003 dokumentiert. In dieser Zeit wurde das BHKW 2.931 Stunden betrieben. Dabei wurden 17.613 kWh Strom (entspricht einer mittleren elektrischen Leistung von 6 kW) und 29.281 kWh Wärme (thermische Leistung 13,4 kW) produziert. Der Kraftstoffverbrauch betrug 6.395 kg was einer Energie von 65.900 kWh und einer mittleren Brennstoffwärmeleistung von 22,5 kW entspricht. Der elektrische Wirkungsgrad errechnet sich dadurch zu 27 %, der thermische Wirkungsgrad zu 60 % und der Gesamtwirkungsgrad zu 86 % (Tabelle 21).

Tabelle 21: Bilanz des Dauerlaufes

Parameter	Wert	Einheit
Beginn des Dauerlaufs	07.11.2002	
Ende des Dauerlaufs	31.05.2003	
Laufzeit	2.931	Stunden
Produzierte elektrische Energie	17.613	kWh
Durchschnittliche elektrische Leistung	6,01	kW
Produzierte Wärmemenge	39.281	kWh
Durchschnittliche thermische Leistung	13,4	kW
Kraftstoffverbrauch	6.394,6	kg
Mittlerer Kraftstoffverbrauch	2,18	kg/h
Heizwert des Kraftstoffs	37,1	MJ/kg
Zugeführte Energie	65.900	kWh
Brennstoffwärmeleistung	22,5	kW
Elektrischer Wirkungsgrad über gesamten Versuchszeitraum	26,7	%
Thermischer Wirkungsgrad über gesamten Versuchszeitraum	59,6	%
Gesamtwirkungsgrad über gesamten Versuchszeitraum	86,3	%
Mittlere Abgastemperatur	176	°C
Mittlere Vorlauftemperatur	72	°C
Mittlere Rücklauftemperatur	36	°C
Mittlere Motoröltemperatur	88	°C
Mittlere Außentemperatur	5	°C
Mittlere Raumtemperatur	21	°C

8.4.5.2 Emissionsmessungen

Eine Emissionsmessung erfolgte zu Beginn nach 200 Betriebsstunden (1), nach etwa halber Laufzeit bei 1660 Betriebsstunden (2) sowie am Ende nach etwa 3000 Betriebsstunden (3). In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse zusammengefasst.

Tabelle 22: Emissionsmessungen - Übersicht und Ergebnisse

Messung - Nummer		1	2	3
Datum		21.11.2002	10.02.2003	12.06.2003
Brennstoffwärmeleistung	kW	21,69	23,3	22,8
Thermische Leistung	kW	13,0	13,9	13,9
Elektrische Leistung	kW	5,8	6,2	6,1
CO-Emissionen (5 % O ₂)	mg/Nm ³	298	236	208
Organisch gebundener Kohlenstoff (5 % O ₂)	mg/Nm ³	14	27	23
NO _x -Emissionen (5 % O ₂)	mg/Nm ³	1395	1235	1329
CO	mg/MJ	96	76	66
OGC	mg/MJ	5	10	8
NO _x	mg/MJ	448	397	423
Rauchwert		2,0	1,2	0,8

In der grafischen Darstellung ist deutlich erkennbar, dass sich die Abgasemissionen (insbesondere CO und Ruß) über die Laufzeit zunehmend verbessert haben. Dies spricht für eine optimale Betriebsweise der Anlage, was auch durch die abschließende Begutachtung des Motors am Ende des Dauerlaufs bestätigt werden konnte.

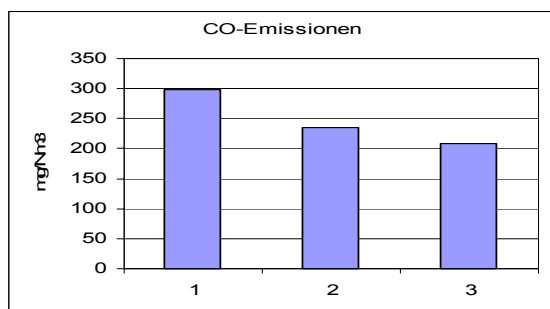


Bild 29: CO-Emissionen

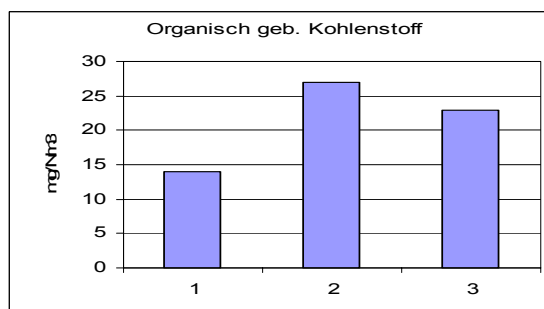


Bild 30: HC-Emissionen

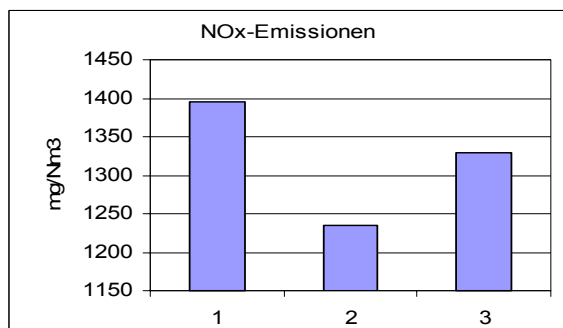


Bild 31: NOx-Emissionen

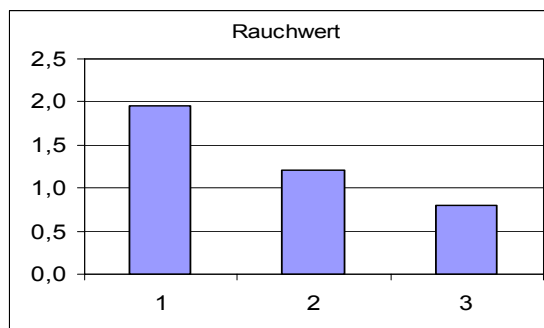


Bild 32: Rauchwert nach Bosch

Die Details zu den einzelnen Messungen sind im Anhang dargestellt.

Motorölanalysen

Der Motorölwechsel ist alle 600 Betriebsstunden vorgeschrieben. Etwa alle 100 h wurde eine Ölprobe gezogen und die Ölviskosität analysiert.

Tabelle 23: Ergebnisse der Ölanalysen (Quelle: BLT Wieselburg)

Labor-Nr.	Datum	Proben-Nr.	Bh	Bh seit ÖW	Anmerkung	V40 [mm ² /s]
03-002	02.01.2003	1	0	0	Frischöl	102,25
02-278	20.11.2002	2	214	214		91,95
02-283	03.12.2002	3	434	434		92
03-001	02.01.2003	4	613	613	ÖW	94,31
03-002	02.01.2003	5	613	0	Frischöl	102,25
03-006	07.01.2003	8	933	320		94,27
03-008	09.01.2003	9	1019	406		94,69
03-011	13.01.2003	10	1116	503		94,04
03-015	21.01.2003	11	1213	600	ÖW	94,02
03-002	02.01.2003	5	1213	0	Frischöl	102,25
03-021	27.01.2003	12	1308	95		98,25
03-023	31.01.2003	13	1441	228		97,44
03-025	10.02.2003	14	1534	321		98,2
03-026	10.02.2003	15	1641	428		96,39
03-047	21.02.2003	16	1754	541		96,69
03-048	21.02.2003	17	1845	632	ÖW	96,3
03-072	25.03.2003	20	1845	0	Frischöl	102,45
03-050	25.02.2003	18	1941	96		99,45
03-055	05.03.2003	19	2077	232		97,35
03-082	02.04.2003	21	2194	349		96,73
03-085	03.04.2003	22	2401	556		96,65
03-072	25.03.2003	20	2401	0	Frischöl	102,45
03-091	11.04.2003	23	2535	134		99,25
03-143	25.04.2003	24	2652	251		98,87
03-146	06.05.2003	25	2758	357		97,72

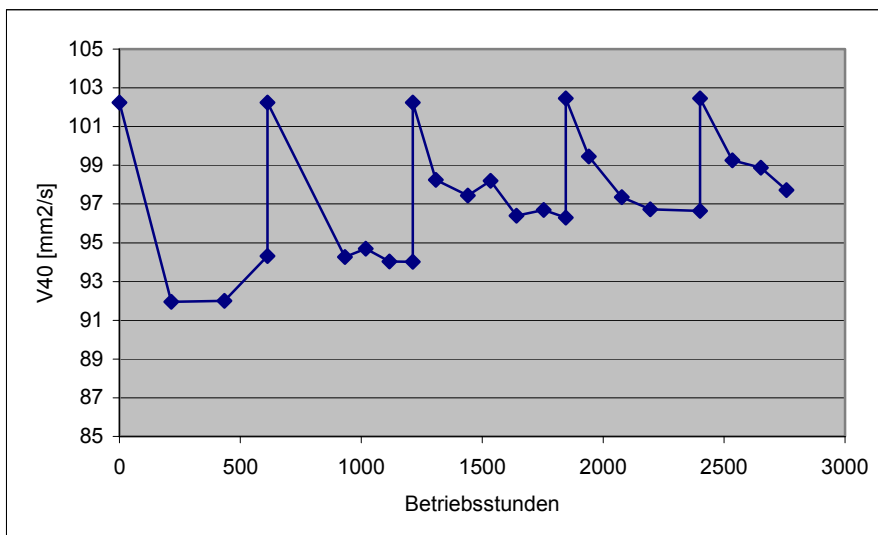


Bild 33: Verlauf der Viskosität (bei 40 °C) des Motoröles

Tabelle 23 zeigt die Ergebnisse der Ölanalysen. In Bild 33 ist der Verlauf der Ölviskosität dargestellt. Es zeigt sich ein geringfügiger Abfall der Viskosität über die Laufzeit von 600 h bis zum nächsten Ölwechsel, was auf eine Verdünnung des Motoröles mit Kraftstoff schließen lässt. Lediglich beim ersten Ölwechsel stieg die Viskosität gegen Ende hin leicht an.

8.4.5.3 Abschlussuntersuchung

Am Ende des Versuches wurde der Motor vom Anlagenhersteller untersucht. Dabei wurde der Zylinderkopf demontiert und Zylinder, Kolbenoberfläche, Zylinderkopf, Ventile und Ventilsitz begutachtet. Die Einspritzdüsen wurden demontiert, der Düsenöffnungsdruck gemessen sowie das Spritzbild beurteilt. Dabei zeigte sich ein sehr guter Gesamtzustand des Motors. Die Beläge in Brennraum, Kolbenoberfläche und Zylinderkopf sind gering. Ventilsitz und Ventile befinden sich in sehr gutem Zustand. Insgesamt war die Begutachtung unauffällig.

Tabelle 24: Ergebnis der Einspritzdüsenuntersuchung

Düse	Öffnungsdruck	Spritzbild
1	185 bar	Ok
2	190 bar	Ok
3	190 bar	Ok

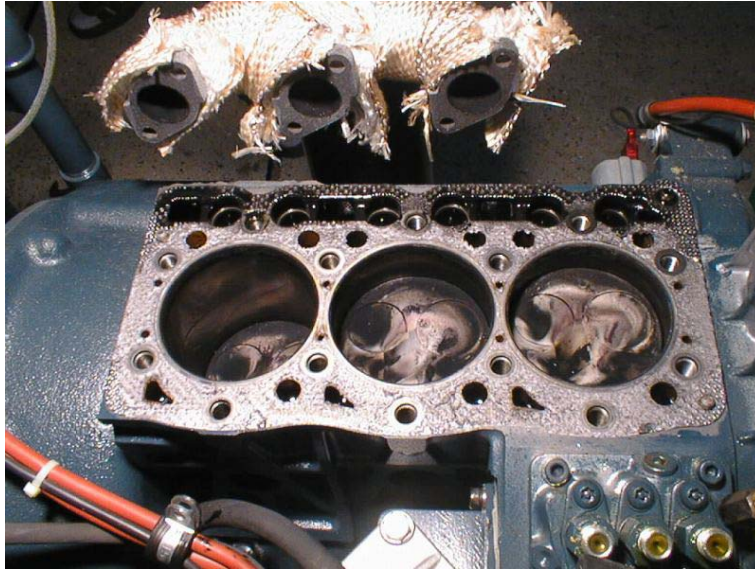


Bild 34: Abschlussuntersuchung – Blick in geöffneten Motor



Bild 35: Düse 1 und 2

8.5 Blockheizkraftwerk im praktischen Betrieb

8.5.1 Einleitung

Im Zuge des Projekts sollte auch ein BHKW im praktischen Betrieb untersucht und dokumentiert werden. Dabei wurde eine Anlage ausgewählt, die in einem Privathaushalt errichtet und betrieben wird. An der Anlage, die im September 2001 in Betrieb ging, wurden zwei Messungen der Abgasemissionen durchgeführt: Aus den Aufzeichnungen des Betreibers über die Heizsaison 2005 wurde eine Energiebilanz ermittelt.

8.5.2 Beschreibung der Anlage

Das Blockheizkraftwerk KWE 20P - 4 AP der Firma Konrad Weigel Energietechnik (KWE) ist ein ortsfestes Komplett-Modul das gleichzeitig Strom und Wärme erzeugt. Ein mit Pflanzenöl betriebener Verbrennungsmotor treibt einen Generator an. Der vom Generator erzeugte Strom wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Die Abwärme des Motors, des Generators und ein Großteil der Abgaswärme werden über Wärmetauscher in den Pufferspeicher der Heizungsanlage übertragen. Das gesamte Aggregat ist von einer Schalldämmhaube umschlossen. Der Schaltschrank ist vom Modul getrennt an der Wand montiert. Darin befinden sich sämtliche Steuer- und Regeleinrichtungen, die für den Betrieb der Anlage notwendig sind. Das Pflanzenöl-Kraftstofflager befindet sich in einem Nebenraum.



Bild 36: Abbildung der Anlage im geschlossenen Zustand



Bild 37: Abbildung der Anlage im geöffneten Zustand

8.5.3 Technische Beschreibung der Anlage (lt. Firmenunterlagen)

- Anlagenumfang:** BHKW Type : KWE 20P- 4 AP
3 Öl-Tanks zu je ca. 1000 l
2 Pufferspeicher zu je ca. 1.000 l
Fernwärmeleitung, Wärmemengenzähler, Wärmeübergabestation
- Betriebsweise:** wärmegeführter Verbrennungsmotor, Kühlkreislauf liefert Wärme, angekoppelter Generator liefert Strom
- Technische Ausführung:** Öl wird mittels Kraftstoffpumpe zum BHKW gefördert
Verbrennungsmotor (4-Takt, 4-Zylinder, 3300 ccm)
treibt bei 1500 U/min einen Asynchrongenerator (20 kW) im Netzparallelbetrieb
Wärme wird über Abgaswärmetauscher und Aggregatkühlung (Zweikreiskühlsystem) entnommen
- Spannungserzeugung:** Wassergekühlter Asynchrongenerator
Leistung: 20 kW
Spannung: 400 V
Frequenz: 50 Hz
Nenn Drehzahl: 1550 U/min
Schutzart: IP54
- Heizkreis:** Geregelt Vorlauftemperatur durch Impulsweitensteuerung, Einstellbereich 65 °C bis 85 °C
Heizwasser-Vorlauftemperatur max. 80 °C
Heizwasser-Rücklauftemperatur max. 60 °C

8.5.4 Versuchsanordnung und Messgeräte

Die Emissionsmessung erfolgte durch ein mobiles Messgerät Typ GA 60 der Fa. Madur samt Gastrockner GD 10. Das Messprinzip des Gerätes stützt sich auf elektrochemische Zellen. Die Gase wurden mit einer Rauchgassonde direkt dem Abgasstrom entnommen und durch einen beheizten Griff und Leitung der Messzelle zugeführt. Zusätzlich wurde der Rauchwert nach Bosch ermittelt. Die Messung des Kraftstoffverbrauchs erfolgte durch Verwiegung (Waage vom Typ Sartorius, Type LP12000 OCE, Messbereich 12.000 g, Auflösung 0,1 g).

8.5.5 Versuchsdurchführung und Versuchsauswertung

Bei den Messungen wurde die zugeführte Kraftstoffmenge, die Zusammensetzung des Verbrennungsgases und die Abgastemperatur in der Messstrecke ermittelt. Vor Messbeginn wurde das Blockheizkraftwerk bei Nennleistung betrieben, bis stationäre Verhältnisse erreicht wurden. Die Messung der Abgasemissionen erstreckte sich danach über einen Zeitraum von einer Stunde.

Kraftstoff und Kraftstoffwärmeleistung: Die Messungen wurden mit Rapsöl durchgeführt. Die Kraftstoffversorgung erfolgte aus einem Behälter, das Gewicht des Behälters wurde alle 5 Minuten manuell aufgezeichnet. Der Kraftstoffverbrauch wurde als Mittelwert über das Messintervall von einer 1 Stunde gebildet.

Die Abgasverluste wurden aus der mittleren Abgastemperatur und der Zusammensetzung des Abgases errechnet, wobei die spezifische Wärme des Abgases aus der Analyse des Abgases berechnet wurde. Zur Bestimmung der Oberflächenverluste wurden an 60 Punkten der Oberfläche die Temperaturen gemessen und die Verluste nach DIN 4702-2 errechnet.

Abgasemissionen: Sauerstoff, Kohlenmonoxid und Stickoxide wurden über das Messintervall von einer Stunde gemittelt. Die Stickoxidemission wurde im trockenen Abgas gemessen und als NO₂ ausgewiesen. Für die Auswertung wurde die Abgasanalyse mit Hilfe des gemessenen und über die Messperiode gemittelten Gehaltes an Kohlenstoffmonoxid und Sauerstoff sowie der Zusammensetzung des Kraftstoffes berechnet. Der Rauchwert nach Bosch wurde in Halbstundenintervallen gemessen. Der Beurteilungswert wurde als Mittelwert aus 6 Einzelmessungen gebildet.

An der Anlage wurden 2 Messungen durchgeführt.

8.5.6 Kraftstoffeigenschaften

Die Kraftstoffeigenschaften sind in Tabelle 25 angegeben.

Tabelle 25: Kraftstoffeigenschaften (Quelle: BLT Wieselburg)

Parameter	Wert	Einheit
Heizwert	38,2	MJ/kg
Wassergehalt	0,06	%
Dichte bei 20 °C	0,919	g/cm ³
Gehalt an Kohlenstoff	76,2	%
Gehalt an Wasserstoff	11,9	%
Gehalt an Sauerstoff	10,6	%

8.5.7 Ergebnisse

8.5.7.1 Emissionsmessungen

In Tabelle 26 und Tabelle 27 sind die Ergebnisse zweier Emissionsmessungen dargestellt. Die Dauer der Aufzeichnung betrug jeweils 1 Stunde. Der Gehalt an Stickoxidemissionen beträgt etwa 2000 mg/Nm³ (bezogen auf 5 % O₂) – ein für diese Anlagengröße typischer Wert.

Tabelle 26: Ergebnis der Messung vom 10.4.2001

Parameter	Wert	Einheit
Datum des Versuchs	10.04.2001	
Messdauer	1	h
Kraftstoffverbrauch	5,9	kg/h
Heizwert	38,2	MJ/kg
Brennstoffwärmeleistung	61,8	kW
Rauchwert nach Bosch	1,4	
CO-Gehalt (5 % O ₂)	32	mg/Nm ³
NO _x -Gehalt (5 % O ₂)	2000	mg/Nm ³
Schwefeldioxid (5 % O ₂)	49	mg/Nm ³
Vorlauftemperatur	74	°C
Abgastemperatur	123	kW
Verluste der Abstrahlung	0,27	

Tabelle 27: Ergebnis der Messung vom 2.3.2004

Parameter	Wert	Einheit
Datum des Versuchs	02.03.2004	
Messdauer	1	h
Kraftstoffverbrauch	6,5	kg/h
Heizwert	37,0	MJ/kg
Brennstoffwärmeleistung	66,9	kW
CO-Gehalt (5 % O ₂)	61	mg/Nm ³
NO _x -Gehalt (5 % O ₂)	1953	mg/Nm ³
Schwefeldioxid (5 % O ₂)		mg/Nm ³
Vorlauftemperatur		°C
Abgastemperatur	124	°C
Verluste durch Abstrahlung		kW

8.5.7.2 Bilanz über die Heizsaison 2004/2005

In Tabelle 28 ist die Heizsaison 2004/2005 bilanziert. Im Zeitraum zwischen 19.9.2004 und 10.4.2005 wurden demgemäß bei einer Laufzeit von knapp über 1200 Betriebsstunden ca. 8000 Liter Pflanzenöl verbraucht. Die mittlere thermische Leistung betrug 33,2 kW, die mittlere elektrische Leistung 19,6 kW.

Tabelle 28: Bilanz über die Heizsaison 2004/2005 (Quelle Wiesmüller 2005)

Parameter	Wert	Einheit
Aufzeichnungszeitraum (von/bis)	02.03.2004 10.04.2005	
Betriebsstunden	1228	h
Kraftstoffverbrauch gesamt	7931	l
Stündlicher Kraftstoffverbrauch	6,5	l/h
Erzeugte Wärmemenge	40740	kWh
Erzeugte Strommenge	24111	kWh
Durchschnittliche Brennstoffwärmeleistung	61,2	kW
Durchschnittliche Wärmeleistung	33,2	kW
Durchschnittliche elektrische Leistung	19,6	kW
Thermischer Wirkungsgrad	52,6	%
Elektrischer Wirkungsgrad	31,1	%
Anzahl der Starts	381	
Mittlere Laufzeit pro Start	193	min

8.5.7.3 Erfahrungen mit dem Blockheizkraftwerk

Die Anlage wurde am 26.9.2001 in Betrieb genommen und läuft seit diesem Zeitpunkt völlig problemlos. Die durchschnittliche Laufzeit beträgt etwas mehr als 1200 Stunden pro Jahr. Der Aufwand für Wartung beschränkt sich auf den Ölwechsel und Wechsel des Luftfilters (alle 600 Stunden) und auf das Einstellen der Ventilspele (alle 1200 Stunden). Um die geforderte Kraftstoffqualität sicherzustellen wurde an der Anlage ein zusätzlicher Vorfilter installiert.

9 WIRTSCHAFTLICHKEIT

9.1 Untersuchungsumfang und Methodik zur Ermittlung der Wärmegestehungskosten

9.1.1 Untersuchungsumfang

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung werden die derzeitigen Wärmebereitstellungs- und Energiekosten von Anlagen zur energetischen Nutzung von Rapsöl ermittelt, die in Österreich teilweise schon, wenn auch erst im bescheidenen Umfang, netzgekoppelt betrieben werden. Dies erfolgt zunächst für einen Basisfall. Daneben wird in Sensitivitätsbetrachtungen der Einfluss wesentlicher Parameter auf die Energiekosten untersucht. Es werden Anlagen von einer elektrischen Leistung von 5,5 kW und darüber betrachtet.

Nachfolgend finden technisch ausgereifte, marktverfügbare Technologien zur KWK, die ausschließlich Rapsöl verwenden, Berücksichtigung. Das bedeutet, Verfahren, die sich derzeit in der Entwicklung befinden, bleiben unberücksichtigt. Davon ausgehend erfolgen die Berechnungen für Verfahren mit Nutzung von Rapsöl in Verbrennungsmotoren mit Wärmeauskopplung (Blockheizkraftwerk, BHKW).

Unter Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) versteht man die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme in einer thermischen Kraftmaschine. In solchen Maschinen kann aus physikalischen Gründen nur ein Teil der Brennstoffenergie in Strom umgewandelt werden. Der Großteil der Brennstoffenergie fällt als Restwärme an. In thermischen Kraftwerken mit KWK (Heizkraftwerken) wird diese Restwärme genutzt und zwar meist zur Erzeugung von Raumwärme, während in thermischen Kraftwerken ohne KWK die Raumwärme ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird.

Es werden aus Vergleichbarkeitsgründen ausschließlich genehmigte Neuanlagen, die gedanklich im Jahr 2003/2004 in Betrieb gingen und der Ökostromverordnung entsprechen, berücksichtigt.

9.1.2 Methodik und wirtschaftliche Randbedingungen

9.1.2.1 Allgemeines

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen erfolgen für praxisnahe Musteranwendungen, so genannte Modellfälle zur Wärmeerzeugung aus flüssiger Bioenergie, für die jeweils eine technische Musterlösung entworfen und durchgerechnet wird. Dies erfolgt modellhaft, das heißt, es werden typische Werte und Randbedingungen zugrunde gelegt. Daher muss betont werden, dass die Ergebnisse dieser Berechnungen wiederum typische Werte darstellen, die nicht uneingeschränkt auf individuelle Vorhaben übertragbar sind, da bei diesen die Randbedingungen im Einzelfall stark abweichen können.

Zur Ermittlung der Wärmebereitstellungskosten wird eine Investitionsrechnung mit Anwendung der Annuitätenmethode durchgeführt. Die Annuitätenmethode ist ein dynamisches Verfahren, bei dem einmalige Zahlungen (z. B. die Investitionskosten) und periodische Zahlungen mit veränderlichen (z. B. jährlich steigenden) Beträgen in periodisch konstante, d. h. durchschnittliche jährliche Zahlungen umgerechnet werden. Dies erfolgt durch Multiplikation mit dem Annuitätenfaktor, der eine Funktion des kalkulatorischen Zinssatzes und der kalkulatorischen Betrachtungsdauer darstellt und dadurch die Berücksichtigung der unterschiedlichen Zeitpunkte, zu denen Zahlungen anfallen, ermöglicht.

Die beim Einsatz eines BHKW anfallenden Kosten werden entweder nur auf die produzierte Wärme oder nur auf den erzeugten Strom bezogen. Die spezifischen Wärmebereitstellungskosten

beispielsweise ergeben sich aus den jährlichen Gesamtkosten, abzüglich der Erlöse für die produzierte elektrische Energie, dividiert durch die jährlich erzeugte Wärmemenge. Sind diese Wärmebereitstellungskosten niedriger als die eines Vergleichssystems, so arbeitet das BHKW rentabel.

Alle Kosten werden zunächst auf realer Basis, das heißt inflationsbereinigt, ermittelt. Das Bezugsjahr für die Kosten ist das Jahr 2004. Dies ermöglicht die unmittelbare Interpretation der berechneten Kosten, da diese direkt mit sonstigen, auf 2004 bezogenen Werten, verglichen werden können. Die Rechnungen erfolgen ohne Berücksichtigung von Fördermaßnahmen wie Investitionskostenzuschüsse o. ä.

9.1.2.2 Berücksichtigung von Steuern

Generell werden bei Investitionen kapitalabhängige Steuern (Substanzsteuern), gewinnabhängige Steuern (Ertragssteuern) sowie Verkehrssteuern (Umsatz- oder Grunderwerbssteuern) unterschieden. Zur Berücksichtigung dieser Steuern ist folgendes anzumerken: Derzeit werden in Österreich keine Substanzsteuern erhoben, die daher unberücksichtigt bleiben können.

Eine exakte Festlegung der gewinnabhängigen steuerlichen Belastungen setzt die Erstellung von jährlichen Bilanzen voraus und erfordert daher eine einzelfallbezogene, detaillierte betriebswirtschaftliche Betrachtung der Investition. Für die im Rahmen des vorliegenden Projektes durchzuführenden Modellrechnungen wäre eine derartige Betrachtung wenig zielführend. Daher bleiben, wie üblich bei derartigen Fragestellungen, auch die Ertragssteuern unberücksichtigt, d. h., es wird eine Rechnung vor Steuern angestellt. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, da die ansonsten notwendige Abschätzung des (individuell stark unterschiedlichen) Steuersatzes eine erhebliche mögliche Fehlerquelle darstellt.

Im Falle einer wirtschaftlichen Bewertung eines individuellen Vorhabens wären dagegen naturgemäß Gewinnsteuern entsprechend zu berücksichtigen.

9.1.2.3 Wirtschaftliche Randbedingungen

Der für alle Modellfälle verwendete kalkulatorische Betrachtungszeitraum beträgt 15 Jahre. Dies ist ein bei Energieerzeugungsanlagen kleiner und mittlerer Leistung üblicher, häufig verwendeter Wert.

Für den nominalen kalkulatorischen Mischzinssatz (ohne Steuereffekte) wird ein Wert von 6 % angesetzt. Hierbei handelt es sich um einen Bruttowert, d. h., er stellt die Kapitalverzinsung für das eingesetzte Eigen- und Fremdkapital vor Abzug der ergebnisrelevanten Steuerarten dar. Der gewählte Zinssatz unterstellt einen hohen Eigenkapitalanteil sowie eine moderate Ertragserwartung der meist landwirtschaftlichen und gewerblichen Betreiber.

Wie oben angeführt, sollen alle Kosten auf realer Basis, d. h. inflationsbereinigt, ermittelt werden. Daher ist zur Ermittlung des Annuitätenfaktors der reale Mischzinssatz zu verwenden, der sich aus dem o. g. nominalen Mischzinssatz abzüglich der allgemeinen Preissteigerungsrate ergibt. Für die allgemeine Preissteigerungsrate wird ein über die Betrachtungsdauer durchschnittlicher Wert von 1,5 % angesetzt. Demnach ergibt sich der reale, den Investitionsrechnungen zugrunde zu legende Kalkulationszinssatz von 4,5 %.

9.1.3 Modellfälle

Wie erläutert, erfolgen die Berechnungen der Wärmebereitstellungs- und Energiekosten für typische Vorhaben, so genannte Modellfälle. Die Modellfälle sollen sich durch eindeutig voneinander abweichende Merkmale unterscheiden, die sich auf die wirtschaftlichen Randbedingungen - und damit auch auf die Wärmebereitstellungskosten – auswirken. Das bedeutet, dass unterschiedliche Merkmale alleine nicht zur Definierung verschiedener Modellfälle führen, solange diese keinen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit ausüben.

Für die Definierung der Modellfälle wird, basierend auf den derzeit in Betrieb befindlichen Anlagen, im Wesentlichen nach Einsatzbereichen und dort antreffenden Anlagenkapazität differenziert.

9.2 Allgemeine Ansätze zur Ermittlung der Kosten und der Erlöse

Für alle Modellfälle wird unterstellt, dass eine befeuerte Anlage an der bestehenden Infrastruktur (öffentliches Netz, Wasserversorgung, Abwasserentsorgung etc.) angeschlossen ist. Eventuell zusätzlich erforderliche Anlagenkomponenten für die Spitzenlastabdeckung des Wärmebedarfs werden als vorhanden betrachtet. Die Einspeisung von Strom ist in allen Modellfällen möglich.

Alle verwendeten Kostenansätze beruhen auf Erfahrungswerten von BLT Wieselburg und der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, auf Richtpreisangeboten und auf veröffentlichten statistischen Werten, die ausgewertet und auf Plausibilität geprüft wurden.

Es ist zu betonen, dass die gewählten Kostenansätze zwangsläufig eine Schwankungsbreite aufweisen. So sind insbesondere die Investitionen standortabhängig, sodass im konkreten Fall starke Abweichungen von den im Rahmen dieser Studie angesetzten durchschnittlichen Werten möglich sind.

Die für die Berechnung notwendige Ermittlung der jährlichen Kosten eines BHKW ergeben sich nach VDI-Richtlinie 2067 [60] aus der Summe der kapitalgebundenen, verbrauchsgebundenen und betriebsgebundenen Kosten.

9.2.1 Kapitalgebundene Kosten

Die Kosten für das gebundene Kapital leiten sich aus den erforderlichen Investitionen für die gesamte BHKW-Anlage ab. Zusätzlich hat auch die Abschreibungsdauer und der zugrunde gelegte Zinssatz entscheidenden Einfluss auf die Höhe der kapitalgebundenen Kosten.

Für die Berechnung der jährlichen Kosten der Gesamtinvestition wird gemäß VDI-Richtlinie 2067 die Annuitätenmethode angewendet. Die Gesamtinvestitionssumme wiederum setzt sich zusammen aus den Investitionen der einzelnen BHKW-Komponenten. Bei einigen dieser Komponenten sind für Pflanzenöl-BHKW die gleichen Kosten wie bei heizölbetriebenen BHKW anzusetzen. Das betrifft die thermische und elektrische Einbindung, die Abgasanlage, bauliche Maßnahmen und die Planungskosten. Für den Motor ergeben sich allerdings in der Regel höhere Kosten, da spezielle Pflanzenölmotoren im Allgemeinen in geringer Stückzahl gefertigt werden oder es sich um umgerüstete konventionelle Motoren handelt. Die spezifischen Investitionskosten wurden aufgrund einer Kurvengleichung ermittelt, die in [63] publiziert ist. Die Investitionsanteile für bauliche Aufwendungen, d. h. Gebäude, Grundstück, Abgasabführung und Kraftstofflagerung sind in hohem Maße von der Anlagengröße und den jeweiligen standörtlichen Voraussetzungen abhängig.

Bei den weiteren Investitionen für Kraftstofftank und Kraftstoffzuführung ist von annähernd gleichen Kosten wie bei Heizöl auszugehen. Geringfügig höhere Kosten ergeben sich lediglich, wenn höherwertige pflanzenölaugliche Komponenten verwendet werden sollen (z. B. Edelstahltanks); diese Mehrkosten werden aber oft durch geringere Sicherheitsaufwendungen für den Boden- und Gewässerschutz kompensiert (z. B. keine regelmäßigen Tankprüfungen).

9.2.2 Verbrauchsgebundene Kosten

Hierzu zählen Brennstoffkosten und die Hilfsenergiekosten wie etwa für Pumpen. Für Rapsöl als Brennstoff kann ein fester Bezugspreis angenommen werden, der allerdings je nach Lieferant, Bezugsmenge, Angebot und Nachfrage sowie der Jahreszeit Schwankungen unterworfen sein kann.

9.2.3 Betriebsgebundene Kosten

Als betriebsgebundene Kosten fallen in erster Linie die Instandhaltungs- und gegebenenfalls Personalkosten an. Die jährlichen Instandhaltungskosten werden als Pauschalsätze in Prozent der Investitionskosten angenommen. In Anbetracht der neueren Technologie und der geringeren Erfahrungen mit Pflanzenöl-BHKW ist die Verwendung der am oberen Rand der Bandbreite liegenden Kostenansätze sinnvoll. Damit wird auch den bei manchen Aggregaten kürzeren Wartungsintervallen (vor allem Motoröl- und Kraftstofffilterwechsel) oder dem teilweise vorgeschriebenen Einsatz teurerer Betriebsmittel (Motoröl) Rechnung getragen. Bei den Instandhaltungskosten durch einen Fachkundendienst (z. B. Anlagenbauer oder Motorenhersteller) muss berücksichtigt werden, dass dafür im Einzelfall höhere Fahrtkosten einzurechnen sind, weil erfahrene Fachwerkstätten für Pflanzenölmotoren noch wenig verbreitet sind.

Der Kostenansatz für das notwendige Personal zur Bedienung und Überwachung der Anlage hängt davon ab, ob vorhandene Kapazitäten ausreichen oder ob zusätzliches Personal eingestellt werden muss. Sonstige Kosten nach VDI 2067 (z. B. Schornsteinfeger, Verwaltung) werden in Prozent der Gesamtinvestitionssumme abgeschätzt und unterscheiden sich normalerweise nicht zwischen Pflanzenöl- und Heizölaggregaten.

9.2.4 Erlöse und Gutschriften

Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit von BHKW sind vor allem die erzielbaren Preise oder die anrechenbaren Gutschriften für Strom und gegebenenfalls für Wärme.

Bei der Einspeisung von Strom aus Biomasse (Pflanzenöl) wird gemäß dem Ökostromgesetz eine gesetzlich festgeschriebene Mindestvergütung für Anlagen bis 200 kW von ca. 0,13 €/kWh und 0,10 €/kWh bei >200 kW gewährt. Die Bewertung des Eigenverbrauchs der produzierten Elektrizität richtet sich dagegen nach den für den Nutzer relevanten Strompreisen, die sich für Tarifkunden (Niederspannungsebene) und Sondervertragskunden (vorrangig Mittelspannungsebene mit hohem Verbrauch) unterscheiden.

9.3 Berechnung der Wirtschaftlichkeit

Die Nutzung von Rapsöl zur Strom- und Wärmeerzeugung erfolgt bislang ausschließlich in Blockheizkraftwerken (BHKW) auf der Basis von Verbrennungsmotoren im Leistungsspektrum von 5 kW_{el} bis mehrere MW_{el}. Durch weitgehende Nutzung der Motorenabwärme erzielen BHKW-Anlagen Gesamtwirkungsgrade von 90 % und darüber. Aufgrund ihrer kompakten - häufig in Modulform angebotenen - Bauweise können Blockheizkraftwerke unterschiedlichen Bedarfsfällen angepasst und dezentral eingesetzt werden.

Rapsöl kann in pflanzenöлтаuglichen Dieselmotoren oder in Spezialmotoren genutzt werden. Rapsölmotoranlagen weisen in Österreich i. d. R. eine eher kleine Leistung (bis etwa 100 kW_{el}) auf.

Von diesen Betrachtungen ausgehend werden für die Verstromung von zugekauftem Rapsöl die folgenden Modellfälle zugrunde gelegt:

Modellfall EFH:

Bei diesem Modellfall handelt es sich um ein BHKW in einem bestehenden 250 m² großem **Wohnhaus** mit einer Leistung von 5,5 kW_{el}. Der Wärmebedarf liegt bei 70 W/m². Die Anlage wird wärmegeführt betrieben, wobei ein Teil des anfallenden Stroms zur eigenen Bedarfsdeckung verwendet wird. Die Verwendung eines Pufferspeichers ist vorgesehen.

Modellfall LW:

Hierbei handelt es sich um einen **landwirtschaftlichen Veredelungsbetrieb** mit kombinierter Schweinehaltung von 40 Zuchtsauen und 300 Mastplätzen. Vom jährlichen Energiebedarf einer Zuchtsau entfällt der größte Teil auf die Beheizung der Ferkelbuchten. Mit 65 % des gesamten Strombedarfs wird für die Klimatisierung der Ställe die meiste Energie benötigt, gefolgt von der Fütterung mit 25 %. Da in der Landwirtschaft Betrieb und Wohnbereich meistens eine Einheit bilden, wurde dieser ebenfalls in den Energiebedarf einbezogen. Bei landwirtschaftlichen Betrieben besteht die Möglichkeit eigenen Raps im Lohnverfahren oder eigenen Presse Öl zu erzeugen. Aus diesem Grunde wurde der Rapsölpreis niedriger angesetzt. Im Modellfall LW beträgt der Flächenbedarf ca. 10 - 16 ha Winterraps.

Modellfall HA:

Dieser Modellfall steht für ein **Hallenbad** mit wärmegeführtem BHKW und Einspeismöglichkeit von Ökostrom. Die installierte Leistung geht hier schon weit über den Klein-BHKW-Bereich hinaus. Unter diesen Bedingungen erreicht das BHKW im Jahr 3.600 Betriebsstunden. Durch den hohen jährlichen Rapsölbedarf wurde hier ebenfalls ein geringerer Rapsölpreis angenommen.

Modellfall NW:

„NW“ steht hier für ein **Nahwärmeprojekt**, das ein Schulgebäude, ein Gemeindeamt und 5 Mehrfamilienhäuser über eine Netzlänge von 1.030 m Länge versorgt. Die Spitzenlastabdeckung erfolgt mit bestehendem Kessel. Der Rapsölpreis wurde weiter reduziert, da es sich hier mit ca. 700.000 l jährlich um einen Großabnehmer handelt.

9.3.1 Berechnung der Wärmebereitstellungskosten

Die Wärmebereitstellungskosten ergeben sich aus den jährlichen Gesamtkosten abzüglich der Erlöse für die produzierte elektrische Energie und eingesparten Stromkosten, dividiert durch die jährlich erzeugte Wärmemenge. Sind die Wärmebereitstellungskosten niedriger als die eines Vergleichssystems, so arbeitet das BHKW rentabel.

In Tabelle 29 werden die Wärmebereitstellungskosten für die beschriebenen Modellfälle zusammenfassend dargestellt. Die Berechnungen beinhalten Pufferspeicher und Wärmeverteilung, jedoch keine Planungs- und Gebäudekosten und Investitionsförderungen. Die Energiekosten ergeben sich aus den Gesamtkosten dividiert durch jährlichen Bedarf an Wärme und Strom.

Tabelle 29: Vergleich BHKW (wärmegeführt) in unterschiedlichen Einsatzbereichen

Modellfall	EFH	LW	HA	NW
Einsatzbereich	Wohnhaus	Landwirtschaft	Hallenbad	Nahwärme
elektrische Leistung kW _{el}	5,5	10	150,5	570
thermische Leistung kW _{th}	12	19	301	1140
Gesamtwirkungsgrad %	90	90	90	90
Betriebsstunden pro Jahr	2.042	4.737	3.650	3.500
Energiegehalt Rapsöl kWh/l	9,75	9,75	9,75	9,75
Rapsölbedarf l/a	4.072	15.655	187.803	682.051
Wärmebedarf kWh/a	24.500	90.000	1.098.650	3.990.000
Stromerzeugung kWh/a	11.229	47.368	549.325	1.995.000
	in €			
Brennstoffpreis pro l	0,65	0,60	0,60	0,50
Einspeistarif pro kWh	0,156	0,156	0,156	0,120
Strompreis pro kWh	0,151	0,138	0,136	0,143
Heizölpreis (MW 00/02)	0,422	0,422	0,405	0,405
Investitionskosten	19.215	25.674	167.967	540.938
Kapitalgebundene Kosten/a ¹⁾	1.320	1.763	11.537	37.154
Betriebsgebundene Kosten/a ²⁾	576	770	5.039	23.728
Verbrauchsgebundene Kosten/a ³⁾	2.647	9.393	112.682	371.310
Jährliche Kosten	4.543	11.926	129.258	432.192
eingesparte Stromkosten/a	-574	-3.184	-53.620	-7.135
Stromvergütung	-1.159	-3.787	-24.235	-197.490
Gesamtkosten/a	2.810	4.955	51.403	227.567
Energiekosten cent/kWh	9,93	4,38	3,44	5,63
Wärmebereitstellungskosten cent/kWh	11,47	5,51	4,68	5,70

¹⁾ 15 J. ND; 4,5 %

²⁾ 3 % für Reparatur und Wartung; 7500 € Personalkosten für Nahwärmeprojekt

³⁾ zugekauftes Rapsöl

Aus den Werten der Tabelle 29 ergibt sich, dass Rapsöl-BHKW-Anlagen sehr hohe Wärmeerzeugungskosten aufweisen, die die Stromvergütung und eingesparten Stromkosten übersteigen. Dies ist im Wesentlichen eine Folge der vergleichsweise hohen Brennstoffkosten. Erwartungsgemäß sinken die Wärmeerzeugungskosten mit zunehmender Anlagenleistung. Die Wärmekosten vor allem im Modellfall EFH übersteigen bei weitem die Wärmepreise in Mikro- und Nahwärmenetzen. Im Modellfall NW muss der Preis für die verkaufte Wärme über 57 €/MWh liegen, damit die Anlage kostendeckend betrieben werden kann. Die Wärmebereitstellungskosten liegen über den Erfahrungswerten der in der Praxis mit Hackschnitzel betriebenen Anlagen.

Den stärksten Einfluss auf die Wärmebereitstellungskosten üben die Kosten für Brennstoff (Rapsöl) aus. Es ist daher notwendig den Markt für Rapssaat und Rapsöl näher zu beleuchten.

9.3.2 Exkurs: Markt für Rapssaat und Rapsöl

Der am Weltmarkt orientierte Rapspreis unterliegt starken Schwankungen. Diese Schwankungen sind auf eine Vielzahl von Faktoren zurückzuführen, die sowohl nationalen als auch internationalen Ursprungs sind. Am Weltmarkt ist das wichtigste Konkurrenzprodukt Soja, welches international gehandelt wird. Bedingt durch die Höhe der Sojaernte in Amerika und dem Kurs des Dollars kommt es zu Schwankungen beim Rapspreis, da die Importmengen von Soja mit den Importpreisen schwanken. Somit würden beispielsweise sinkende Sojaimportpreise einen fallenden Rapspreis zur Folge haben, es würde viel Soja importiert werden. Oft sind Erwartungen über die Qualität und Menge bevorstehender Ernten von Ölsaaten weltweit ausschlaggebend für die Preisbildung. Neben der Anbaufläche ist das Wetter in der Wachstums-, Reife- und Erntezeit ein entscheidender Einflussfaktor für die Qualität und Menge.

Die entscheidenden Impulse für die Rapspreisbildung in der EU kommen von den internationalen Märkten für Ölsaaten, Öle und Schrote. Bei der Vermarktung wird der Rapsproduzent daher künftig viel mehr als bisher die globalen Markt- und Preisfaktoren berücksichtigen müssen. Die Rapspreise haben in der Rückschau seit dem 1. Quartal 2002 ihre hohen und festen Notierungen gehalten. Zurzeit ist dies auch bedingt durch die Schwäche des US-Dollars gegenüber dem Euro. Aufgrund der knappen Versorgungslage in der EU und der preisstützenden Weltmarkteinflüsse verteuerte sich Raps stärker als Sojabohnen und Sonnenblumenkerne. Die Ausdehnung der Rapsverarbeitung in der EU seit Mitte 2002 war in erster Linie bedingt durch die steigende Nachfrage aufgrund der wachsenden Biodieselproduktion. Allerdings konnte diese Nachfrage nur zum Teil befriedigt werden. Die Knappheit an Rapsöl wird in der EU sich also kaum verändern, denn die internationalen Ölsaatenmärkte sind nach wie vor vergleichsweise fest gestimmt. Die weltweiten Vorräte für Pflanzenöl vermindern sich, d. h. die Nachfrage dürfte zumindest auch in der Zukunft stetig sein.

Die steigende Preistendenz für Rapssaat setzt sich auch in der Verarbeitung von Rapssaat zum Rapsöl fort. Laut deutschen Marktberichten z. B. im Ernährungsdienst 12/03 notierte Rapsöl bei 530 €/t fob Rotterdam. Gegenwärtig (Oktober 2005) liegt der Wert bei 610 €/t fob Rotterdam. In Erwartung einer weiter steigenden Nachfrage insbesondere seitens des Energiesektors rechnet der Handel langfristig mit einem festen Preisniveau.

Die Tendenz der steigenden Erzeugerpreise für Winterraps in den vergangenen Jahren in Österreich zeigt auch Bild 38.

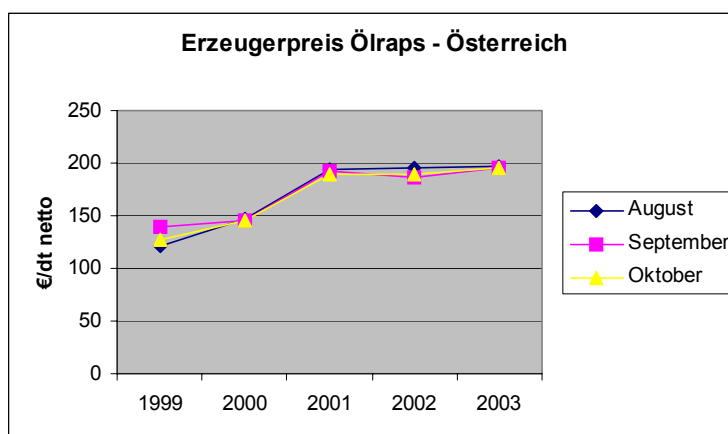


Bild 38: Erzeugerpreise für Rapssaat (Quelle: AMA / 6. Nov. 2003)

Rapsöl wird in Österreich auch auf regionaler Ebene angeboten. Die letzten verfügbaren Informationen darüber stammen aus den Jahren 2000 und 2001 und sind auf Niederösterreich beschränkt. Es handelt sich dabei um Mengen unter 1000 kg. Die Preise wurden von Landwirten, die das Rapsöl meistens als Futtermittel verwendeten, an die Landwirtschaftskammer gemeldet.

Die Preisangaben in Tabelle 30 stammen überwiegend von kleinen dezentralen Ölmühlen in Österreich. Eine Ausnahme bildet die Ölmühle in Bruck an der Leitha, die eine Jahreskapazität von 120.000 t erreicht. Es ist weiter ersichtlich, dass beim Kauf großer Mengen Verhandlungsspielräume beim Preis bestehen.

Tabelle 30: Preiserhebungen von 2003 bei Rapsölanbieter (Quelle: Roitmeier [50])

Firma	Preise (inkl. MwSt.) [Cent/l]	Jahreskapazität [t]	Anmerkung
Affenzeller	58-60	15	Preis je nach Qualitätsanforderung
BAG – Güssing	65	6.000	Bei einer Abnahme von 5000 l
Braunshofer	66	100	Bei einer Abnahme von 1000 l
Innöl Co KG	61,6	120	Bei einer Abnahme von 3000 l
Ölmühle Ges.m.b.H. Lagerhaus Mank	59,3 61	120.000 120	Warmpressung
Genossenschaft Starein	56	1.000	Bei einer Abnahme von 2000 l
Waldland GmbH	68	400	

Die Kosten für Rapsöl bewegen sich im Bereich von 0,5 €/l bis 0,7 €/l. So sind aufgrund der derzeitigen Flächenstilllegungsregelungen Rohstoffpreise von zumindest 20 - 23 €/t und davon ausgehend Rapsölpreise von 50 - 60 Cent/l erforderlich, um einen kostendeckenden Anbau von Raps zu ermöglichen. Für die zukünftige Entwicklung dieser Kosten sind derzeit keine bedeutenden Änderungen absehbar. Ein unmittelbarer Vergleich der Preise mit dem durchschnittlichen (2000 - 2002) österreichischen Preis für Heizöl EL von 0,422 €/l (inklusive Mineralölsteuer und Mehrwertsteuer) zeigt, dass für Heizöl noch ein beträchtlicher Wettbewerbsvorteil besteht. Bei Preisnotierungen für Heizöl von 0,65-0,69 €/l gestalten sich die Wettbewerbsverhältnisse für das Pflanzenöl wesentlich günstiger.

9.3.3 Variation der Brennstoffkosten und Einspeisetarife

Der Einfluss der Rapsölpreise und reduziertem Einspeisetarif auf die Energiekosten wird durch eine Sensitivitätsbetrachtung untersucht. Ausgehend vom Basisfall werden die Rapsölpreise im realistischen Bereich variiert. Als Kriterium der Wirtschaftlichkeit werden die Energiekosten in Cent/kWh herangezogen. Als Referenzsituation für die gewählten Modellfälle werden Heizölkesselanlagen ohne BHKW-Einsatz angenommen, d. h., es wird der Strombedarf über das öffentliche Netz abgedeckt. In jedem Modellfall werden für den Parameter Rapsölkosten und ein um 50 % reduzierter Einspeisetarif deren Einfluss auf die Energiekosten untersucht. Im Modellfall EFH müsste das Rapsöl zu Preisen unter 0,50 €/l zur Verfügung stehen, um mit einer Heizölkesselanlage konkurrieren zu können. Im Modellfall LW und GE ist die Wirtschaftlichkeit der BHKW-Anlage im Bereich von 0,50 - 0,65 €/l Rapsöl gegeben. Ein Grund dafür ist die hohe jährliche Betriebsdauer von

mehr als 4.000 h. Im Fall von Nahwärmeerzeugung reicht der relativ niedrige Rapsölpreis von 0,50 €/l und ein jährlicher Stromverkauf von ca. 240.000 € nicht für eine wirtschaftliche Energieerzeugung aus. Die mögliche Minderung der Energiekosten durch niedrige Brennstoffkosten dürfte allerdings mit 0,50 €/l ausgeschöpft sein, da Rapsöl der erforderlichen Qualität kaum kostengünstiger zu beziehen sein wird. Die Reduktion des Einspeistarifs bzw. dessen totaler Wegfall würde im Modellfall EFH und NW die Wirtschaftlichkeit noch zusätzlich verschlechtern. Im Modellfall LW und HA könnte unter speziellen Bedingungen eine Eigenstromversorgung ohne Einspeisungsmöglichkeit wirtschaftlich sein, wenn die Rapsölpreise unter 0,70 €/l bleiben.

9.4 Zusammenfassung

Wirtschaftlich sind vor allem dann gute Voraussetzungen für den BHKW-Betrieb gegeben, wenn ein hoher Bedarf an Strom und Wärme in Verbindung mit hohen spezifischen (einsparbaren) Stromkosten vorliegt, wie zum Beispiel im Modellfall (LW) Landwirtschaft und (HA) Hallenbad. Ungünstig wirkt sich auch ein niedriger Heizölpreis auf die Wettbewerbssituation aus. Andererseits ist auch nicht zu erwarten, dass die Rapsölpreise zukünftig auf unter 0,50 €/l sinken werden.

Günstig auf die Wirtschaftlichkeit wirken sich jährliche Betriebszeiten von über 4.000 Stunden aus. Die Stromvergütung, wie sie in der Ökostromverordnung festgelegt wurde, gilt allerdings nur für Anlagen, die bis Ende 2004 genehmigt wurden. Ob bei zukünftig eventuell niedrigeren Einspeistarifen der gleiche wirtschaftliche Anreiz besteht muss anhand von projektbezogenen Kalkulationen, am besten vom Investor selbst, entschieden werden.

10 HERSTELLER VON PFLANZENÖL-BLOCKHEIZKRAFTWERKEN

Im Dezember 2002 wurde eine Recherche unter den Herstellern von Pflanzenöl-Blockheizkraftwerken durchgeführt und im November 2003 sowie kurz vor Abschluss des Berichts im Oktober 2005 aktualisiert. Der Schwerpunkt der Recherche lag auf dem Betrieb mit Pflanzenöl, der Betrieb mit Biodiesel wurde aber ebenfalls mitrecherchiert. Im November 2003 wurden nur mehr jene Hersteller befragt, die sich mit der Pflanzenöltechnik beschäftigen.

Die Zahl der BHKW-Hersteller, die Pflanzenöl betriebene BHKW anbieten, ist in den letzten Jahren deutlich gesunken. Einige Anbieter mussten aufgrund finanzieller Schwierigkeiten Konkurs anmelden, manche verabschiedeten sich von der Pflanzenöltechnik aufgrund technischer Probleme. Einige wiederum mussten die Produktion einstellen, weil die dafür verwendeten Motoren nicht mehr produziert werden. Bedingt durch die hohen Einspeisetarife im deutschen Erneuerbaren-Energie-Gesetz (EEG [15]) beschäftigen sich allerdings wieder mehrere Hersteller mit der Pflanzenöltechnik und erwägen die Ausweitung des Angebots auf pflanzenöltaugliche Blockheizkraftwerke.

Generell kann gesagt werden, dass sich die Hersteller auf zwei Leistungsbereiche konzentrieren und aufteilen, Anbieter für Klein-BHKW im Bereich bis ca. 100 kW_{el} und Anbieter von großen Anlagen ab mehreren hundert kW_{el}. Im größeren Leistungsbereich versuchen die Hersteller als Brennstoff aufbereitete Altspeisefette zu verwenden, da sich durch den geringeren Preis dieses Brennstoffs die Wirtschaftlichkeit der Anlage verbessert.

Eine gute Übersicht bieten auch die BHKW-Kenndaten 2005 von der Arbeitsgemeinschaft für Sparsamen und Umweltfreundlichen Energieverbrauch E.V. (ASUE) [12]. Eine Herstellerübersicht findet sich u. a. auf der Webseite von CARMEN [2].

10.1 Situation Österreich

In Österreich ist im Bereich der Pflanzenöltechnik eine Aufbruchsstimmung spürbar. Nach dem deutschen 100 Schlepper Programm werden jetzt auch in Österreich 35 Traktoren und 100 PKW auf den Betrieb mit Pflanzenöl umgerüstet (siehe: www.pflanzenoel.agrarplus.at).

Bedingt durch das Ökostromgesetz hat sich die Nachfrage nach Pflanzenöl-BHKW stark entwickelt. Naturgemäß wurden aber nicht nur österreichische Hersteller sondern auch die Firmen in Deutschland kontaktiert. Nach Wegfall der gesetzlich geregelten Einspeisetarife ist auch das Interesse vollständig zusammengebrochen. Die in Österreich tätigen Unternehmen haben entweder ihre Aktivitäten eingestellt oder bedienen derzeit den deutschen Markt.

10.2 Situation Deutschland

In den Jahren 2002/2003 sind einige Anbieter vom Markt verschwunden. Der Grund lag in den relativ hohen Preisen von Pflanzenöl im Vergleich zu Heizöl, verschärfte Abgasgrenzwerte der TA-Luft und technischen Problemen. Im Jahr 2004 wurde das Recht der Erneuerbaren Energien im Strombereich neu geregelt und ein hoher Einspeisetarif (für Pflanzenöl-BHKW bis zu 19,5 cent/kWh) festgelegt. Dadurch wurde ein hoher Bedarf an entsprechenden Anlagen geweckt.

10.3 Recherche

Die Firmenlogos, genauere Angaben über die angebotenen BHKW sowie die Abbildungen wurden von den Webseiten der einzelnen Hersteller übernommen. Die Übersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit!

10.3.1 Motorenwerke Bremerhaven AG

(ehemals: Anlagen- und Antriebstechnik Nordhausen GmbH)

Adresse	Barkhausenstraße 60 27568 Bremerhaven
Telefon	+49 471 9450-0
Fax	+49 471 9450-100
E-Mail	power@mwb.ag
Web	www.mwb.ag
Ansprechpartner	Herr Holstein
Kraftstoff: Pflanzenöl	Leistungsbereich: 150 - 335 kW _{el.}



Dezember 2002:

Die Firma AAN installierte in den Jahren 1997 bis 2002 ungefähr 15 mit Pflanzenöl betriebene BHKW, jedoch wurde bis jetzt noch keines in Österreich in Betrieb genommen. Um die Wertschöpfung zu steigern und die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen, konzentriert man sich stark auf die Verwertung von Altspisefetten. Hier wird versucht mit großen Entsorgern zusammenzuarbeiten, um eine konstante Qualität gewährleisten zu können. Mit Unterstützung der Firma Fuchs wird derzeit intensiv im Bereich der Pflanzenölschmierung geforscht. Herr Holstein berichtete von einem Skoda Octavia mit einem Diesel-Vorkammer-Motor der seit 8000 km mit Pflanzenölschmierung läuft und bis jetzt keine Probleme bereitete. Man ist zuversichtlich hier positive Ergebnisse zu erzielen und diese Technik auch in BHKW anzubieten. Bis 18 kW werden Perkins Vorkammermotoren verwendet, von 100 kW bis 360 kW kommen MAN Motoren (6-, 10- und 12-Zylinder) zum Einsatz. Zwischen 18 und 100 kW gibt es keine mit Pflanzenöl betriebenen Blockheizkraftwerke.

November 2003:

Herr Holstein bezeichnete die Marktlage im Bereich der mit Pflanzenöl betriebenen BHKW weiterhin als schwierig. Die Verwertung von Altspisefetten, die noch vor einem Jahr als große Chance für den wirtschaftlichen Betrieb einer Anlage gesehen wurde, wird nicht mehr weiter verfolgt. Die preisliche Entwicklung sei in diesem Marktsegment für die Zukunft zu ungewiss. Im Bereich der Pflanzenölschmierung wurde das Projekt beendet, die gewonnen Erkenntnisse sind verwertbar. AAN konzentriert sich auf den Biogasbereich, da hier die Marktentwicklung und das Zukunftspotential positiv gesehen werden.

Oktober 2005:

Die Anlagen- und Antriebstechnik GmbH wurde von der Motorenwerke Bremerhaven AG übernommen. Der Leistungsbereich von pflanzenölbetriebenen Blockheizkraftwerken erstreckt sich von 150 bis 335 kW_{el.}. Dazu werden Scania-Motoren verwendet. Die Verwendung von Altspisölen ist möglich, wird aber als riskant eingestuft (Sicherung der Kraftstoffqualität). Die Auftragslage ist dzt. sehr gut, es werden viele große Projekte bearbeitet.

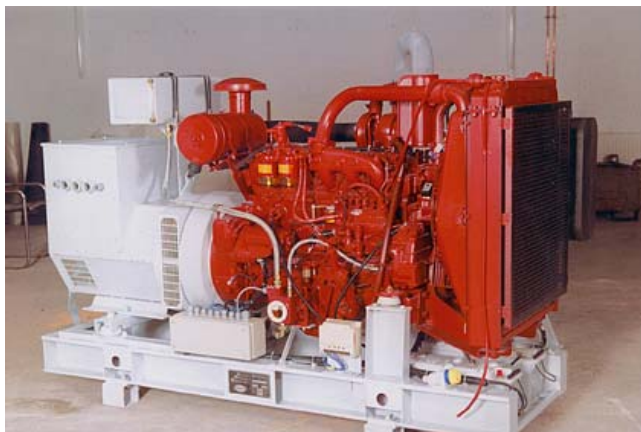


Bild 39: AAN Pflanzenöl-BHKW (Quelle: www.mwb.ag)

10.3.2 ABL Energietechnik GmbH

Adresse	Forststraße 5 D 85521 Ottobrunn - Riemerling
Telefon	+49 (0)8072 374704
Fax	+49 (0)8072 372160
E-Mail	info@abl-energietechnik.de www.abl-energietechnik.de
Ansprechpartner	Herr Lemkers
Kraftstoff: Pflanzenöl Biodiesel	Leistungsbereich: ca. 300 kW ca. 300 kW



Dezember 2002:

ABL produziert grundsätzlich keine Pflanzenöl-BHKW, es werden derzeit jedoch gebrauchte Panzermotoren auf den Betrieb mit Pflanzenöl umgerüstet, auch der Betrieb mit RME ist möglich. Herr Lemkers bezeichnete die Lage am Markt derzeit als sehr schwierig, sieht Zukunftschancen in der Holzvergasung und will sich auf diesen Bereich konzentrieren. Er besitzt bereits eine Versuchsanlage aus Österreich die derzeit adaptiert und erprobt wird. Sein Haupttätigkeitsbereich sind BHKW für Kläranlagen kommunaler Betreiber.

November 2003:

Die Panzermotoren dürfen aufgrund rechtlicher Probleme nicht verkauft werden. Der Bereich der Holzvergasung ist schon gut entwickelt.

Oktober 2005:

ABL baut und betreibt Pflanzenöl-BHKW. Es wurden 3 Anlagen mit einer Leistung von 350 kWel. installiert. Zum Einsatz kommt dabei ein 12-Zylindermotor von MAN.

10.3.3 BITOP – Energietechnik

Adresse	Hassenham 4 D 84419 Schwindegg
Telefon	+49 (0)8082 9196
Fax	+49 (0)8082 9198
Ansprechpartner	Herr Geisberger

Dezember 2002:

Die Firma BITOP - Energietechnik produziert keine mit Pflanzenöl betriebenen Blockheizkraftwerke mehr, da der Preis von Pflanzenöl im Vergleich zu Heizöl zu teuer ist. Es wurden einmal BHKW im Bereich ab 100 kW_{el} hergestellt. Im Praxisbetrieb traten jedoch Probleme auf, wie Verkokungen der Einspritzdüsen, Ablagerungen an den Ventilen, usw. Ein weiteres Problem sind die verschärften Abgasgrenzwerte der TA-Luft, die es fast unmöglich machen, ohne aufwendige Katalysatortechnik den Grenzwert für die Stickoxidemissionen einzuhalten. Es wurden circa 20 Jahre Diesel betriebene Blockheizkraftwerke hergestellt, teilweise auch für den Betrieb mit RME. Seit der Mineralölsteuer-rückvergütung (6 cent/Liter) ist jedoch auch dieser Bereich unrentabel geworden. Die Firma konzentriert sich in Zukunft auf den Bereich der Biogas betriebenen BHKW, da hier seiner Meinung nach die Wirtschaftlichkeit noch am ehesten gegeben ist.

Oktober 2005:

Es werden nur mehr Biogas-BHKW vertrieben.

10.3.4 EAW Energieanlagenbau GmbH

Adresse	Oberes Tor 106 D 98631 Westenfeld
Telefon	+49 (0)36948 84132
Fax	+49 (0)36948 84152
E-Mail	info@eaw-energieanlagenbau.de
Web	www.eaw-energieanlagenbau.de
Ansprechpartner	Frau Köller
Kraftstoff: Biodiesel	Leistungsbereich: 6 - 40 kW



Dezember 2002:

Aufgrund technischer Schwierigkeiten werden keine mit Pflanzenöl betriebenen BHKW mehr verkauft. Ein Schwerpunkt der Firma liegt auf dem Vertrieb von Absorptionskälteanlagen.

Oktober 2005:

Derzeit hat EAW keine Pflanzenöl-BHKW im Programm. Auf Grund der enorm gestiegenen Anfragen werden Anlagen neu entwickelt und sollen im Laufe des Jahres 2006 angeboten werden.

10.3.5 Elsbett Technologie GmbH

Adresse	Weißburger Straße 15 D 91177 Thalmässing
Telefon	+49 (0)9173 77940
Fax	+49 (0)9173 77942
E-Mail	info@elsbett.com
Web	www.eco-tuning.com
Ansprechpartner	Herr Lizheim



Dezember 2002:

Die Firma Elsbett hat früher Pflanzenöl betriebene BHKW vertrieben, derzeit jedoch nicht. Der Schwerpunkt liegt im Bereich der Umrüstungen auf Pflanzenölbetrieb für mobile Anwendungen. Auf Anfrage ist es auch möglich Umrüstungen für stationäre Anwendungen anzubieten. Die zukünftigen Vorhaben hängen von den Marktbedingungen ab, für stationäre Anwendungen ist der Serviceaufwand größer, da zum Beispiel auch am Wochenende und an den Feiertagen ein Servicemann zur Verfügung stehen muss.

10.3.6 Henkelhausen

Adresse	Hafenstraße 51 D 47809 Krefeld
Telefon	+49 (0)2151 574 0
Fax	+49 (0)2151 574 112
E-Mail	info@henkelhausen.com
Web	www.henkelhausen.com
Ansprechpartner	Herr von Quistorp
Kraftstoff: Biodiesel	Leistungsbereich: 4 - 700 kW



Dezember 2002:

Die Firma Henkelhausen ist ein Motorenvertriebs Händler von Deutz und bietet kundenspezifische Lösungen für besondere Einsatzfälle an. Die Produktion von Pflanzenöl betriebenen Blockheizkraftwerken wurde eingestellt, da der dafür verwendete Motor (Typ 816 von Deutz) seit 1992 nicht mehr produziert wird. Das besondere an diesem BHKW war das Hoch- und Niederfahren mit fossilem Diesel. Es gab weitgehend keine Probleme. Die zukünftigen Erwartungen für Motoren mit Pflanzenölbetrieb sind eher gering. Die Stückzahlen wären zu niedrig und die Motorenhersteller zeigen auch keine Tendenz in diese Richtung. Der Leistungsbereich für Heizöl betriebene BHKW beträgt 4 bis 700 kW_{el}. Hier ist auch eine Umrüstung für Biodiesel möglich.

Oktober 2005:

Es werden keine Pflanzenöl-BHKW mehr vertrieben, da kein geeigneter Antriebsmotor verfügbar ist.

10.3.7 Koller und Hofmann GmbH

Adresse	Taubergasse 30 A 1170 Wien
Telefon	+43 1 804 3382
Fax	+43 1 804 3382 15
E-Mail	s.koller@koller-hofmann.at
Web	www.eigenstrom.at
Ansprechpartner	Herr Koller
Kraftstoff: Pflanzenöl	Leistungsbereich: 4,5 kW

Dezember 2002:

Es werden die BHKW nicht selbst produziert, sondern nur vertrieben. Die mit Pflanzenöl betriebenen BHKW haben eine Leistung von 4,5 kW, in Österreich laufen davon zwei Stück. Biodiesel betriebene BHKW (SenerTec) wurden schon mehrere verkauft und laufen problemlos. Die Erwartung des Marktes ist sehr positiv, jedoch müssen die Einspeisetarife noch abgeklärt werden.

November 2003:

Die Nachfrage ist nach wie vor sehr gering. Laut Meinung von Herrn Koller bräuchte diese Technik mehr politischen Rückenwind. Vermehrt treffen jetzt Anfragen aus Deutschland ein, da hier bessere Einspeisetarife kommen werden. Weiter werden gasbetriebene BHKW des deutschen Produzenten ecopower unter dem Namen Powerbox vertrieben.

Oktober 2005:

Aus Österreich kommen keine Nachfragen mehr, sondern nur mehr aus Deutschland. Anlagen werden aber nicht mehr selbst vertrieben, sondern es werden andere Hersteller vermittelt.

10.3.8 KSW Energie- und Umwelttechnik GmbH

Adresse	Justus von Liebig Straße 22 D 53121 Bonn
Telefon	+49 (0)228 987700
Fax	+49 (0)228 9877055
E-Mail	ksw-bonn@t-online.de
Ansprechpartner	Herr Schneider
Kraftstoff: Pflanzenöl	Leistungsbereich: ab 280 kW

Dezember 2002:

Der Schwerpunkt dieser Firma sind Pflanzenöl betriebene Blockheizkraftwerke ab einem Leistungsbereich von 280 kW_{el}. Als Brennstoff werden hauptsächlich aufbereitete Altspeisefette verwendet. Die Motoren sind angepasste Schiffsdieselmotoren, so genannte Langsamläufer. Der 280-kW-Motor hat z. B. 3-Zylinder, dreht mit 750 min⁻¹ und hat ein Gesamtgewicht von 10 t. Der Grund, warum Schiffsdieselmotoren verwendet werden, ist der lange Hub dieser Motoren. Durch die

niedrigere Verbrennungsgeschwindigkeit von Pflanzenöl ist so eine bessere Verbrennung gewährleistet, da der Verbrennungsablauf länger dauert. Im Berliner Regierungsviertel befinden sich Biodiesel betriebene Blockheizkraftwerke von KSW mit einer Leistung von 300 - 400 kW. Ein weiterer Schwerpunkt von KSW sind Holzvergasungsanlagen.

November 2003:

KSW verwendet als Brennstoff meist Altspeisefette, die jedoch selbst aufbereitet werden, um eine gute Qualität gewährleisten zu können. Der Preis des fertigen, aufbereiteten Altspeisefettes bewegt sich im Bereich des halben Pflanzenölpreises, also ungefähr 25 bis 30 Cent/l. Herr Schneider sieht keine Gefahr für die Zukunft beim Verwenden von Altspeisefetten, da im Erneuerbare-Energien-Gesetz die Verwendung von biologischen Abfällen aus der Industrie und Landwirtschaft vorgesehen ist.

Oktober 2005:

Auf Grund des Erneuerbaren-Energie-Gesetzes und der drastisch gestiegenen Rohstoffpreise herrscht reges Interesse am Markt. Da KSW große Anlagen plant, sind die Interessenten meist Energieversorger und Contractoren. Die Einspritzrüstung wird von KSW selbst entwickelt, um eine gewisse Unabhängigkeit vom Motorhersteller zu erreichen. Mit der Ausrüstung können Öle bis zu einem Gehalt an 10% freier Fettsäuren (FFA) verwendet werden. Dadurch ist der Anwender nicht an eine bestimmte Qualität gebunden.

10.3.9 KWS Maschinenfabrik GmbH

Adresse	Unterrain 1 A 9560 Feldkirchen
Telefon	+43 4276 48833-0
Fax	+43 4276 48833-20
E-Mail	office@kws-gruppe.com
Ansprechpartner	Herr Löschenkohl
Kraftstoff: Pflanzenöl	Leistungsbereich: 45 - 2500 kW

Dezember 2002:

Die ehemalige Firma Schönebeck wurde von der KWS-Gruppe mit Sitz in Österreich, Feldkirchen in Kärnten, gekauft. Es werden Pflanzenöl betriebene BHKW im Leistungsbereich von 45 kW bis 2500 kW produziert. Die Firma Schönebeck produziert die Motoren selbst. Dies sind Motoren, die speziell für den Betrieb mit Pflanzenöl konstruiert sind. Es laufen derzeit ca. 100 Pflanzenöl betriebene Blockheizkraftwerke, in Deutschland, Polen usw.; Probleme mit den BHKW sind Herrn Löschenkohl keine bekannt. Lediglich die Beschaffung des Pflanzenöls ist schwierig. In Österreich läuft noch kein BHKW, es befinden sich jedoch mehrere Anlagen in Planung.

November 2003:

Es wurde betont, dass der BHKW-Markt für Pflanzenöl derzeit boomt. Die Nachfrage richtet sich jedoch hauptsächlich nach großen Anlagen im Bereich 1 MW. Als Brennstoff wird versucht hauptsächlich Altspeisefette, tierische Öle usw. einzusetzen. Laut Auskunft der Fa. KWS beträgt der Preis für Pflanzenöl 480 €/t, bei einer Jahresabnahme von 300 t. Der Qualitätsstandard Weihenstephan wird garantiert. Der Preis wird allerdings steigen, da der chinesische Markt sehr stark

Pflanzenöl kauft. Der Preis von tierischen Ölen bewegt sich im Bereich von 300 - 360 €/t, bei tierischen Fetten beträgt der Preis 200 bis 220 €/t.

Oktober 2005:

Die Firma KWS befindet sich seit September 2005 im Konkurs.

10.3.10 Konrad Weigel Energie Technik e.K.

Adresse	Neumarkter Straße 157 D 92342 Freystadt - Rettelloh
Telefon	+49 (0)9179 96464 0
Fax	+49 (0)9179 96434 29
E-Mail	info@kw-energietechnik.de
Web	www.kw-energietechnik.de
Ansprechpartner	Herr Weigel
Kraftstoff: Pflanzenöl	Leistungsbereich: 8 - 25 kW



Dezember 2002:

Herr Weigel ist mit der Marktlage sehr zufrieden. Der Leistungsbereich reicht von 5 bis 25 kW elektrischer Leistung. Bezüglich der Entwicklung am Markt ist Herr Weigel überzeugt, dass es eine Nische bleiben wird, außer die fossilen Energiepreise würden ein sehr hohes Preisniveau erreichen. Auch Herr Weigel hatte mit technischen Problemen zu kämpfen. Er gab jedoch zu bedenken, dass die Pflanzenöltechnik, im Vergleich zur Dieselseite, noch relativ jung ist. 1893 erfand Rudolf Diesel den Diesel-Motor, die Technik der Pflanzenölmotoren ist ca. 20 Jahre alt.

Der Einspeisetarif beträgt in Deutschland 10,1 Cent, garantiert auf 20 Jahre. Bezüglich der Emissionswerte gelten die Grenzwerte der TA Luft. Die Abgasreinigungstechnik sei sehr teuer und verschlechtere damit die Wirtschaftlichkeit wesentlich, außerdem ist die Reinigung der Abgase von Pflanzenöl-BHKW noch nicht sehr ausgereift und problematisch.



Bild 40: Weigel BHKW 6 kW (Quelle: www.kw-energietechnik.de)

November 2003:

Herr Weigel ist mit der Marktlage nach wie vor sehr zufrieden. In Österreich bemerkte er durch die Erhöhung des Einspeisetarifs keine verstärkte Nachfrage. Ein weiteres Problem in Österreich sei die Abgasproblematik, die nicht einheitlich geregelt ist.

Oktober 2005

Der hohe Einspeisetarif hat eine enorme Nachfrage an pflanzenölbetriebenen BHKW bewirkt. Die Auftragsbücher sind dementsprechend voll. Derzeit werden Anlagen nur bis 25 kW_{el} gebaut. In Zukunft sind jedoch Anlagen von 50 kW, 100 kW bis zu 300 kW geplant. Dazu werden Motoren mit modernen Einspritzausrüstungen (Scania, Volvo) verwendet. Die Anpassung an den Betrieb mit Pflanzenöl erfolgt durch KWE.

10.3.11 NET

Adresse	Moosstraße 195 A 5020 Salzburg
Telefon	+43 662 8287 29
Fax	+43 662 8287 29 60
E-Mail	net.salzburg@magnet.at
Web	www.neue-energie-technik.net
Ansprechpartner	Herr Schweighofer
Kraftstoff:	Leistungsbereich:
Pflanzenöl	8 – 144 kW
Biodiesel	8 – 144 kW



Dezember 2002:

Herr Schweighofer ist mit der Marktlage sehr zufrieden und kann sich über mangelnde Arbeit nicht beklagen. Es wurden bereits über 25 Projekte mit Pflanzenöl-BHKW mit einer maximalen Leistung von 40 kW realisiert. Das längste in Betrieb befindliche BHKW läuft mittlerweile 24000 Stunden problemlos. Die Überprüfung der BHKW wird vom TÜV in Wels oder Deutschland durchgeführt. Es werden nur Motoren verwendet, wo eine Garantie für den Betrieb mit Pflanzenöl gewährt wird, zum Beispiel keine Kubota- und Perkins-Motoren. Viele BHKW befinden sich auf Berghütten, wo es spezielle Förderungen für den Betrieb mit Pflanzenöl gibt.



Bild 41: NET Pflanzenöl-BHKW (Quelle: www.neue-energie-technik.net)

November 2003:

Herr Schweighofer berichtete über die Planung einer Großanlage in der Nähe von Salzburg. Das Konzept sieht eine Komplettanlage vor, von der Sammlung des Altspesiefetts aus den Hotels der umgebenden Region über die Aufbereitung bis zur Stromerzeugung. Herr Schweighofer sagte, dass die Grenze der Wirtschaftlichkeit bei einem Preis von 40 Cent/kg für den Brennstoff erreicht ist.

Oktober 2005:

Es sind eine große Zahl von Anlagen in erster Linie für Deutschland, aber z.B. auch für Griechenland, Spanien und Frankreich in Planung. Die Anlagen werden durch NET zusammengebaut und die Steuerung selbst entwickelt. Die Anlagengrößen bewegen sich bis 100 kW_{el}. Der österreichische Markt ist vollständig zusammengebrochen. NET überlegt daher, sich aus Österreich zurückzuziehen.

10.3.12 Oberdorfer Kraft-Wärme-Kopplung GmbH

Adresse	Bahnhofstraße 55 A 9711 Paternion
Telefon	+43 4245 2419
Fax	+43 4245 2419-4
E-Mail	office@oberdorfer.at
Web	www.oberdorfer.at
Ansprechpartner	Herr Schnell
Kraftstoff: Biodiesel	Leistungsbereich: 5 - 143 kW



Dezember 2002:

Die Firma Oberdorfer vertreibt in Österreich Pflanzenöl betriebene BHKW der Firma SenerTec. Der Schwerpunkt liegt bei Oberdorfer jedoch auf den eigens produzierten BHKW die mit Biogas, Klärgas, Erdgas, etc. betrieben werden können und wo sich Oberdorfer spezialisiert hat. Es wurde betont, dass die Wertschöpfung hier besser sei als im reinen Vertrieb. SenerTec hat das Pflanzenöl betriebene BHKW an einem deutschen Institut testen lassen; da die Standzeiten nicht erreicht wurden, wurde der Vertrieb eingestellt.

November 2003:

Es wird nach wie vor die SenerTec-Anlage mit 5 kW_{el} verkauft, die für Biodiesel und Heizöl freigegeben ist. Der Schwerpunkt des Unternehmens sind Gas betriebene BHKW, die Motoren werden von Liebherr und John Deere zugekauft. Es läuft noch eine Pflanzenölanlage von SenerTec in Österreich.

10.3.13 SenerTec GmbH

Adresse	Carl – Zeiss Straße 18 D 97424 Schweinfurt
Telefon	+49 (0)9721 651-0
Fax	+49 (0)9721 651-203
E-Mail	info@senertec.de
Web	www.senertec.de
Ansprechpartner	Herr Damböck
Kraftstoff: Biodiesel	Leistungsbereich: 5,3 kW



Dezember 2002:

Der Status des Generalimporteurs von SenerTec durch die Firma Oberdorfer endete mit Jahresende 2001. Der Betrieb der Dachs HKA mit Pflanzenöl wurde aufgrund von technischen Problemen eingestellt. Es befinden sich noch 10 Anlagen in Betrieb, die mit Pflanzenöl betrieben werden. Alle diese Anlagen befinden sich in Deutschland und laufen im Dauerbetrieb, durch den Entfall des Hoch- und Niederfahrens und der konstanten Betriebstemperatur treten weniger technische Probleme auf. Mit Biodiesel betriebene Blockheizkraftwerke laufen ungefähr 150 Stück, davon 80 bis 90 Anlagen in Österreich.

November 2003:

Der Betrieb mit Pflanzenöl wurde eingestellt. Die Firma SenerTec sieht Pflanzenöl nicht als wichtigen Bereich für die Zukunft. Die Kosten für Investitionen um eine reibungslose Funktion des BHKW mit Pflanzenöl zu gewährleisten wären zu hoch, da das jährliche Marktpotential wahrscheinlich nur 5 bis 10 Stück wären. Das BHKW wäre teurer und hätte im Vergleich zu Heizöl die halben Serviceintervalle. Grundsätzlich ist die Nachfrage nach BHKW gestiegen, weil viele vor allem die Sicherheit in der Versorgung sehen.

Oktober 2005:

Auf Grund der vielen Anfragen werden Pflanzenöl-BHKW wieder in das Programm aufgenommen. Derzeit laufen Feldversuche für neue Anlagen, die im Laufe des Jahres 2006 auf den Markt kommen sollen.

10.3.14 ÖkoTec GmbH

Adresse	A 4881 Straß im Attergau 8
Telefon	+43 7667 7205
Fax	+43 7997 7205 14
E-Mail	office@oekotec.at
Web	www.oekotec.at
Ansprechpartner	Herr Baldinger
Kraftstoff: Pflanzenöl	Leistungsbereich: ab 2 kW



Dezember 2002:

Der Verkauf von konventionellen BHKW mit Kolbenverbrennungsmotor und Pflanzenölschmierung wurde aufgrund von technischen Problemen eingestellt. Durch umfangreiche Abgasnachbehandlung zur Einhaltung der Grenzwerte entstand ein zu hoher Abgasgegendruck, der zu Problemen im Betrieb führte. Die BHKW ohne Abgasnachbehandlung sind mittlerweile 6000 Betriebsstunden ohne Probleme gelaufen.

Es befindet sich derzeit ein BHKW mit Pflanzenöl-Blaubrenner in der Entwicklung und soll im Frühjahr auf den Markt kommen. Die ersten Prototypen werden heuer noch in Betrieb gehen. Man erwartet sich große Verkaufschancen am deutschen Markt, da dort 14 Millionen Ölheizungen in Betrieb sind, die älter als 15 Jahre sind. Ein großer Vorteil der Brennertechnik wäre die Nutzung eines vorhandenen, durchgehenden Brennerservicenetzes.

November 2003:

Der Pflanzenöl-Blaubrenner ist für Heizöl, RME und Pflanzenöl TÜV geprüft. Es läuft derzeit ein Forschungsprojekt mit verschiedenen Institutionen in Österreich.

Oktober 2005:

Es werden Pflanzenöl-BHKW mit Kubota-Motoren mit 8, 12, 20 und 25 kW_{el} angeboten. Damit wird fast ausschließlich der deutsche Markt bedient. Anwendungen finden sich in erster Linie in der Landwirtschaft, im Kleingewerbe und bei privaten Ein- bzw. Mehrfamilienhäuser. Einige Anlagen wurden in den vergangenen Jahren auch in Österreich installiert. Derzeit existiert in Österreich aber kein Markt. Anfragen kommen jedoch z.B. auch aus Spanien.

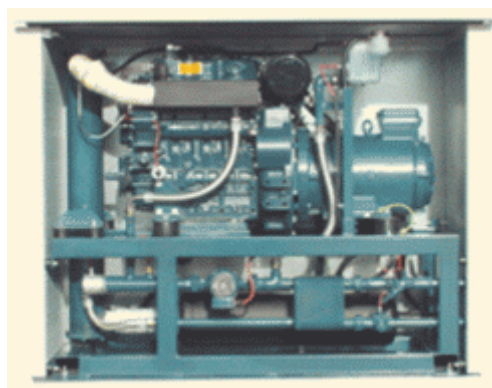


Bild 42: ÖkoTec BioKraftwerk - Innenansicht

10.3.15 VWP – Vereinigte Werkstätten für Pflanzenöltechnologie

Adresse	Am Steigbühl 2 D 90584 Allersberg - Göggersbuch
Telefon	+49 (0)9174 2862
Fax	+49 (0)9174 2621
E-Mail	info@pflanzenoel-motor.de
Web	www.pflanzenoel-motor.de
Ansprechpartner	Herr Gruber



Dezember 2002:

VWP produziert derzeit keine Blockheizkraftwerke. Bisher wurden circa 20 Stück mit adaptierten Kubota-Motoren verkauft. Bei positiver Entwicklung des Marktes kann dieses Thema jedoch wieder aufgegriffen werden. Die Priorität bei VWP liegt in der mobilen Anwendung von Pflanzenöl. Der Bereich der BHKW ist ein hart umkämpfter Markt. Erschwerend kommt noch hinzu, dass der Preis für Heizöl im Vergleich zu Pflanzenöl zu niedrig ist.

Als bisher höchste Laufzeit mit einem Pflanzenöl betriebenen BHKW wurden bisher 20.000 Stunden erreicht.

11 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

Die Preisentwicklung bei fossilen Kraftstoffen hat das Interesse der Konsumenten an neuen Energieträgern enorm verstärkt. Für mobile Anwendungen konnte mit Biodiesel eine wertvolle Alternative geschaffen werden. Der Einsatz von reinem Pflanzenöl erfordert jedoch eine spezielle Motorenteknologie und macht deshalb die Verwendung in stationären Anlagen besonders interessant. Blockheizkraftwerke bieten den Vorteil einer hohen Ausnützung der eingesetzten Energie und tragen somit zur Entlastung des CO₂-Haushaltes bei.

Ziel des Forschungsprojektes war es, technische und wirtschaftliche Erfahrungen bei der Verwendung von reinem Pflanzenöl in Blockheizkraftwerken zu gewinnen und in Empfehlungen für die Praxis umzusetzen. Folgende Aufgaben mussten bewältigt werden:

- Sammlung von Informationen über den Stand der Technik, über die Qualitätsanforderungen an den Kraftstoff, über Behördenverfahren und Einspeiseregulungen;
- Untersuchung der Wirtschaftlichkeit des Betriebes unter österreichischen Bedingungen;
- Errichtung eines Prüfstandes für Blockheizkraftwerke;
- Untersuchung von Blockheizkraftwerken in der Praxis und am Prüfstand.

Im Zuge des Projekts wurde der Stand der Technik von Pflanzenöl betriebenen Blockheizkraftwerken (BHKW) und die Marktentwicklung recherchiert. Eine Zusammenstellung von Informationen über die BHKW-Technologie, die Qualitätsanforderungen für das Pflanzenöl, eine Liste von BHKW-Herstellern, Vorschriften über die Abgasgesetzgebung sowie über die Netzeinspeisung wurden auf der Webseite der BLT Wieselburg veröffentlicht (siehe: www.blb.bmlfuw.gv.at/bio_nawa/bhkw/bhkw.htm).

Vom 25. - 26.2.2002 wurde in Straubing ein internationales Expertenforum „Rapsölkraftstoff in Traktoren und Blockheizkraftwerken“ gemeinsam mit dem Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe veranstaltet. 70 Fachleute aus Deutschland, Österreich und der Schweiz diskutierten über die Rahmenbedingungen, den Stand der Technik, die Probleme im praktischen Betrieb und die Wirtschaftlichkeit. Ein Tagungsband ist bei den Veranstaltern verfügbar.

An der BLT wurde ein Prüfstand errichtet, bei dem BHKW mit einer Leistung von max. 25 kW_{el} und 50 kW_{th} untersucht werden können. In der Folge wurden verschiedene Anlagen im kleinen Leistungsbereich (bis 20 kW_{el}) am Prüfstand aber auch in der Praxis untersucht. Je nach Ausführung wurden zum Teil sehr hohe Wirkungsgrade von >90 % festgestellt. Die kommerziell verfügbaren Anlagen beeindrucken mit einem hohen technischen Aufwand für Steuerung, Überwachung und Bedienungskomfort. Im Winter 2002/2003 wurde ein Blockheizkraftwerk mit einer Leistung von 6 kW_{el} / 14 kW_{th} im Dauerlauf über etwa 3000 Betriebsstunden am Prüfstand der BLT Wieselburg betrieben. Der Versuch verlief störungsfrei. Eine Untersuchung des Aggregates am Ende zeigte keine Auffälligkeiten.

Im Zuge des Projekts wurden Untersuchungen der Wirtschaftlichkeit von BHKW auf Pflanzenölbasis durch die Bundesanstalt für Agrarwirtschaft durchgeführt. Dabei wurden Annahmen für verschiedene Modellbetriebe (Einfamilienhaus, Landwirtschaft, Hallenbad, Nahwärmeversorgung) getroffen und die Kosten und Erlöse berechnet. Wesentliche Einflussfaktoren sind der Preis für das Pflanzenöl, der Einspeisetarif, die Wartungskosten, die Abschreibungsdauer und die Anschaffungskosten. Die Einspeisung von Ökostrom war mit dem Ökostromgesetz (BGBl. I 149/2002) zwischen 2003 und 2004 einheitlich geregelt. Die Einspeisetarife für pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke betragen für Anlagen, die bis Ende 2004 genehmigt wurden, 13 cent/kWh (< 200 kW) bzw. 10 cent/kWh (> 200 kW). Unter günstigen Bedingungen (Ökostromtarif von 13 cent/kWh, Rapsölpreis 50 cent/l,

störungsfreier Betrieb und vollständige Nutzung von Strom und Wärme) kann ein wirtschaftlicher Betrieb erreicht werden.

Eine Befragung unter BHKW-Hersteller ergab, dass in Österreich Ende 2004 etwa 50 mit Pflanzenöl betriebene Blockheizkraftwerke in Betrieb sind. Ein Teil wurde auf Almhütten zur autarken Energieversorgung errichtet. Einige Projekte mit zum Teil sehr großen Anlagenleistungen sind in Planung. Aus Gründen der Senkung der Betriebskosten konnte ein steigendes Interesse an Altspeiseöl als Kraftstoff beobachtet werden. Durch den Wegfall der gesetzlich geregelten Einspeisetarife ab 2005 ist allerdings – im krassen Gegensatz zu Deutschland – das Interesse an Pflanzenöl-BHKW vollständig zum Erliegen gekommen.

Offene Fragen betreffen die Qualitätsanforderungen des Altspeiseöles, einheitliche Grenzwerte für die Abgasemissionen und die Lebensdauer der Anlagen. Eine Typenprüfung von Blockheizkraftwerken würde wesentlich zur Beschleunigung des Behördenverfahrens beitragen.

12 LITERATUR UND LINKS

12.1 Verwendete Literatur

- [1] AMMERER, A.: Pflanzenöl als Kraftstoff, Diplomarbeit, FH-Diplomstudiengang Produkt- und Projektmanagement der FH Wiener Neustadt für Wirtschaft und Technik, Wieselburg (2003)
- [2] Bezugsquellen Pflanzenöl-BHKW. Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk. <http://www.carmen-ev.de/dt/energie/bezugsquellen/pflaolbhw.html>. C.A.R.M.E.N., Deutschland (Oktober 2005).
- [3] BGBl. 194/1994: Gewerbeordnung 1994 - Gew.O. (1994)
- [4] BGBl. I 102/2002: Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002
- [5] BGBl. I 143/1988 vom 18. August 1998: Elektrizitätswirtschafts- und –organisationsgesetz (EIWOG)
- [6] BGBl. I 149/2002 vom 23. August 2002: Ökostromgesetz sowie zur Änderung des Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz (EIWOG) und das Energieförderungsgesetz 1979 (EnFG)
- [7] BGBl. I Nr. 121/2000 vom 1. Dezember 2000: Energieliberalisierungsgesetz
- [8] BGBl. II 254/2005 vom 12. August 2005: Änderung der Verordnung, mit der Preise für die Abnahme elektrischer Energie aus Ökostromanlagen festgesetzt werden.
- [9] BGBl. II 417/2004: Änderung der Kraftstoffverordnung 1999. 4. November 2004.
- [10] BGBl. II 508/2002 vom 20. Dezember 2002: 508: Verordnung: Festsetzung der Preise für die Abnahme elektrischer Energie aus Ökostromanlagen
- [11] BHKW-Handbuch, Kraft-Wärme-Kopplung mit Verbrennungsmotoren, VDI-Gesellschaft Energietechnik (Hrsg.) Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf, ISBN 3-9806286-6-3
- [12] BHKW-Kenndaten 2005. Module Anbieter Kosten. Arbeitsgemeinschaft für Sparsamen und Umweltfreundlichen Energieverbrauch E.V. (ASUE), www.asue.de
- [13] BMLFUW: Grüner Bericht 2004 – Bericht über die Situation der österreichischen Landwirtschaft im Jahr 2003. URL: <http://www.gruenerbericht.at> (Wien 2004)
- [14] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA-Luft), 24. Juli 2002
- [15] Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich. Vom 21. Juli 2004. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2004 Teil I Nr. 40, ausgegeben zu Bonn am 31. Juli 2004.
- [16] GROHE, H.: Otto- und Dieselmotoren, 9. Auflage, Vogel Buchverlag Würzburg (1990), ISBN 3-8023-0052-1
- [17] <http://www.fnrservice.de/100schlepper/>
- [18] <http://www.pflanzenoel.agrarplus.at/>
- [19] Immissionsschutzgesetz – Luft (IG-L), BGBl. I Nr. 115/1997 – zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 62/2001

- [20] LGBl. 41/2001: Gesetz vom 13. Juli 2001 über die Regelung des Elektrizitätswesens im Burgenland (Burgenländisches Elektrizitätswesengesetz 2001 - EIWG 2001)
- [21] LGBl. Nr. 59/2003: Gesetz über die Erzeugung, Übertragung und Verteilung von elektrischer Energie (Vorarlberger Elektrizitätswirtschaftsgesetz)
- [22] LGBl. Nr. 60/2001: Steiermärkisches Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz (2001 - Stmk. EIWOG 2001), Novellen: BGBl. Nr. I 149/2002, (2) LGBl. Nr. 85/2003
- [23] LGBl. Nr. 72/2001: Gesetz über die Neuregelung der Elektrizitätswirtschaft (Wiener Elektrizitätswirtschaftsgesetz 2001 - WEIWG)
- [24] LGBl. Nr. 75/1999: Salzburger Landeselektrizitätsgesetz 1999
- [25] LGBl. Nr. 7800-0 Stammgesetz 92/01 2001-09-18: NÖ Elektrizitätswesengesetz 2001 (NÖ EIWG 2001)
- [26] LGBl. Nr. 88/2001: OÖ Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz 2001
- [27] LGBl. Nr. 88/2003: Gesetz vom 2. Juli 2003 über die Regelung des Elektrizitätswesens in Tirol (Tiroler Elektrizitätsgesetz 2003 – TEG)
- [28] LGBl. Nr. 5/1999: Kärntner Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz 2001 – (K-EIWOG)
- [29] Luftreinhalteverordnung für Kesselanlagen 1989 (LRV-K), BGBl. Nr. 19/1989, i.d.F. BGBl. II Nr. 324/1997
- [30] MAURER, K.: Untersuchung zur Produktion von standardisiertem Pflanzenöl-Treibstoff und Ermittlung von motor- und verbrennungstechnischen Kenndaten bei auf Pflanzenölbetrieb umgerüsteten Dieselmotoren, Kurzbericht über das Projekt „Naturdiesel“, Landesanstalt für landwirtschaftliche Maschinen- und Bauwesen (740), Universität Hohenheim, Stuttgart (2000)
- [31] MEYER-PITROFF, R., DOBIASCH, A., LACHENMAIER, J.: Pflanzenöl betriebene Blockheizkraftwerke, Untersuchung der limitierten und nichtlimitierten Abgasemissionen von regenerativ betriebenen Verbrennungsmotoren (Teil 2), Bayrisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.), Heft Nr. 172 (2002)
- [32] Mit reinem Pflanzenöl in die Zukunft, Tagung und Fachausstellung in Gleisdorf, 7. - 8. September 2001, Tagungsband: Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie AEE INTEC, Gleisdorf
- [33] ÖNORM EN 14214: Kraftstoffe für Kraftfahrzeuge – Fettsäure-Methylester (FAME) für Dieselmotoren – Anforderungen und Prüfverfahren, Ausgabe 2004-01-01
- [34] ÖNORM EN 590: Kraftstoffe für Kraftfahrzeuge – Dieseldieselkraftstoff – Anforderungen und Prüfverfahren, Ausgabe 2004-04-01
- [35] Pflanzenöl betriebene Blockheizkraftwerke, Bayrisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg 2003, S. 7,
http://www.bayern.de/lfu/bestell/pflanzenoel_blockheizkraftwerke.pdf
- [36] Pflanzenöle als Kraftstoffe für Fahrzeugmotoren und Blockheizkraftwerke, Tagung Würzburg, 4. - 5. Juli 1994, VDI-Berichte 1126, ISBN 3-18-091126-3
- [37] PRANKL, H., KRAMMER, K.: Betriebsverhalten und Emissionen von Rapsöl betriebenen Blockheizkraftwerken, Bundesanstalt für Landtechnik, 3250 Wieselburg (2002), Erschienen in [40]

- [38] PRANKL, H.: Standardisation of Biodiesel on an European Level, 3rd European Motor Biofuels Forum, 10. - 13. October 1999, Brüssel (1999)
- [39] Qualitätsstandard für Rapsöl als Kraftstoff (RK-Qualitätsstandard). LTV-Arbeitskreis „Dezentrale Pflanzenölgewinnung“. Landtechnik Weihenstephan (05/2000). Publiziert in [43]
- [40] Rapsölkraftstoff in Traktoren und Blockheizkraftwerken, Tagungsband zum Internationalen Expertenforum, 25. - 26. Februar 2002 in Straubing, Deutschland, Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Herausgeber: Shaker Verlag Aachen 2003, ISBN 3-8322-1194-2
- [41] RATHBAUER, J., KRAMMER, K., PRANKL, H.: Statusbericht aus Österreich, Bundesanstalt für Landtechnik, 3250 Wieselburg (2002), Erschienen in [40]
- [42] REISER, W.: Ermittlung von motor- und verbrennungstechnischen Kenndaten an einem Dieselmotor mit Direkteinspritzung bei Betrieb mit unterschiedlich aufbereitetem Rapsöl, Fortschr.-Ber. VDI Reihe 12, Nr. 316, Düsseldorf, VDI Verlag 1997, ISBN 3-18-331612-9
- [43] REMMELE, E., THUNEKE, K., WIDMANN, B., WILHARM, T., SCHÖN, H.: Begleitforschung zur Standardisierung von Rapsöl als Kraftstoff für pflanzenölsaugliche Dieselmotoren in Fahrzeugen und BHKW, „Gelbes Heft“ Nr. 69, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), München (2000)
- [44] REMMELE, E., WIDMANN, B., BREUN, J., ROCKTÄSCHEL, A.: Reinigung kaltgepresster Pflanzenöle aus dezentralen Anlagen, Endbericht zum Forschungsvorhaben des Bayerischen Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten, „Gelbes Heft“ Nr. 75 (2002)
- [45] REMMELE, E.: Standardisierung von Rapsöl als Kraftstoff - Untersuchungen zu Kenngrößen, Prüfverfahren und Grenzwerten, Dissertation, Schriftenreihe „Forschungsbericht Agrartechnik“ Nr. 400 (2002);
<http://tumb1.biblio.tu-muenchen.de/publ/diss/ww/2002/remmele.html>
- [46] Richtlinie 2001/77/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. September 2001 zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt
- [47] Richtlinie 2003/54/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Juni 2003 über gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt und zur Aufhebung der Richtlinie 96/92/EG
- [48] Richtlinie 2004/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Februar 2004 über die Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten Kraft-Wärme-Kopplung im Energiebinnenmarkt und zur Änderung der Richtlinie 92/42/EWG
- [49] Richtlinie 96/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Dezember 1996 betreffend gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt (Amtsblatt Nr. L 027 vom 30/01/1997, S. 0020-0029); (nicht mehr rechtskräftig)
- [50] ROITMEIER, T.: Pflanzenöl betriebene Blockheizkraftwerke, Eine wirtschaftliche Analyse unter österreichischen Rahmenbedingungen, Diplomarbeit, Fachhochschule Wieselburg (2004)
- [51] SIMADER, G., RITTER, H., BENKE, G., PINTER, H.: Mikro- und Mini-KWK-Anlagen in Österreich. Österreichische Energieagentur. ISBN 3-902136-12-X. Wien, März 2004.

- [52] SR 814.318.142.1 Luftreinhalte-Verordnung (Schweiz), 16. Dezember 1985 (siehe: <http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/>)
- [53] STEIN, R.: Blockheizkraftwerke; Ein Leitfaden für die Anwender, Fachinformationszentrum Karlsruhe (Hrsg.), Köln, TÜV-Verl. 1999, ISBN 3-8249-0472-1
- [54] SUTTOR, W., MÜLLER, A.: Das Mini-Blockheizkraftwerk – Eine Heizung, die kostenlos Strom erzeugt, C. F. Müller Verlag Heidelberg (2000), ISBN 3-7880-7681-X
- [55] Technische Grundlage für die Beurteilung von Emissionen aus Stationärmotoren, Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit – BMWA (2001)
- [56] THUNEKE, K., KERN, C.: Pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke. Emissionsverhalten von pflanzenölbetriebenen BHKW-Motoren in Abhängigkeit von den Inhaltsstoffen und Eigenschaften sowie Abgasreinigungssystemen – Literatur und Technologieübersicht, Datenbank (Teil 1), Bayrisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.), Heft Nr. 171 (2002)
- [57] THUNEKE, K., STOTZ, K., LINK, H.: Abgaspartikelfilter für rapsölbetriebene Blockheizkraftwerke. 60 Landtechnik 5/2005. S. 268-269.
- [58] Übersicht über Umrüster und Hersteller von Pflanzenölmotoren: <http://www.fnr-server.de/cms35/index.php?id=155&kat=3021> (13. August 2004)
- [59] Übersicht über Umrüster und Hersteller von Pflanzenölmotoren: <http://www.mes-alsfeld.de/aktuell/aktinf02a.htm> (13. August 2004)
- [60] VDI-Gesellschaft: Technische Gebäudeausrüstung (2000): VDI 2067: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung, Herausgeber: Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf
- [61] Verordnung der Landesregierung über Maßnahmen zur Luftreinhaltung hinsichtlich Heizungsanlagen (Luftreinhalteverordnung Vorarlberg), LGBl. Nr. 82/1994, 57/1998, 25/1999, 27/2000, 9/2002
- [62] Verwendung von Rapsöl zu Motorentreibstoff und als Heizölersatz in technischer und umweltbezogener Hinsicht, Technische Universität München, Bayrische Landesanstalt für Landtechnik Freising-Weihenstephan, „Gelbes Heft“ Nr. 40, Bayrisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), München (1992)
- [63] WIDMANN, B., THUNEKE, K., REMMELE, E.: Pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke – Leitfaden, Bayrisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.), Heft Nr. 170 (2002); http://www.bayern.de/lfu/luft/veroeffentlich/umweltforsch/ern_energie/leitfaden.pdf
- [64] WÖRGETTER, M., et. al.: Pilotprojekt Biodiesel: Forschungsberichte der Bundesanstalt für Landtechnik, Heft Nr. 25 (Teil 1) und 26 (Teil 2), Dezember 1991

12.2 Weiterführende Links

An folgenden Stellen sind weiterführende Informationen im Internet zum Thema „Pflanzenöl“ und „Blockheizkraftwerke“ zu finden (in alphabetischer Reihenfolge und ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

http://www.asue.de	Arbeitsgemeinschaft für Sparsamen und Umweltfreundlichen Energieverbrauch E.V. (ASUE)
http://www.bhkw-info.de	Infoserver über Kraft-Wärme-Kopplung, Blockheizkraftwerke, Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung und Brennstoffzellen-BHKW
http://www.bhkw-infozentrum.de	BHKW-Infozentrums Rastatt. Informationen zum Thema Blockheizkraftwerke (BHKW) und Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) von einer auf privater Initiative gegründeten virtuellen Informationsplattform
http://www.bhkw-zentrum.de	BUS GmbH - Berufsbildungs- und Servicezentrum des Osnabrücker Handwerks GmbH. Allgemeine Informationen und Schulungsangebot
http://www.bv-pflanzenoele.de	Bundesverband Pflanzenöle e.V. Informationen über Pflanzenölmotoren, BHKW-Übersicht.
http://www.carmen-ev.de	Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e.V. Informationen und Projekte über pflanzenölbetriebene BHKW. Preisindex für Pflanzenöl
http://www.josephinum.at http://www.blm.bmlfuw.gv.at	Die Webseiten der FJ-BLT Wieselburg
http://www.oekostromforum.at http://www.e-control.at	Informationen über Ökostrom der Energie-Control GmbH
http://www.tfz.bayern.de	Technologie- und Förderzentrum (TFZ) im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing. Umfangreiche Informationen zum Thema Pflanzenöl

13 DANKSAGUNG

Für die wertvolle Unterstützung im Projekt, für die umfangreichen Information sowie für die problemlose Zusammenarbeit bedanken wir uns bei folgenden Institutionen bzw. Personen:

- Dr. Bernhard Widmann, Dr. Edgar Remmele und Dipl.-agr.-Ing. Klaus Thuneke vom Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing, Deutschland
- Fa. Ökotec / Söllinger, Straß im Attergau
- Fa. KWE / Konrad Weigel Energietechnik, Freystadt-Sulzkirchen, Deutschland
- Fa. NET, Salzburg
- Hrn. Dipl.-Ing. Johann Scharinger vom Amt der Oberösterreichischen Landesregierung
- Hrn. Wiesmüller, St. Pölten

sowie bei den Kollegen der FJ-BLT Wieselburg insbesondere bei den Mitarbeitern des Prüfstands für biogene Feuerungen.

14 ANHANG: ERGEBNISSE DER ABGASUNTERSUCHUNGEN

14.1 Detailergebnisse zur Untersuchung eines Klein-BHKW mit 4 kW_{el.} (Kapitel 8.1)

Bezeichnung:		NP-4		
Datum des Versuches:		2001-08-16		
Versuchsbedingungen:		Min.wert	Mittelwert	Max.wert
Umgebungstemperatur	°C	29,0	29,4	29,9
Außentemperatur	°C	31,6	32,0	32,3
Luftdruck	mbar		993	

Kraftstoff, zugeführte Energie

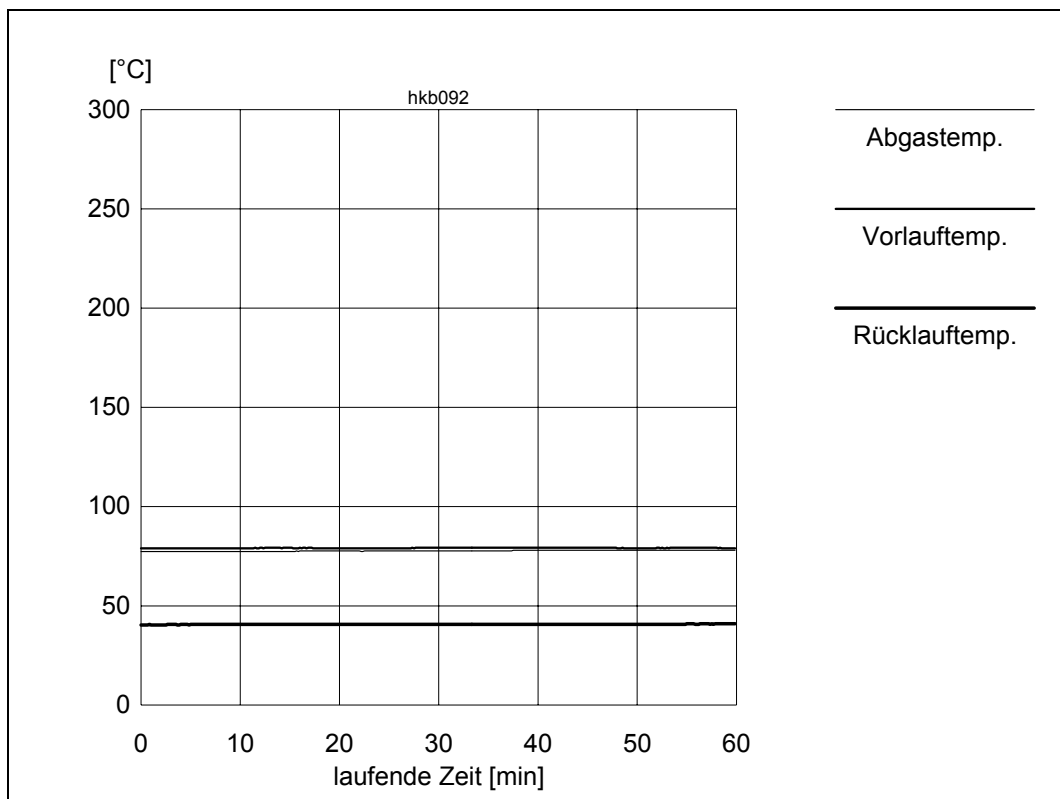
Bezeichnung des Kraftstoffes	Rapsöl			
Wasseranteil	kg/kg		0,0007	
Kohlenstoffanteil	kg/kg		0,770	
Wasserstoffanteil	kg/kg		0,116	
Sauerstoffanteil	kg/kg		0,107	
Heizwert des Kraftstoffes	MJ/kg		37,07	
gesamte zugef. Kraftstoffmenge	kg		1,60	
stündl. zugef. Kraftstoffmenge	kg/h		1,60	
Brennstoffwärmeleistung	kW		16,5	

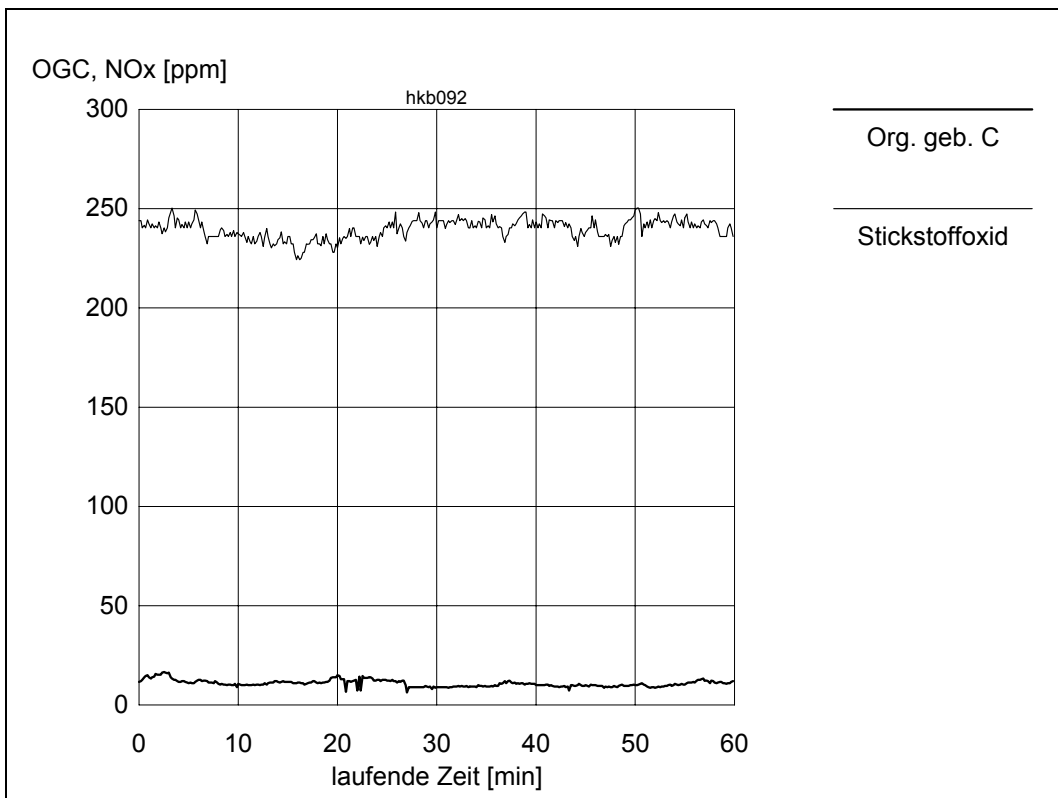
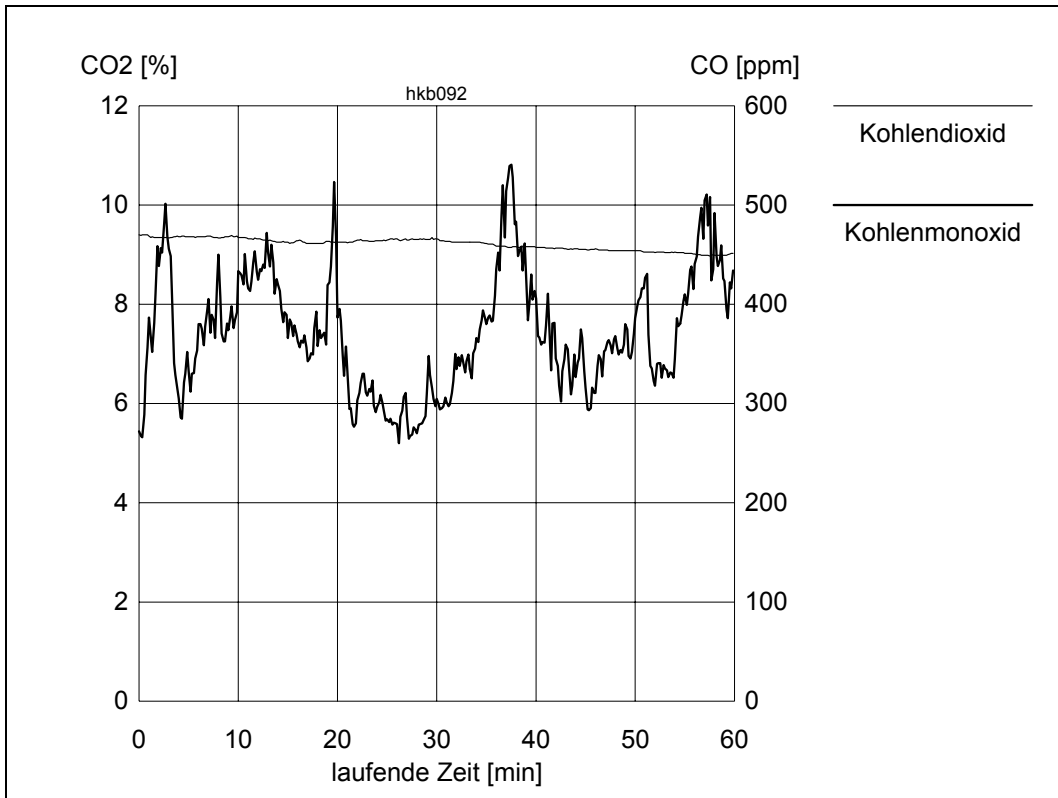
		Min.wert	Mittelwert	Max.wert
Wärmeleistung, Elektrische Leistung, Wirkungsgrad				
stündlich zugef. Wassermenge	kg/h	245,4	246,8	247,8
Wassertemp. Wärmetauschereintritt	°C	40,5	40,7	40,9
Wassertemp. Wärmetauscheraustritt	°C	79,0	79,2	79,4
Temperaturdifferenz	°C	38,3	38,5	38,7
Wärmeleistung	kW _{th}	10,94	11,07	11,16
Elektrische Leistung	kW _{el}		4,34	
Elektrischer Wirkungsgrad	%		26,4	
Abgasverlust	%		3,2	
Verluste über die Oberfläche	%		1,3	
Thermische Leistung	kW		11,1	
Thermischer Wirkungsgrad	%		67	
Gesamt-Wirkungsgrad	%		93	
Messwerte Abgasmessstrecke				
Abgastemperatur	°C	77,3	77,7	78,0
Sauerstoffgehalt, gerechnet	%		8,6	
Kohlendioxidgehalt	%	9,0	9,2	9,4

Kohlenmonoxidgehalt	ppm	260	371	541
organisch geb. Kohlenstoff	ppm	6,2	10,9	16,5
Stickstoffmonoxid	ppm	224	240	250
Rauchwert nach Bosch		2,5	2,7	3,0

Beurteilungswert bezogen auf
O₂-Gehalt von 5 %
[mg/Nm³]

Kohlenmonoxid (CO)	605
organisch gebundener Kohlenstoff (OGC)	25
Stickoxide (NO _x)	644





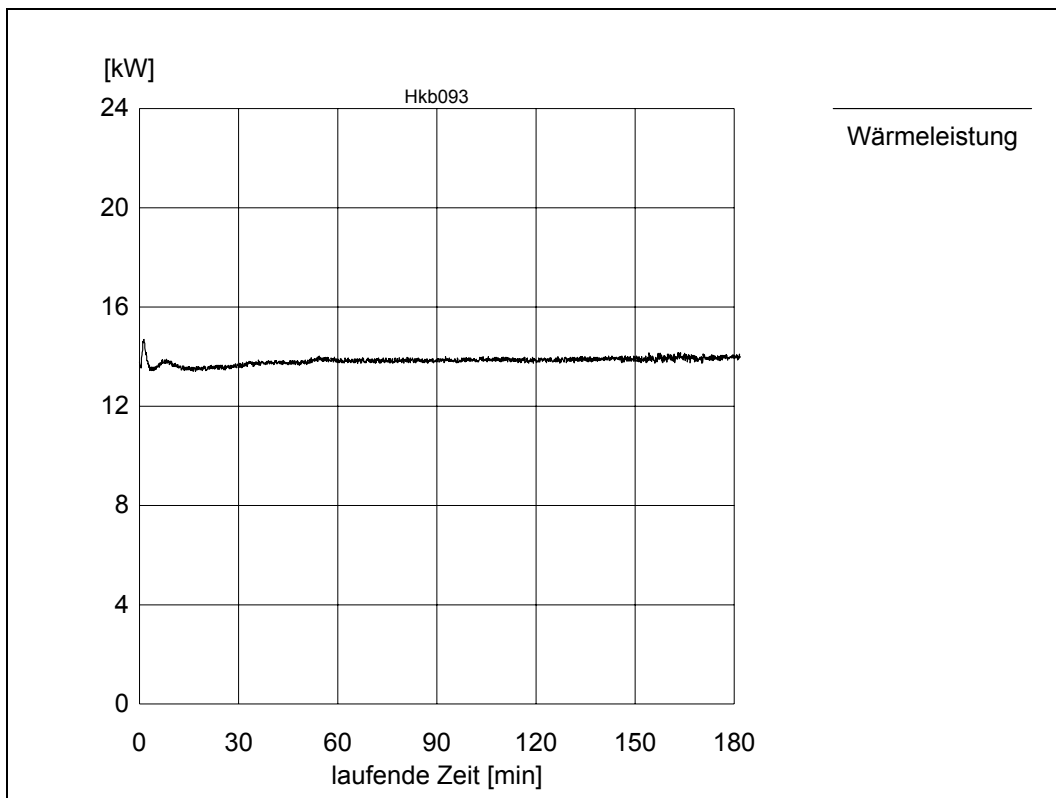
14.2 Detailergebnisse zur Untersuchung eines Klein-BHKW mit 6 kW_{el}. (Kapitel 8.2)

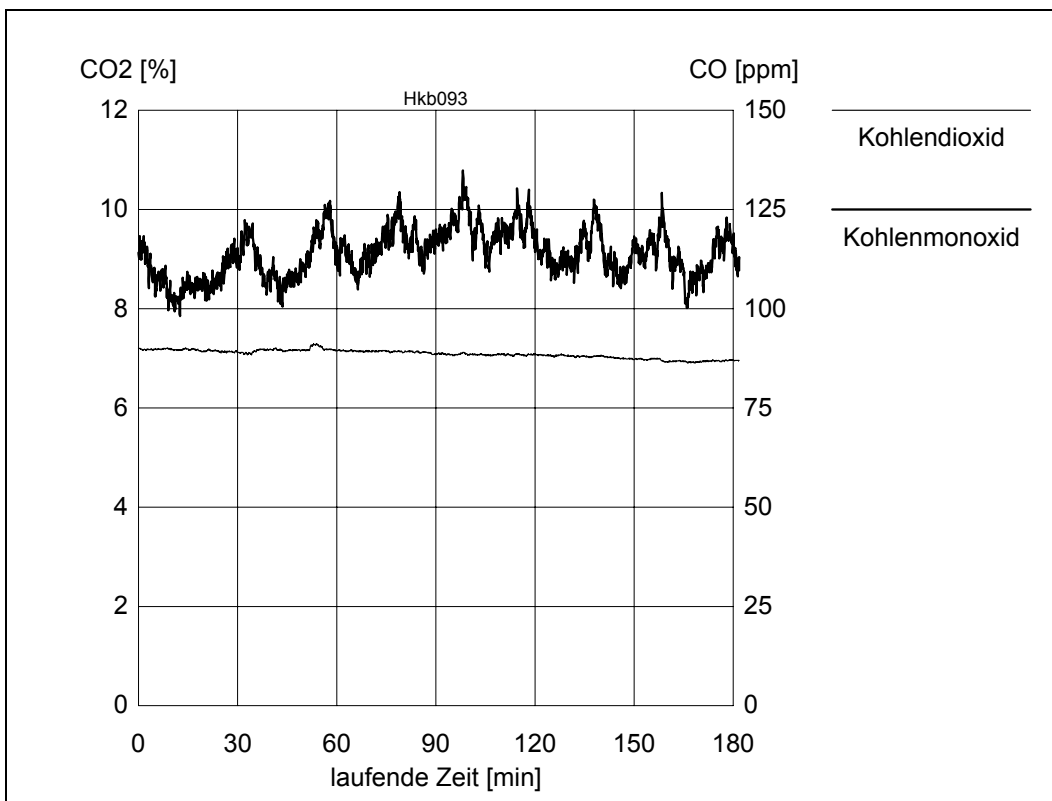
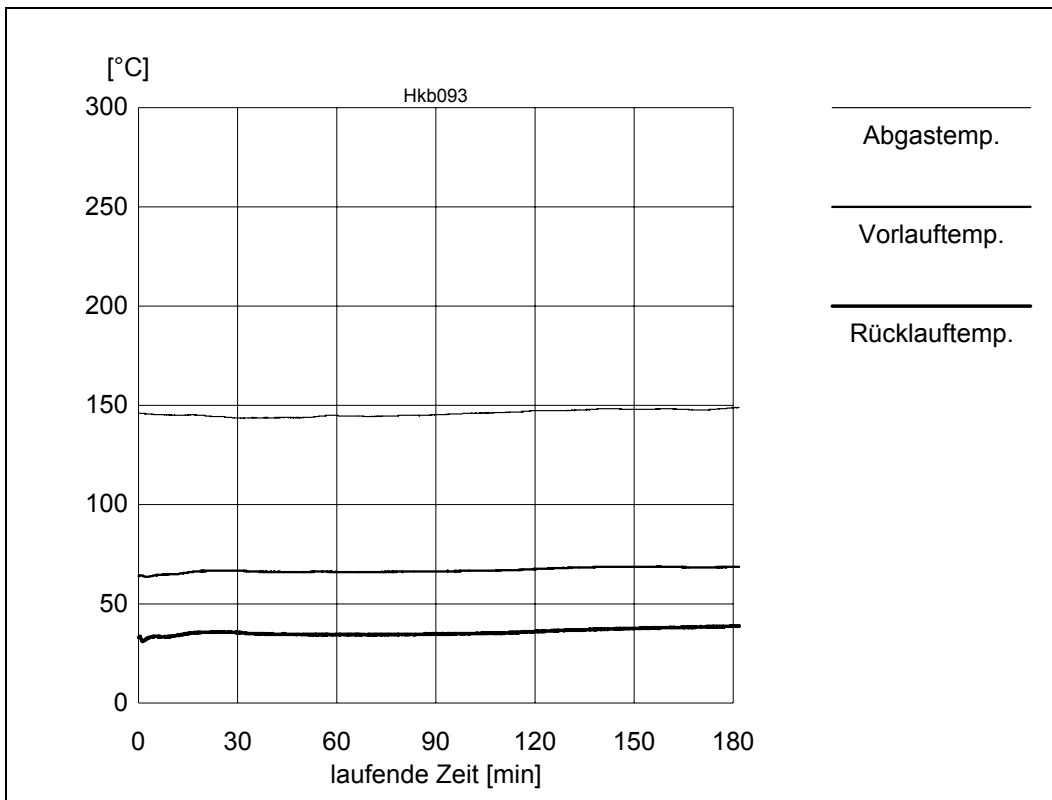
Bezeichnung:		KWE 5P-3AP		
Datum des Versuches:		2001-07-20		
Messdauer:		09:20 - 12:22		
Versuchsbedingungen:		Min.wert	Mittelwert	Max.wert
Umgebungstemperatur	°C	15,5	20,1	23,1
Luftdruck	mbar		990	
Kraftstoff, zugeführte Energie				
Bezeichnung des Kraftstoffes	Rapsöl			
Wasseranteil	kg/kg		0,0007	
Kohlenstoffanteil	kg/kg		0,767	
Wasserstoffanteil	kg/kg		0,120	
Sauerstoffanteil	kg/kg		0,107	
Heizwert des Kraftstoffes	MJ/kg		37,1	
gesamte zugef. Kraftstoffmenge	kg		6,9	
stündl. zugef. Kraftstoffmenge	kg/h		2,28	
Brennstoffwärmeleistung	kW		23,5	
		Min.wert	Mittelwert	Max.wert
Wärmeleistung, Elektrische Leistung, Wirkungsgrad				
stündlich zugef. Wassermenge	kg/h	375,2	380,8	403,6
Wassertemp. Wärmetauschereintritt	°C	31,1	35,7	38,9
Wassertemp. Wärmetauscheraustritt	°C	63,6	67,0	68,9
Temperaturdifferenz	°C	29,7	31,2	33,2
Thermische Leistung	kW _{th}	13,4	13,8	14,7
Thermischer Wirkungsgrad	%		58,7	
Elektrische Leistung	kW _{el}		5,96	
Elektrischer Wirkungsgrad	%		25,3	
Messwerte Abgasmessstrecke				
Abgastemperatur	°C	143,5	146,0	148,9
Kohlendioxidgehalt	%	6,9	7,1	7,3
Kohlenmonoxidgehalt	ppm	98,2	113,9	134,8
organisch geb. Kohlenstoff	ppm	2,5	3,1	7,2
Stickstoffmonoxid	ppm	430,0	430,0	430,0
Stickstoffdioxid	ppm	23,0	23,0	23,0

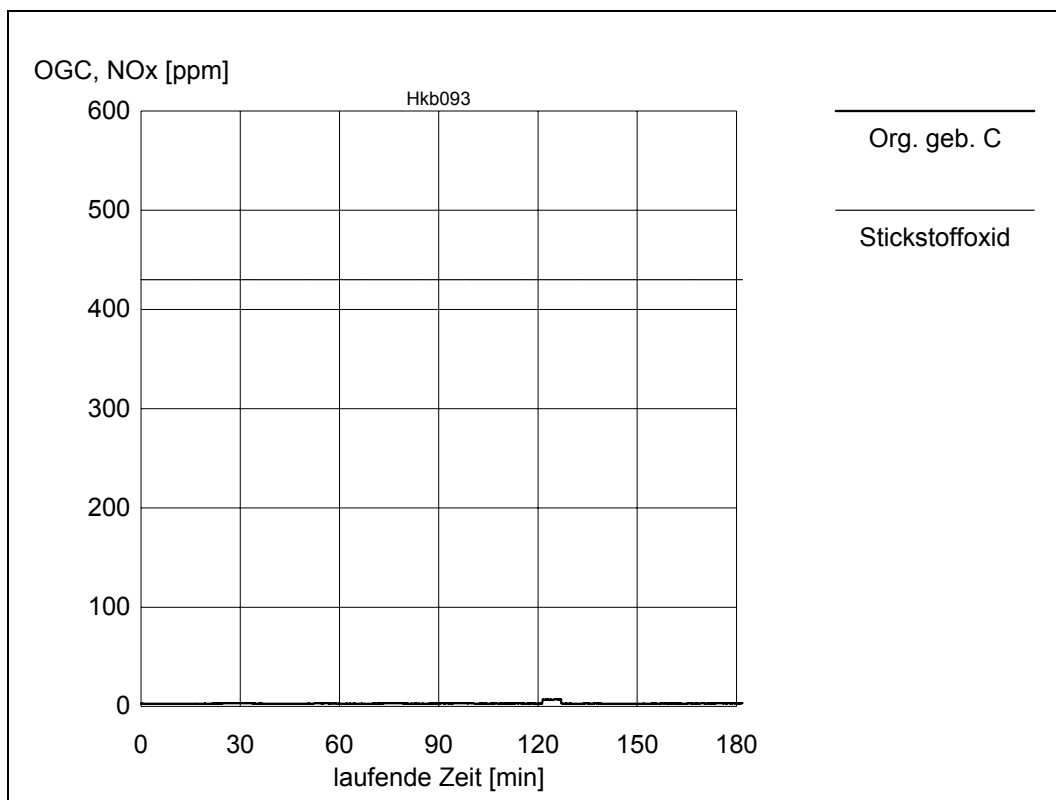
Rauchwert nach Bosch - 0,82

Beurteilungswert bezogen auf
O₂-Gehalt von 5 %
[mg/Nm³]

Kohlenmonoxid (CO) 241
organisch gebundener Kohlenstoff (OGC) 9
Stickoxide (NO_x) 1575

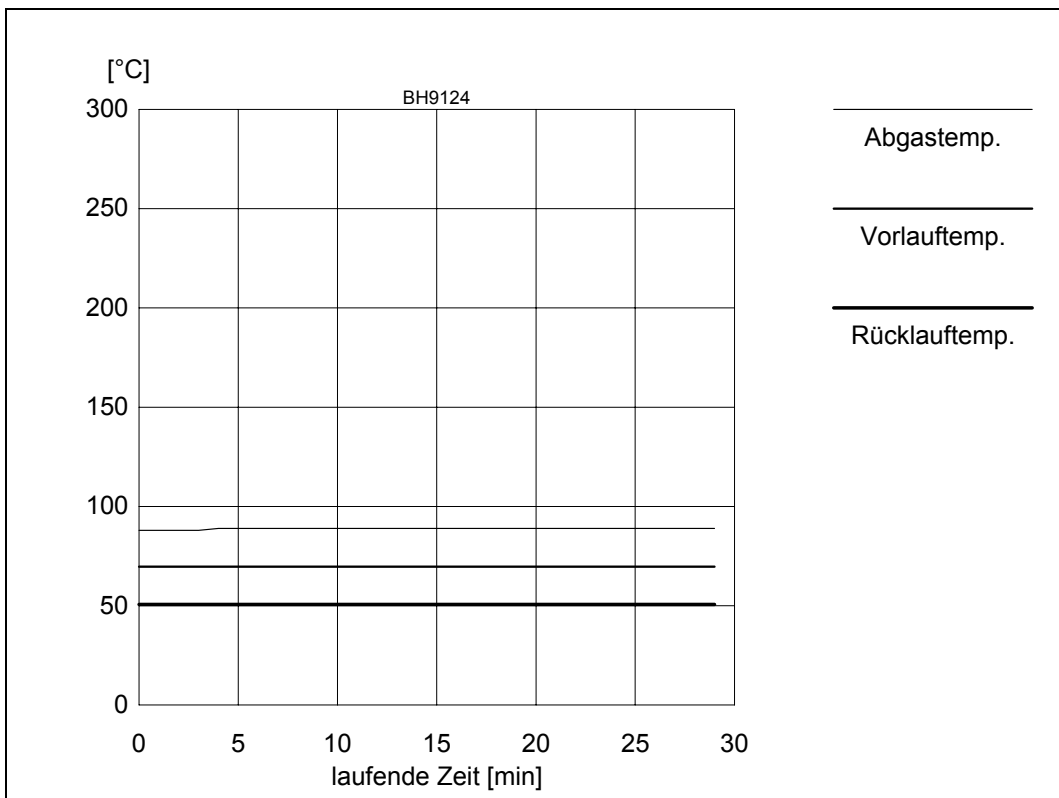
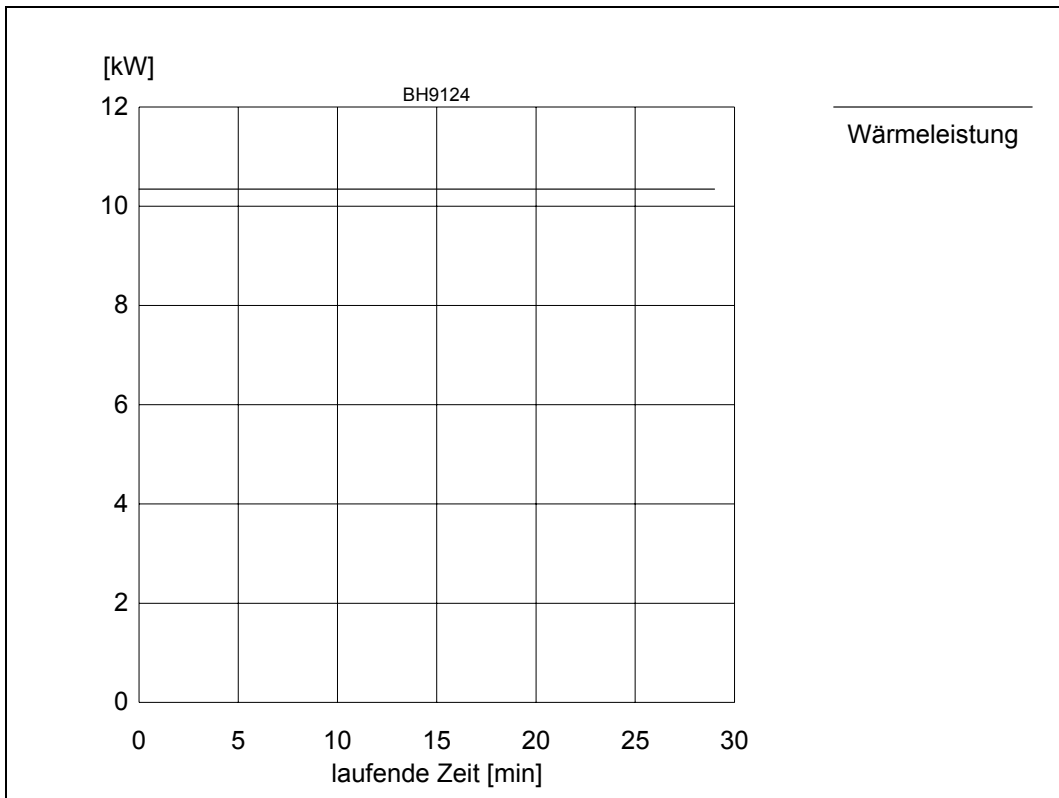


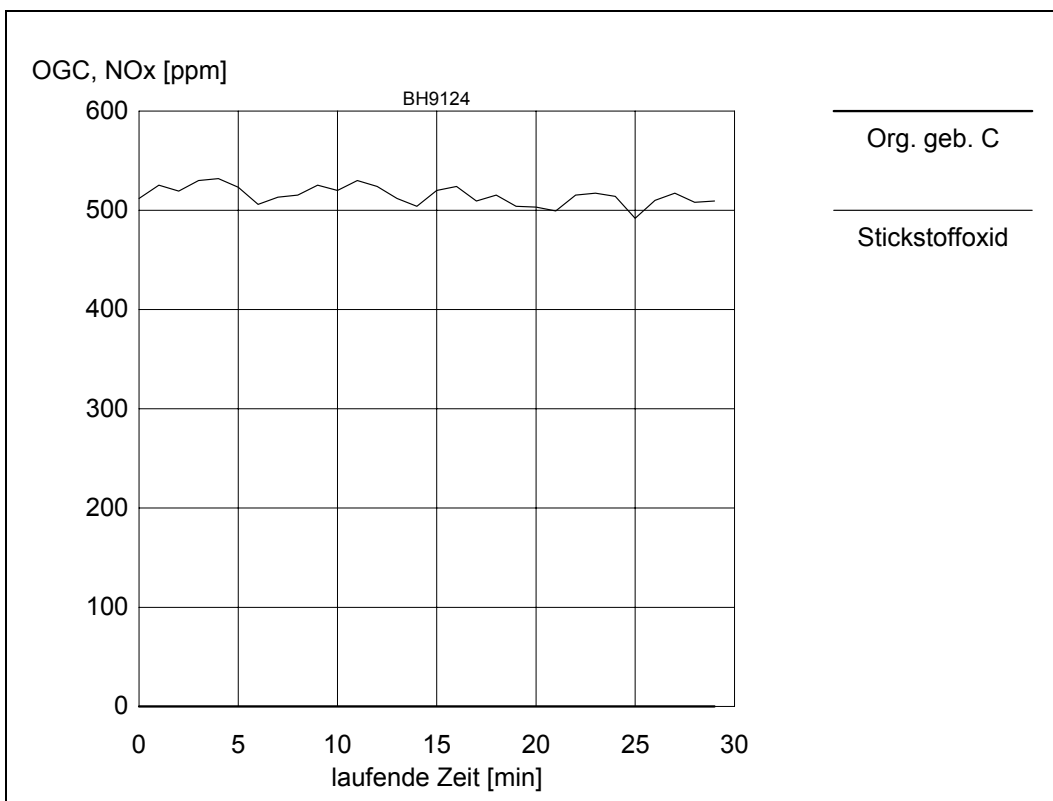
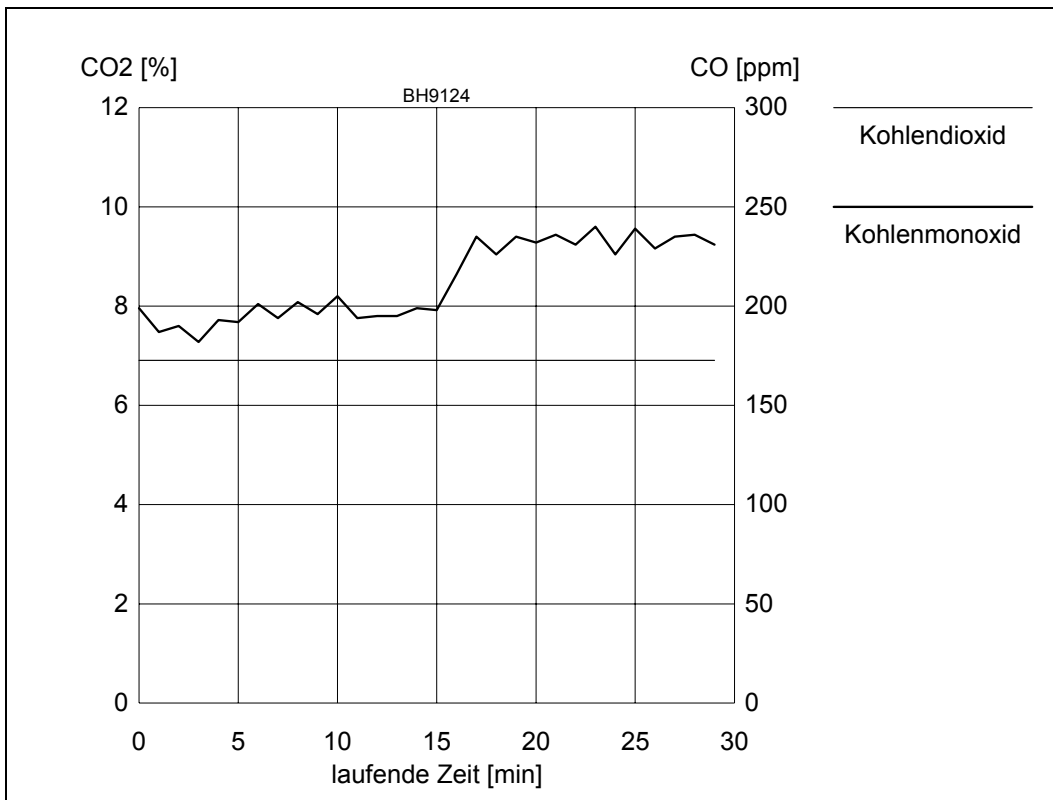




14.3 Detailergebnisse zur Untersuchung eines Klein-BHKW mit 8 kW_{el.} (Kapitel 8.3)

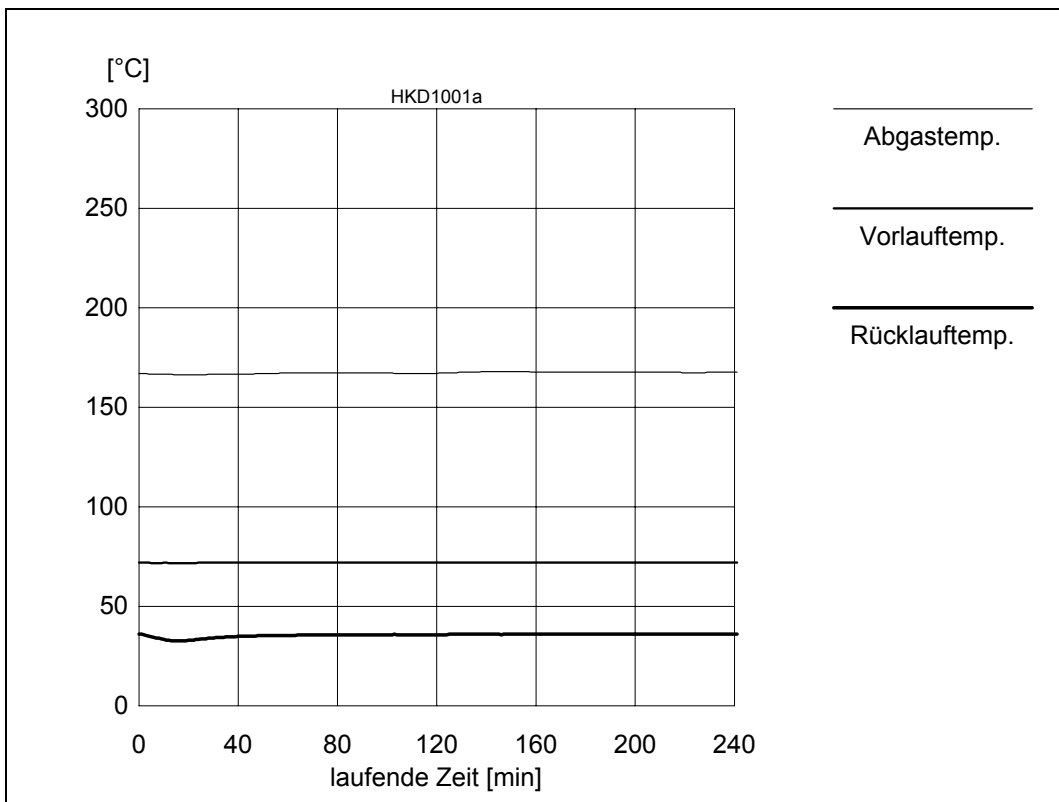
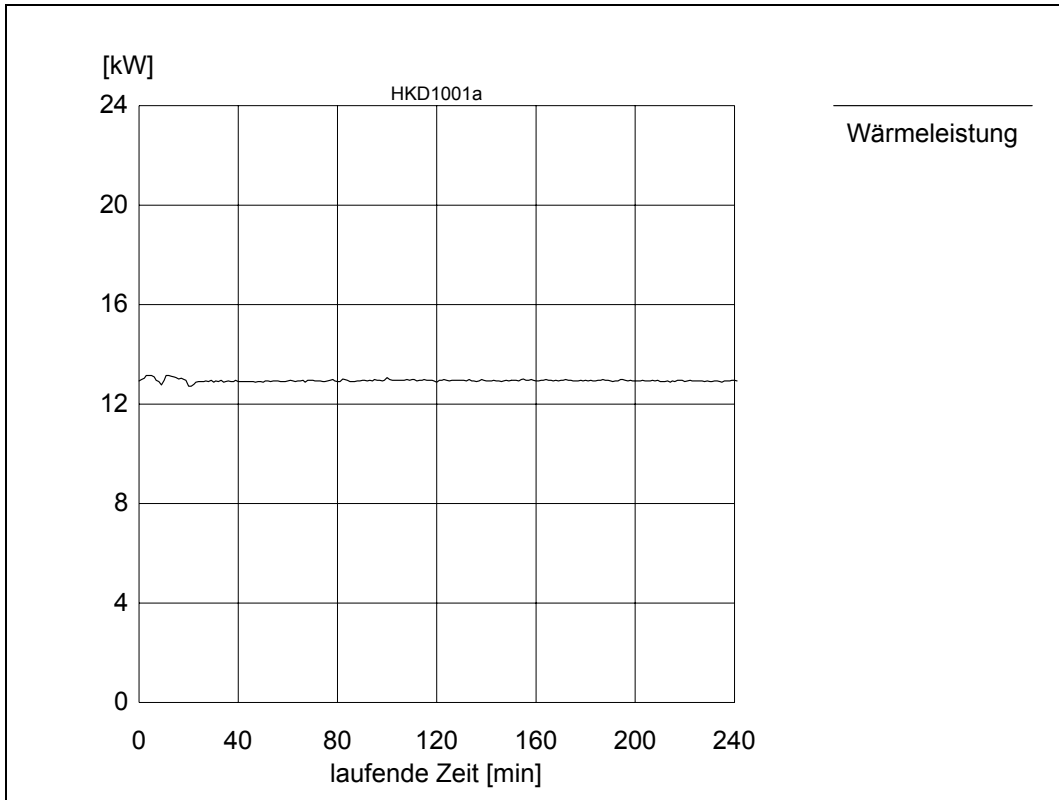
Bezeichnung:	NET D3KU/8-10				
Versuchsbedingungen					
Datum des Versuches:	09.12.2004				
Umgebungstemperatur:	°C	17,0	17,2	18,0	
Außentemperatur:	°C	5,0	5,0	5,0	
Luftdruck:	mbar	980			
Prüfbrennstoff, zugef. Wärmeleistung					
Prüfbrennstoff	Rapsöl				
Wasseranteil	kg/kg	0,001			
Ascheanteil	kg/kg	0			
Kohlenstoffanteil	kg/kg	0,77			
Wasserstoffanteil	kg/kg	0,12			
Sauerstoffanteil	kg/kg	0,107			
Schwefelanteil	kg/kg	0,003			
Heizwert der wasser- und aschefreien Substanz	MJ/kg	37,1			
Heizwert des Brennstoffes	MJ/kg	37,0			
zugef. Brennstoffmenge	kg	1,0			
stündl. Brennstoffmenge	kg/h	2,0			
Brennstoffwärmeleistung	kW	20,8			
Leistung, Wirkungsgrad					
		Minimalwert	Mittelwert	Maximalwert	
stündl. zugef. Wassermenge	kg/h	462,9	462,9	462,9	
Wassertemp. Kesseleintritt	°C	50,5	50,5	50,5	
Wassertemp. Kesselaustritt	°C	69,7	69,7	69,7	
Wärmeleistung	kW	10,3	10,3	10,3	
Thermischer Wirkungsgrad	%	49,9			
Elektrische Wirkleistung	kW	5,8			
Elektrische Scheinleistung	kVA	5,8			
Leistungsfaktor cos φ		1,0			
Elektrischer Wirkungsgrad	%	27,8			
Gesamtwirkungsgrad	%	77,8			
Messwerte Abgasmessstrecke					
Abgastemperatur	°C	88,0	88,9	89,0	
Kohlendioxid	%	6,9	6,9	6,9	
Kohlenmonoxid	ppm	182	212,3	240	
Stickstoffmonoxid	ppm	492	514,9	532	
Stickstoffdioxid	ppm	46	51,3	56	
Sauerstoff	%	11,6	11,6	11,6	
Beurteilungswerte	bezogen auf				
		5 % O ₂ -Gehalt			
Kohlenmonoxide (CO)	mg/Nm ³	462			
Stickoxide (NO _x)	mg/Nm ³	2027			

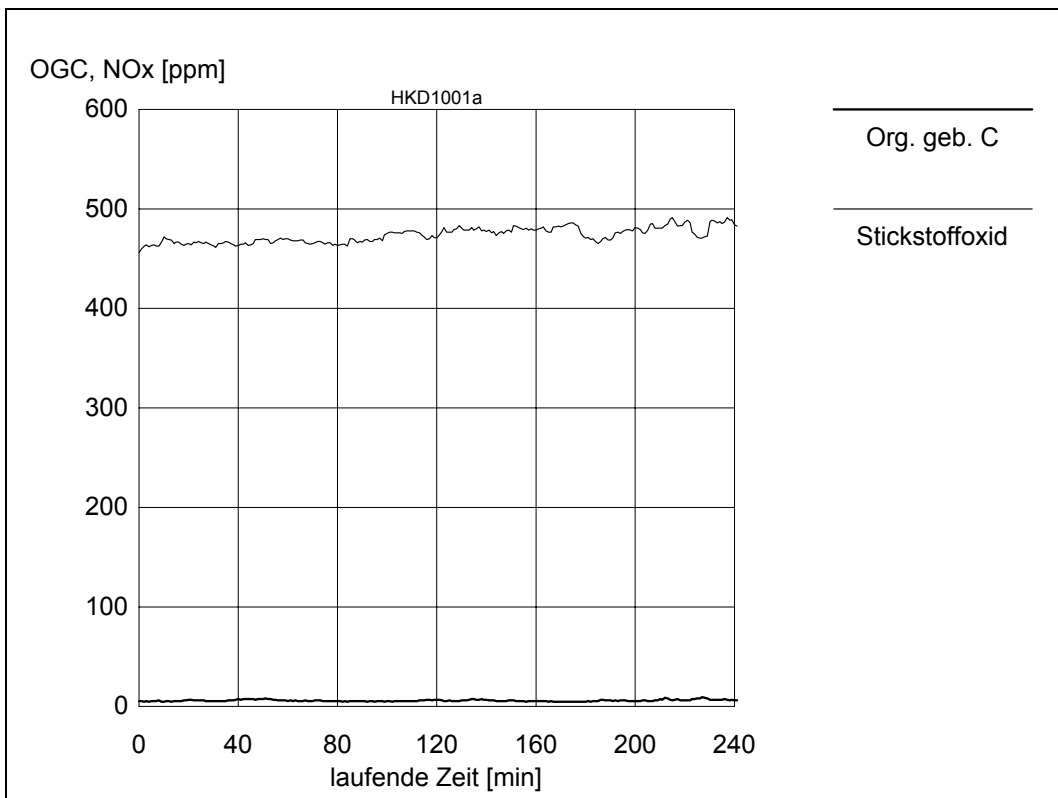
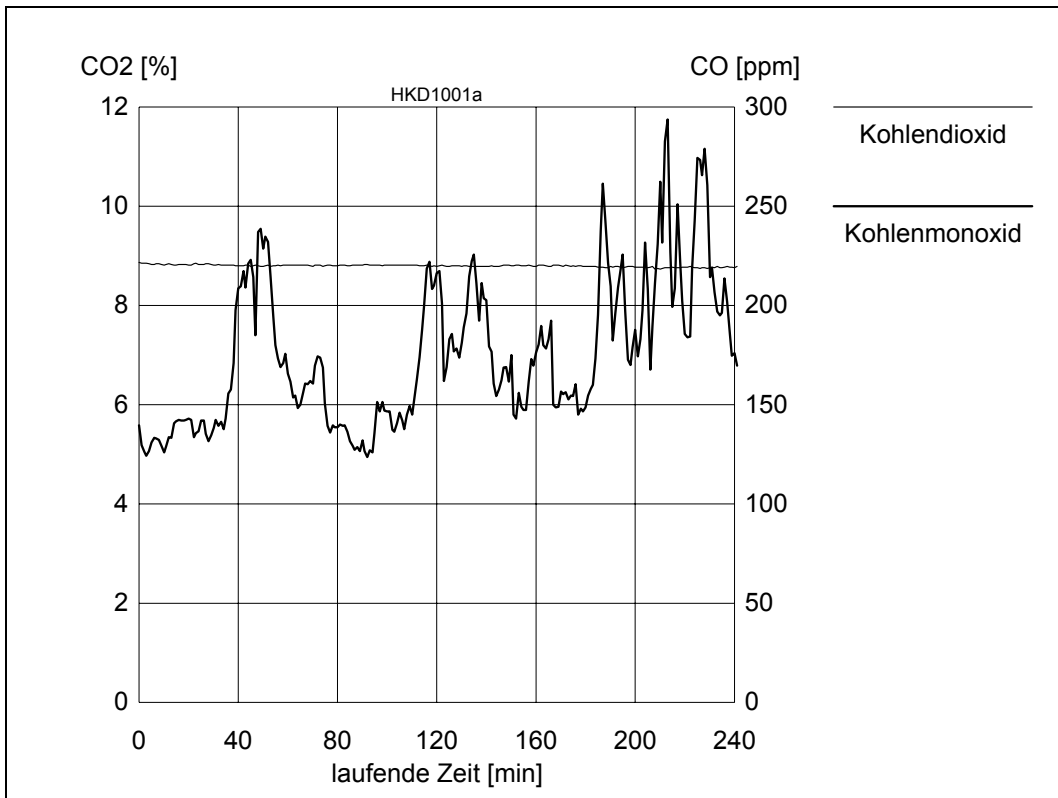




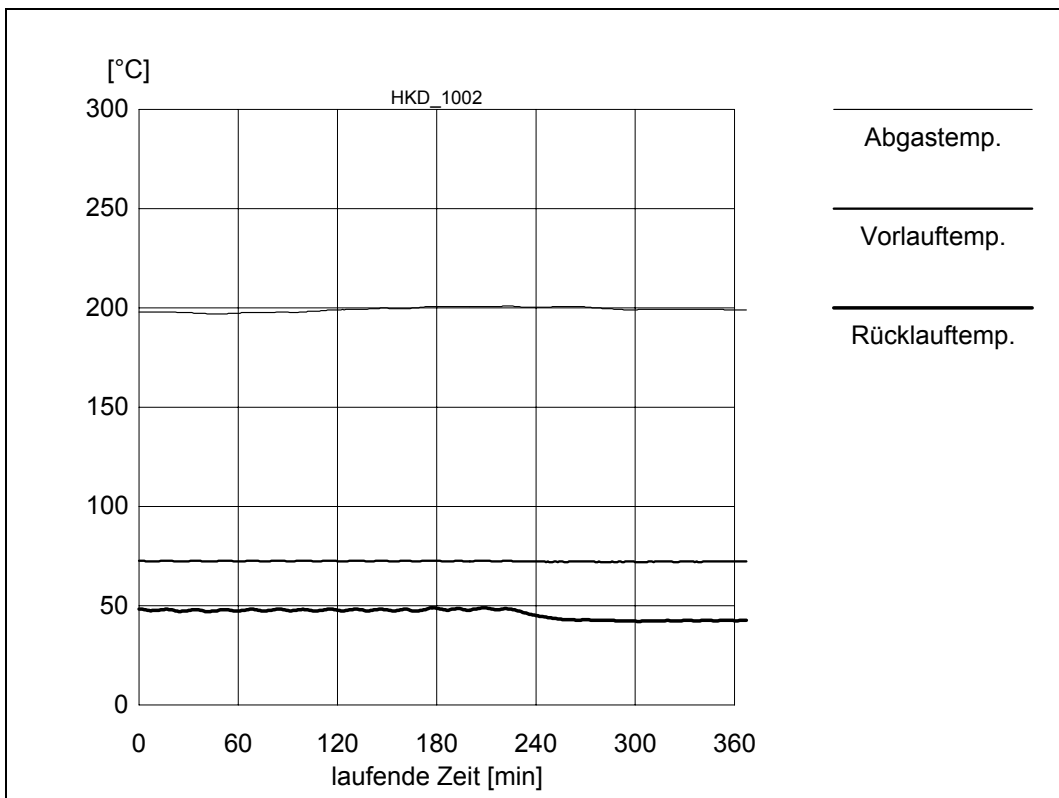
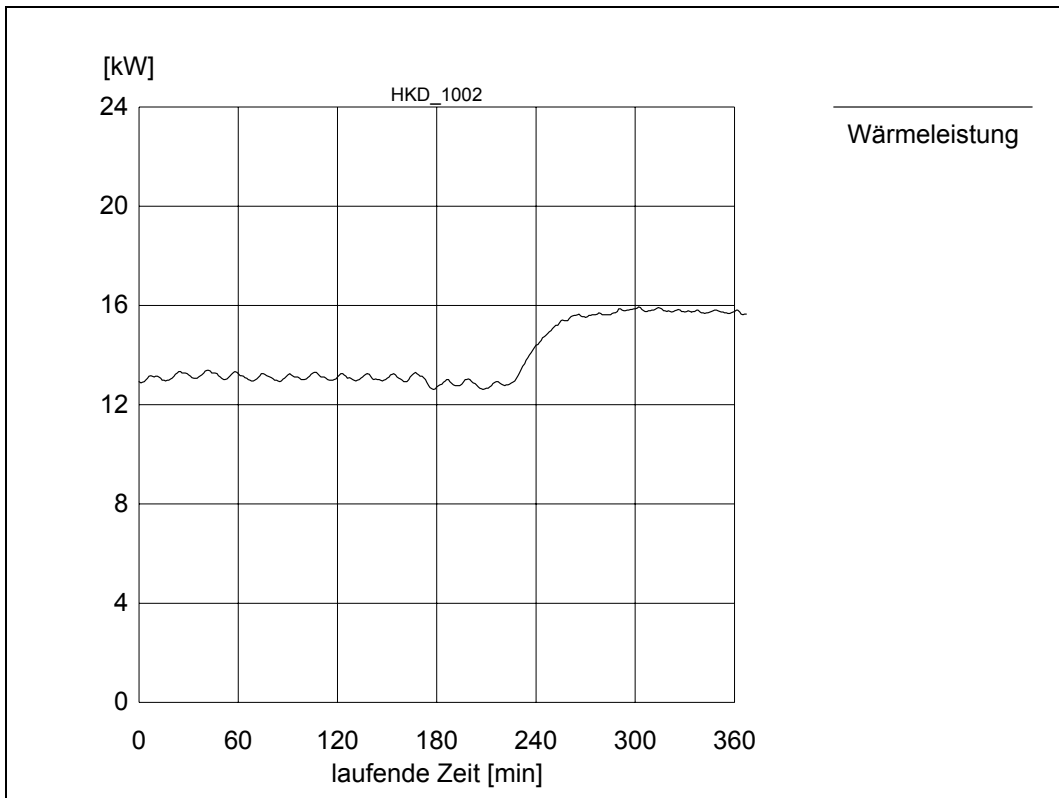
14.4 Detailergebnisse zum Dauerlauf eines Klein-BHKW mit 6 kW_{el}. (Kapitel 8.4)

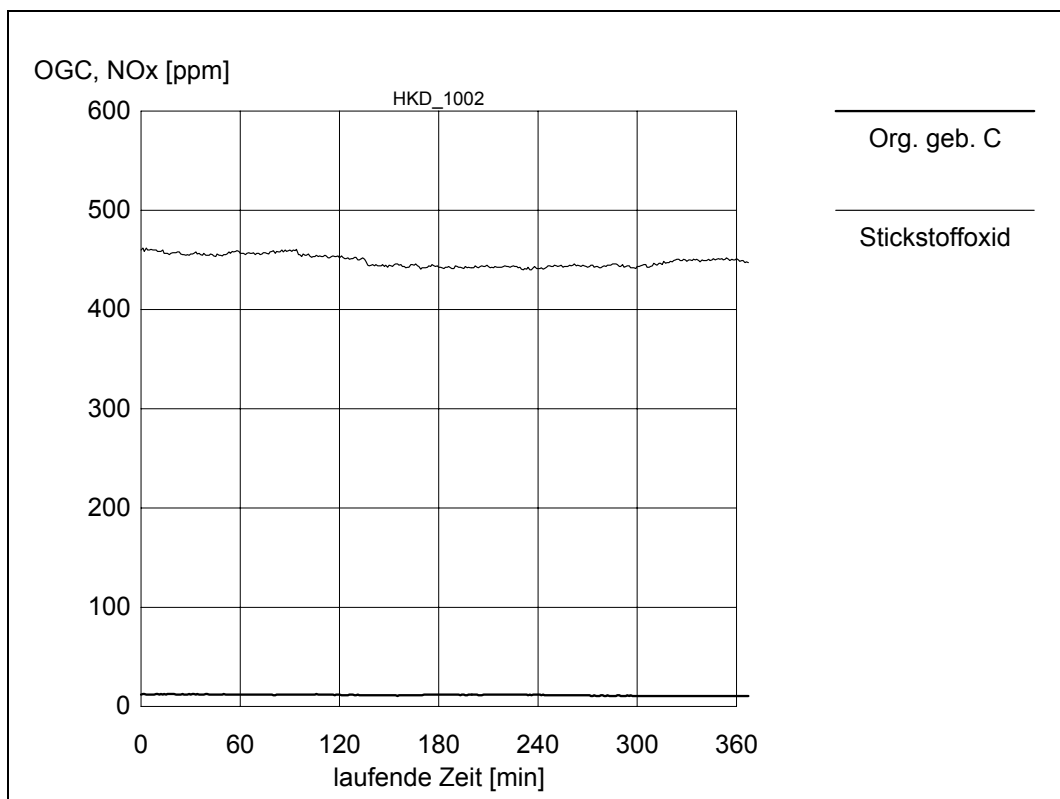
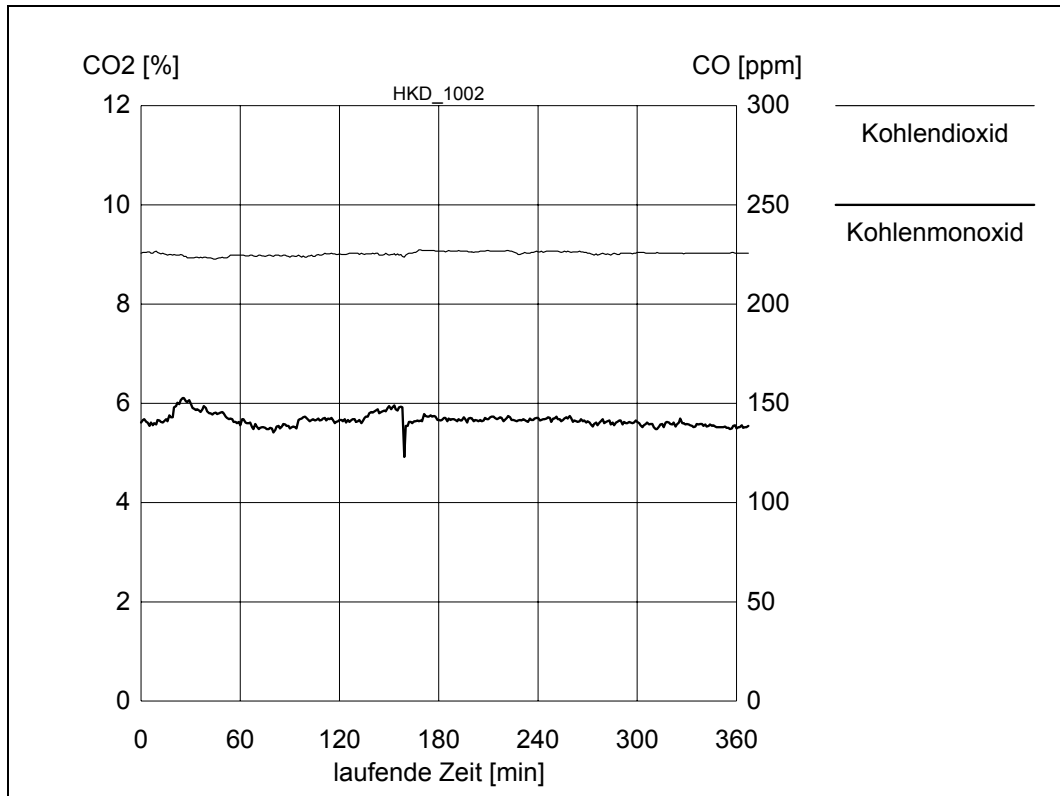
Versuchsbezeichnung	Emissionsmessung bei Nennleistung zu Beginn des Dauerlaufs (1)			
BHKW-Laufzeit:	200 h			
Versuchsnummer / Bezeichnung	Hkd1001a / BLT 012951			
Datum des Versuchs:	21.11.2001			
Messbeginn / Messende	09:50 - 13:52			
		Min.wert	Mittelwert	Max.wert
Umgebungstemperatur	°C	21,5	21,8	22,0
Außentemperatur	°C	4,9	5,6	6,3
Luftdruck	mbar		997	
Kraftstoff, zugeführte Energie				
Bezeichnung des Kraftstoffes	Rapsöl			
Wasseranteil	kg/kg		0,0001	
Kohlenstoffanteil	kg/kg		0,770	
Wasserstoffanteil	kg/kg		0,120	
Sauerstoffanteil	kg/kg		0,107	
Heizwert des Kraftstoffes	MJ/kg		37,0	
gesamte zugef. Kraftstoffmenge	kg		8,5	
stündl. zugef. Kraftstoffmenge	kg/h		2,1	
Brennstoffwärmeleistung	kW		21,7	
		Min.wert	Mittelwert	Max.wert
Wärmeleistung, Elektrische Leistung, Wirkungsgrad				
stündlich zugef. Wassermenge	kg/h	281,5	304,3	309,7
Wassertemp. Wärmetauschereintritt	°C	32,5	35,5	36,1
Wassertemp. Wärmetauscheraustritt	°C	71,7	72,0	72,2
Temperaturdifferenz	°C	35,9	36,6	39,2
Wärmeleistung	kW _{th}		13,0	
Thermischer Wirkungsgrad	%		59,7	
Elektrische Leistung	kW _{el}		5,83	
Elektrischer Wirkungsgrad	%		26,4	
Abgasverlust	%		3,2	
Verluste über die Oberfläche	%		1,3	
Messwerte Abgasmessstrecke				
Abgastemperatur	°C	166,4	167,3	168,1
Sauerstoffgehalt, gerechnet	%			
Kohlendioxidgehalt	%	8,7	8,8	8,9
Kohlenmonoxidgehalt	ppm	123,8	174,7	293,6
organisch geb. Kohlenstoff	ppm	4,7	5,8	9,1
Stickstoffmonoxid	ppm	455,9	473,6	491,3
Rauchwert nach Bosch			2,0	
Beurteilungswert	bezogen auf O ₂ -Gehalt von 5 %			
Kohlenmonoxid (CO)	298		[mg/Nm ³]	
organisch gebundener Kohlenstoff (OGC)	14		[mg/Nm ³]	
Stickoxide (NO _x)	1395		[mg/Nm ³]	



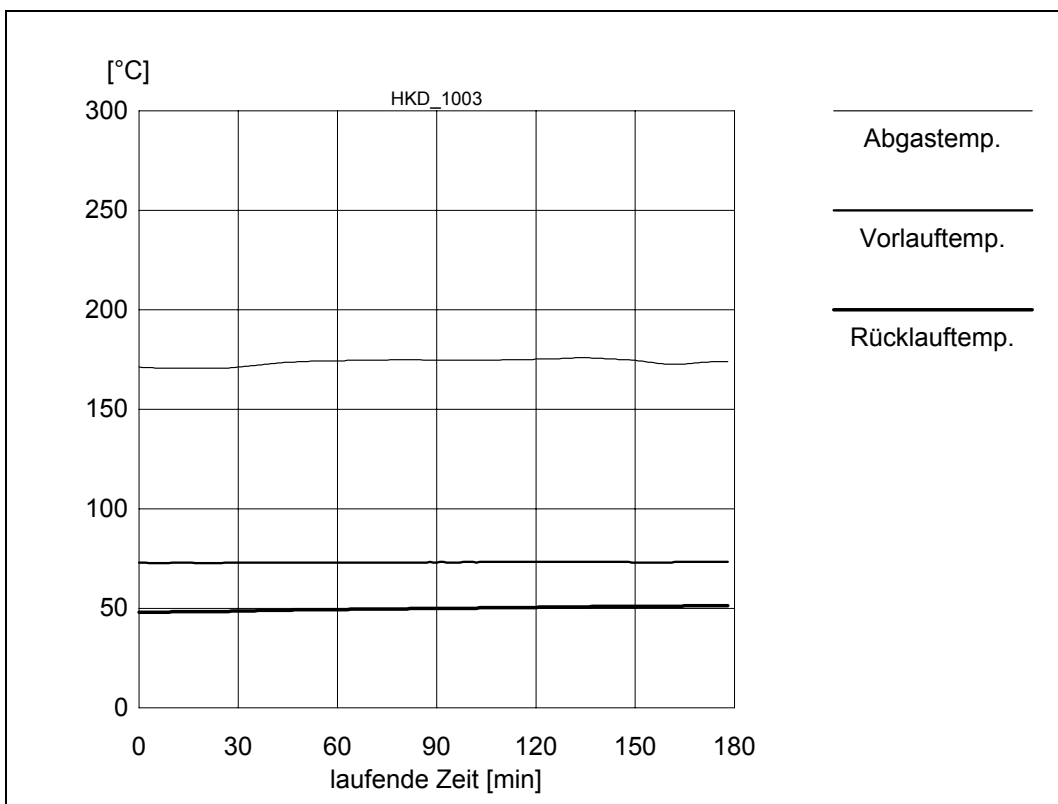
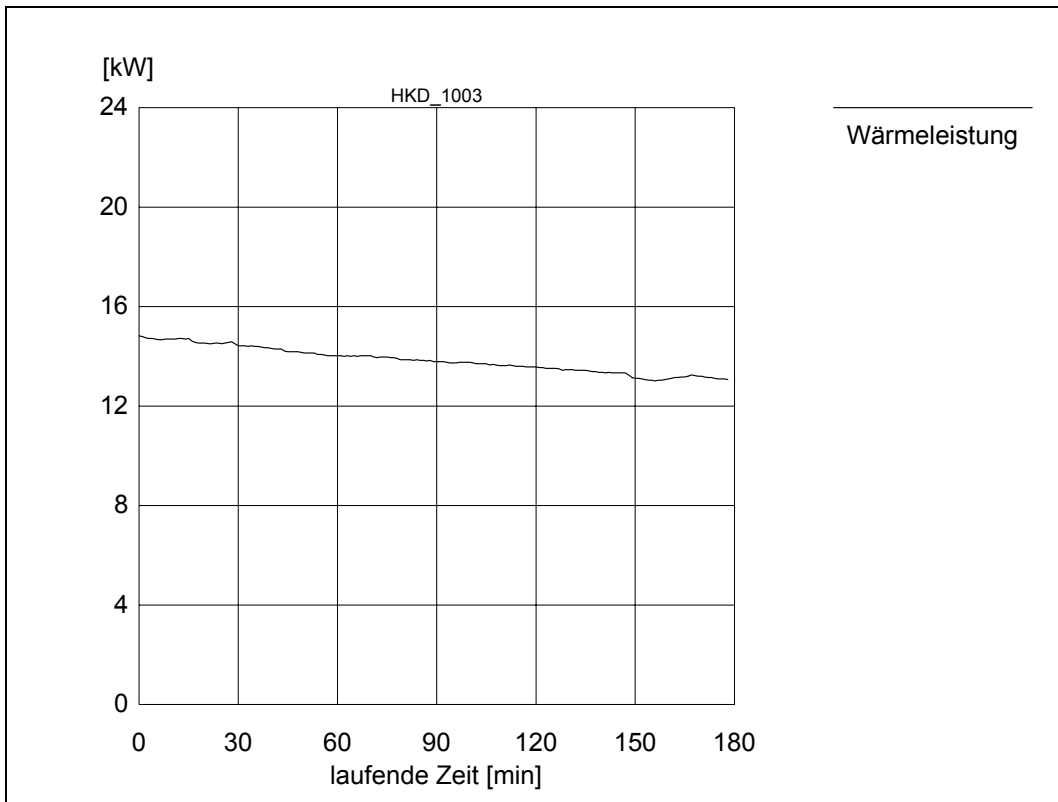


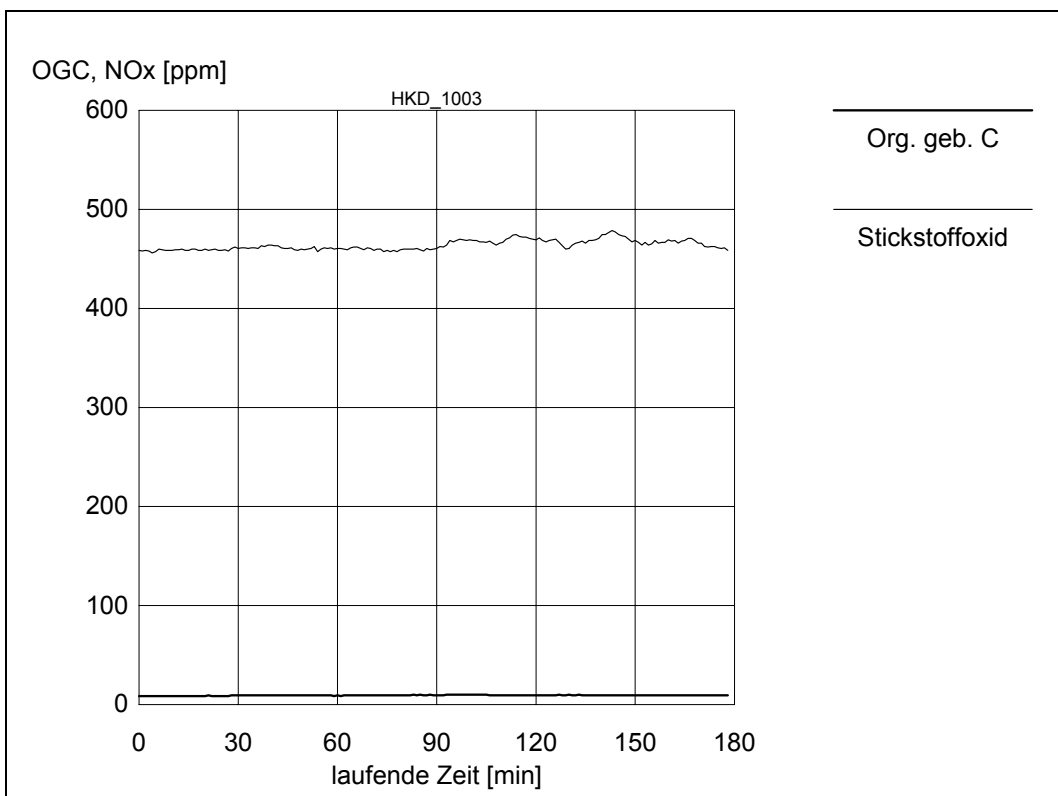
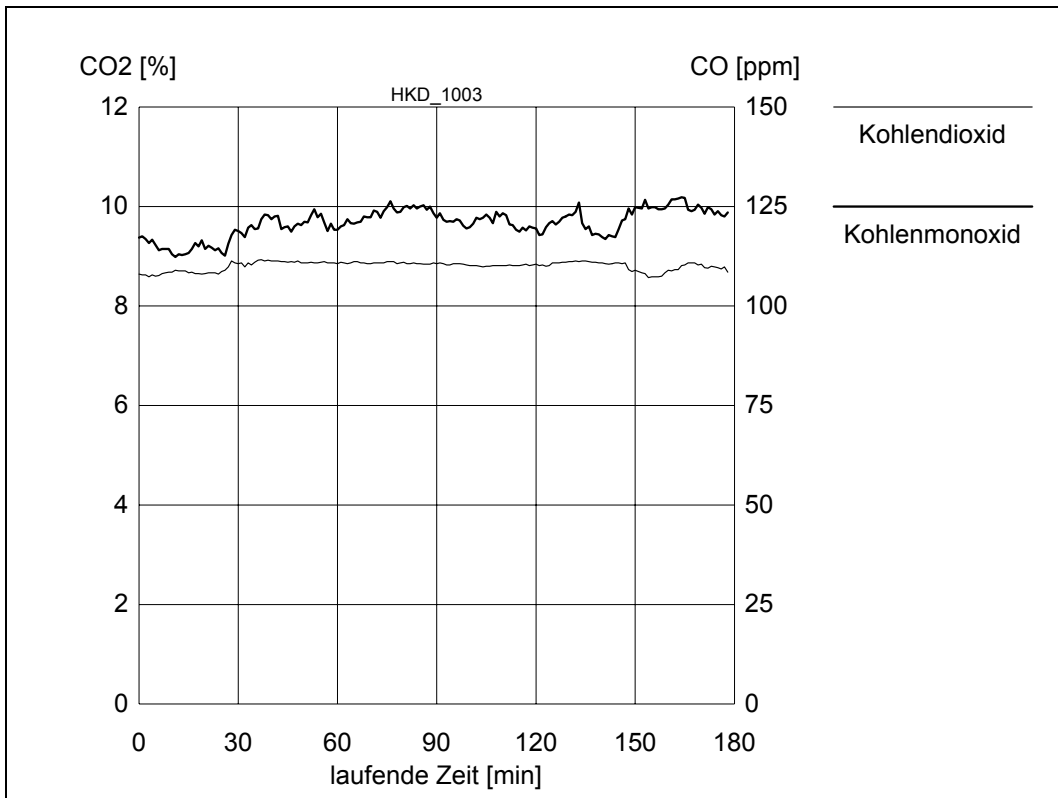
Versuchsbezeichnung:	Emissionsmessung bei Nennleistung in der Mitte des Dauerlaufs (2)			
BHKW-Laufzeit:	1652 h			
Versuchsnummer / Bezeichnung	HKD_1002 / BLT 012951			
Datum des Versuchs:	10.2.2003			
Messbeginn / Messende	09:12 - 15:20			
		Min.wert	Mittelwert	Max.wert
Umgebungstemperatur	°C	24,7	26,8	28,8
Außentemperatur	°C	-0,6	1,9	3,3
Luftdruck	mbar		980	
Kraftstoff, zugeführte Energie	Pflanzenöl-Rapsöl			
Bezeichnung des Kraftstoffes				
Wasseranteil	kg/kg		0,001	
Kohlenstoffanteil	kg/kg		0,770	
Wasserstoffanteil	kg/kg		0,120	
Sauerstoffanteil	kg/kg		0,107	
Heizwert des Kraftstoffes	MJ/kg		37,0	
gesamte zugef. Kraftstoffmenge	kg		13,9	
stündl. zugef. Kraftstoffmenge	kg/h		2,3	
Brennstoffwärmeleistung	kW		23,3	
		Min.wert	Mittelwert	Max.wert
Wärmeleistung, Elektrische Leistung, Wirkungsgrad				
stündlich zugef. Wassermenge	kg/h	455,3	455,3	455,3
Wassertemp. Wärmetauschereintritt	°C	42,1	46,1	49,0
Wassertemp. Wärmetauscheraustritt	°C	72,1	72,4	72,8
Temperaturdifferenz	°C	23,8	26,3	30,1
Wärmeleistung	kW _{th}		13,9	
Thermischer Wirkungsgrad	%		59,7	
Elektrische Leistung	kW _{el}		6,2	
Elektrischer Wirkungsgrad	%		26,7	
Abgasverlust	%			
Verluste über die Oberfläche	%			
Messwerte Abgasmessstrecke				
Abgastemperatur	°C	197,0	199,2	200,9
Sauerstoffgehalt, gerechnet	%			
Kohlendioxidgehalt	%	8,9	9,0	9,1
Kohlenmonoxidgehalt	ppm	122,9	141,5	152,6
organisch geb. Kohlenstoff	ppm	10,4	11,5	12,7
Stickstoffmonoxid	ppm	439,8	448,9	462,3
Rauchwert nach Bosch			1,2	
Beurteilungswert	bezogen auf			
	O ₂ -Gehalt von 5 %			
Kohlenmonoxid (CO)	236		[mg/Nm ³]	
organisch gebundener Kohlenstoff (OGC)	27		[mg/Nm ³]	
Stickoxide (NO _x)	1235		[mg/Nm ³]	





Versuchsbezeichnung	Emissionsmessung bei Nennleistung am Ende des Dauerlaufs (3)			
BHKW-Laufzeit:	2932 h			
Versuchsnummer / Bezeichnung	HKD_1003 / BLT 012951			
Datum des Versuchs:	2003-06-12			
Messbeginn / Messende	11:48 - 14:47			
		Min.wert	Mittelwert	Max.wert
Umgebungstemperatur	°C	31,5	33,0	34,7
Außentemperatur	°C	31,7	33,0	34,3
Luftdruck	mbar		998	
Kraftstoff, zugeführte Energie	Pflanzenöl-Rapsöl			
Bezeichnung des Kraftstoffes				
Wasseranteil	kg/kg		0,001	
Kohlenstoffanteil	kg/kg		0,769	
Wasserstoffanteil	kg/kg		0,116	
Sauerstoffanteil	kg/kg		0,107	
Heizwert des Kraftstoffes	MJ/kg		37,0	
gesamte zugef. Kraftstoffmenge				
stündl. zugef. Kraftstoffmenge	kg		6,6	
Brennstoffwärmeleistung	kg/h		2,2	
	kW		22,8	
		Min.wert	Mittelwert	Max.wert
Wärmeleistung, Elektrische Leistung,				
Wirkungsgrad				
stündlich zugef. Wassermenge	kg/h	511,1	511,1	511,1
Wassertemp. Wärmetauschereintritt	°C	48,0	49,9	51,5
Wassertemp. Wärmetauscheraustritt	°C	72,8	73,1	73,5
Temperaturdifferenz	°C	21,9	23,2	24,9
Wärmeleistung	kW _{th}		13,9	
Thermischer Wirkungsgrad	%		61,0	
Elektrische Leistung	kW _{el}		6,1	
Elektrischer Wirkungsgrad	%		26,7	
Abgasverlust	%			
Verluste über die Oberfläche	%			
Thermische Leistung	kW		13,9	
Gesamtleistung	kW		20,0	
Gesamt-Wirkungsgrad	%		87,7	
Messwerte Abgasmessstrecke				
Abgastemperatur	°C	170,6	173,8	175,9
Sauerstoffgehalt, gerechnet	%			
Kohlendioxidgehalt	%	8,6	8,8	8,9
Kohlenmonoxidgehalt	ppm	112,3	120,8	127,4
organisch geb. Kohlenstoff	ppm	8,6	9,3	9,9
Stickstoffmonoxid	ppm	456	463,9	478,4
Rauchwert nach Bosch			0,8	
Beurteilungswert	bezogen auf O ₂ -Gehalt von 5 % [mg/Nm ³]			
Kohlenmonoxid (CO)		208		
organisch gebundener Kohlenstoff (OGC)		23		
Stickoxide (NO _x)		1329		





14.5 Detailergebnisse zur Untersuchung eines BHKW im praktischen Betrieb (Kapitel 8.5)

Datum der Messung	10.4.2001			
Messung bei:	Nennleistung			
Versuchsnummer	Wiesm2_0			
Bezeichnung	BHKW - Pflanzenöl			
Nenn-Wärmeleistung	35 kW			
Versuchsbedingungen				
Messbeginn	2001-04-10 11:14			
Messende	2001-04-10 12:14			
Messdauer	01:00			
		Min.wert	Mittelwert	Max.wert
Umgebungstemperatur	°C	28,0	28,9	30,0
Außentemperatur	°C	12,0	12,0	12,0
Luftdruck	mbar		990	
Kraftstoff, zugeführte Energie				
Bezeichnung des Kraftstoffes	Rapsöl			
Wasseranteil	kg/kg		0,0006	
Kohlenstoffanteil	kg/kg		0,762	
Wasserstoffanteil	kg/kg		0,119	
Sauerstoffanteil	kg/kg		0,106	
Heizwert des Kraftstoffes	MJ/kg		38,2	
gesamte zugef. Kraftstoffmenge	kg		5,9	
stündl. zugef. Kraftstoffmenge	kg/h		5,9	
Brennstoffwärmeleistung	kW		61,8	
Messwerte Abgasmessstrecke				
Abgastemperatur	°C	118,0	122,9	128,0
Sauerstoffgehalt, gerechnet	%		10,9	
Kohlendioxidgehalt	%	7,5	7,5	7,6
Kohlenmonoxidgehalt	ppm	13,0	16,3	20,0
organisch geb. Kohlenstoff	ppm	0,0	0,0	0,0
Stickstoffmonoxid	ppm	431,0	440,8	449,0
Schwefeldioxid	ppm	7,0	10,4	13,0
Rauchwert nach Bosch (am Kaminaustritt)		1,1	1,4	1,9
Beurteilungswert	bezogen auf O ₂ -Gehalt von 5 % [mg/Nm ³]		Bezogen auf zugef. Energie mg/MJ	
Kohlenmonoxid (CO)	32		10	
Stickoxide (NOx)	2000		621	
Schwefeldioxid	49		15	

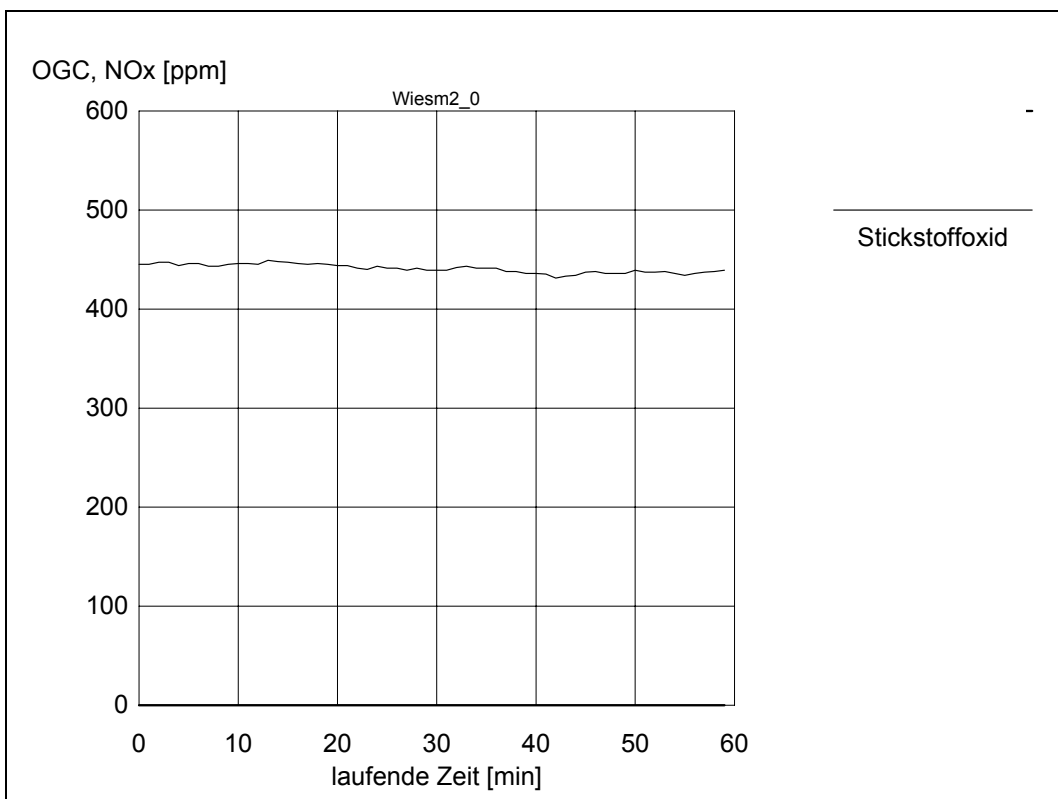
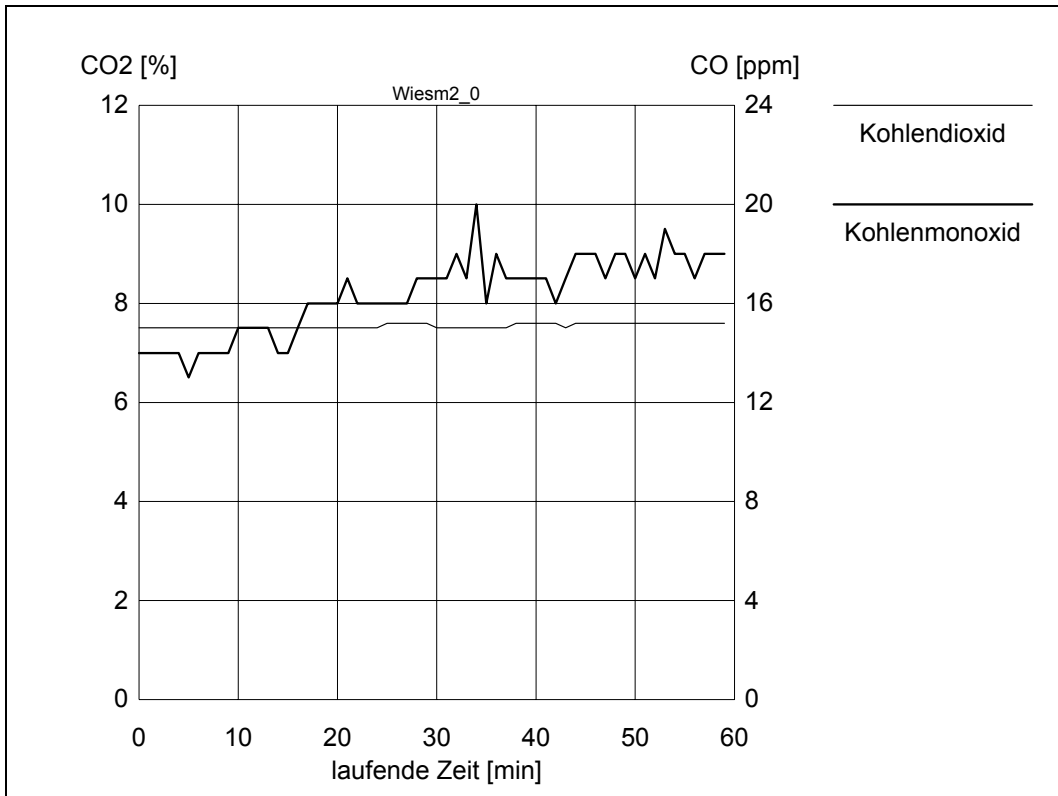


Tabelle 31: Verluste über die Oberfläche:

Umgebungstemperatur:	19,3 °C
Vorlauftemperatur:	74 °C
Abgastemperatur:	123 °C
Verluste durch Abstrahlung der Anlage:	0,27 kW

Datum der Messung: 2.3.2004
 Messung bei: Nennleistung
 Versuchsnummer: WIESM02b
 Bezeichnung: BHKW_Pflanzenöl
 Nenn-Wärmeleistung: 35 kW

Versuchsbedingungen

Messbeginn		2004-03-02 15:22		
Messende		2004-03-02 16:22		
Messdauer		01:00		
		Min.wert	Mittelwert	Max.wert
Umgebungstemperatur	°C	20,0	22,5	23,0
Außentemperatur	°C	5,0	5,0	5,0
Luftdruck	mbar		1028	

Kraftstoff, zugeführte Energie

Bezeichnung des Kraftstoffes	Rapsöl		
Wasseranteil	kg/kg	0,0001	
Kohlenstoffanteil	kg/kg	0,769	
Wasserstoffanteil	kg/kg	0,116	
Sauerstoffanteil	kg/kg	0,107	
Heizwert des Kraftstoffes	MJ/kg	37,0	
gesamte zugef. Kraftstoffmenge	kg	6,5	
stündl. zugef. Kraftstoffmenge	kg/h	6,5	
Brennstoffwärmeleistung	kW	66,88	

Messwerte Abgasmessstrecke

Abgastemperatur	°C	122,0	124,1	125,0
Sauerstoffgehalt, gerechnet	%	11,0	11,1	11,1
Kohlendioxidgehalt	%	7,20	7,26	7,30
Kohlenmonoxidgehalt	ppm	26,0	30,1	32,0
organisch geb. Kohlenstoff	ppm		0,0	0,0
Stickstoffmonoxid	ppm	485,0	493,8	500,0
Stickstoffdioxid	ppm	76;0	97,1	105,0
Schwefeldioxid				
Rauchwert nach Bosch (am Kaminaustritt)				

Beurteilungswert	bezogen auf O ₂ -Gehalt von 5 % [mg/Nm ³]	Bezogen auf zugef. Energie mg/MJ
Kohlenmonoxid (CO)	61	20
Stickoxide (NOx)	1953	645
Schwefeldioxid		

