

BMU -UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

Abschlussbericht

zum Vorhaben:

Errichtung einer Holzvergasungsanlage
(Projektnummer 20 140)

Fördernehmer/-in:

Friedrich Wahl GmbH & Co. KG

Umweltbereich

Energie

Laufzeit des Vorhabens

08/2008 – 09/2009

Autor

Jens Steinbrink

**Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit**

Datum der Erstellung

01.11.2010

Aktenzeichen: UBA 70441-1/15	Vorhaben-Nr.: 20 140
<p>Titel des Vorhabens:</p> <p>Errichtung einer Holzvergasungsanlage (Projektnummer 20 140)</p> <p>Installation of a wood gas carburetor (project number 20 140)</p>	
<p>Autor(en); Name(n), Vorname(n)</p> <p>Steinbrink, Jens</p>	<p>Vorhabensbeginn:</p> <p>08.08</p>
	<p>Vorhabenenende (Abschlussdatum):</p> <p>11.10</p>
<p>Fördernehmer/ -in (Name, Anschrift)</p> <p>Friedrich Wahl GmbH & Co. KG</p> <p>Talstraße 21</p> <p>D 74429 Sulzbach – Laufen</p>	<p>Veröffentlichungsdatum:</p> <p>11.10</p>
	<p>Seitenzahl:</p> <p>51 (ohne Anhänge)</p>
<p>Gefördert (aus der Klimaschutzinitiative)¹ im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms des Bundesumweltministeriums</p>	

¹ soweit zutreffend bitte einfügen

Kurzfassung/Summary

Gegenstand des vorliegenden Abschlussberichts ist die messtechnische Begleitung und Überwachung (Monitoring) einer Holzvergaseranlage zur cogeneration von Prozesswärme und Strom. Die Prozesswärme wird zur Beheizung der betriebseigenen Trockenkammern eingesetzt. Im Ergebnis des Monitorings ist festzuhalten, dass die Anlage einen sehr hohen thermischen (ca. 50 %) und elektrischen (ca. 25 %) Wirkungsgrad aufweist. Die im Zeitraum des Monitoringkonzepts erreichten knapp 4.200 Betriebsstunden der HVG-Anlage erlauben eine Skalierung auf einen Jahresbetrieb von ca. 6.300 Betriebsstunden im 1. Betriebsjahr. Die für den betrachteten Zeitraum berechnete Anlagenverfügbarkeit liegt bei 72 %.

Topic of the present report is the monitoring of a wood gas carburetor to cogenerate process heat and electricity. The Process heat is being used to drive the local drying chambers of a saw mill. The results of the monitoring show, that the carburetor works with a high thermal (ca. 50 %) and electrical (ca. 25 %) efficiency. According to the operating hours of nearly 4.200 (reached meanwhile the monitoring period) it can be assumed, that the carburetor reaches ca. 6.300 hours of operation during the first operating year. The plant availability lays at 72 % (related to the monitoring period).

Schlagwörter

Holzvergaser, KWK, cogeneration
Carburetor, cogeneration

Anzahl der gelieferten Berichte
Papierform: 6
Elektronischer Datenträger: 1

Sonstige Medien: -
Veröffentlichung im Internet geplant auf
der Homepage: www.

Zusammenfassung

Gegenstand des vorliegenden Abschlussberichts ist die Dokumentation der Ergebnisse einer messtechnischen Überwachung und Begleitung einer Holzvergaseranlage (HVG-Anlage) im 1. Betriebsjahr. Kernstück der eingesetzten Holzvergaseranlage bildet ein Gleichstrom-Festbettreaktor (downdraft gasification). Die HVG-Anlage dient der Prozesswärmebereitstellung zur Beheizung der betriebseigenen Trockenkammern sowie der Erzeugung und Einspeisung von elektrischer Energie in Form von Strom in das öffentliche Netz.

Die HVG-Anlage wird mit Koppelprodukten aus dem laufenden Sägebetrieb (i.W. Kappholz aus der Kabeltrommelproduktion) beschickt. Der Brennstoff erfüllt hierbei bereits im „Rohzustand“ die gemäß Brennstoffspezifikation einzuhaltenden Anforderungen. Eine Vorkonditionierung des Brennstoffs ist daher nicht notwendig.

Der derzeitige Entwicklungsstand der HVG-Anlage ist durch ein Produktgas mit vergleichsweise hohem Heizwert (5,5 MJ/Nm³) sowie hohen thermischen (ca. 50 %) und elektrischen (ca. 25 %) Wirkungsgraden gekennzeichnet. Der Kaltgaswirkungsgrad der Anlage liegt bei 69 % (typische Werte guter Vergasungsreaktoren rangieren im Bereich um 70 %). Die Stromkennzahl des eingesetzten und speziell auf die Gasqualität der HVG-Anlage abgestimmten BHKW bewegt sich mit 0,5 ebenfalls im oberen Bereich der für ähnliche Vergasertypen anzusetzenden Skala (0,3 – 0,5).

Die im Zeitraum des Monitoringkonzepts erreichten knapp 4.200 Betriebsstunden der HVG-Anlage erlauben eine Skalierung auf einen Jahresbetrieb von ca. 6.300 Betriebsstunden im 1. Betriebsjahr. Die für den betrachteten Zeitraum berechnete Anlagenverfügbarkeit liegt bei 72 %.

Die als Demonstrationsobjekt installierte HVG-Anlage wird aufgrund ihres hohen Innovationscharakters mit Fördermitteln aus dem Förderprogramm „Bioenergie Wettbewerb“ des Wirtschaftsministeriums Baden - Württemberg sowie durch Fördermittel des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit bezuschusst.

- Inhaltsübersicht -

Zusammenfassung	
Inhaltsübersicht	1
Abbildungsverzeichnis	3
Abkürzungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	6
1.0 Einleitung	8
2.0 Aufgabenstellung	8
3.0 Grundlagen	9
3.1 Stand der Technik der Biomassevergasung.....	9
3.2 Festbettvergaser.....	10
3.2.1 Gegenstromvergaser.....	10
3.2.2 Gleichstromvergaser.....	11
4.0 HVG-Anlage Sulzbach-Laufen	12
4.1 Verfahrenstechnische Beschreibung der HVG-Anlage.....	12
4.2 Sicherheitskonzept der HVG-Anlage.....	16
4.2.1 Explosionsgefährdete Zonen für Gase.....	16
4.2.2 Eingesetzte Sicherheitstechnik.....	18
4.2.3 Durchgeführte Maßnahmen zur Vermeidung der Explosionsgefahr...	19
4.3 Ergebnisse Anlagenmonitoring.....	19
4.3.1 Rahmenbedingungen Anlagenmonitoring.....	19
4.3.2 Methodik.....	21
4.3.3 Ergebnisse Anlagenmonitoring.....	23
4.3.4 Reststoffanfall der HVG-Anlage.....	32
4.4 Aussage zum Stand der Entwicklung der HVG-Anlage.....	32
5.0 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	37
5.1 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erstes Betriebsjahr.....	37
5.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Szenario 1 (7.000 Bh pro Jahr).....	40
5.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Szenario 2 (alternative Systeme).....	42
6.0 Auswirkungen auf das Unternehmen Wahl	44
7.0 Marktrelevanz und Übertragbarkeit auf andere Betriebe	45

8.0	Optimierungspotentiale	45
9.0	Erreichte Umweltentlastung	49
10.0	Literaturverzeichnis und Anlagenübersicht	51

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: schematische Darstellung verschiedener Vergasertypen hinsichtlich des fluiddynamischen Verhaltens des Feststoffs und Gases
- Abbildung 2: schematische Darstellung der Vergasung biogener Festbrennstoffe in einem Gegenstromvergaser
- Abbildung 3: schematische Darstellung der Vergasung biogener Festbrennstoffe in einem Gleichstromvergaser
- Abbildung 4: Brennstofflager der HVG-Anlage
- Abbildung 5: Schleusensystem zur Brennstoffaufnahme sowie Reaktorkopf der HVG-Anlage
- Abbildung 6: Heißgasfilter der HVG-Anlage
- Abbildung 7: Gasverbrennungskraftmaschine der HVG-Anlage
- Abbildung 8: Screenshot der Überwachungs- und Steuerungssoftware der HVG-Anlage
- Abbildung 9: räumliche Festlegung der Ex-Schutzzonen der HVG-Anlage
- Abbildung 10: Emissionskonzentrationen motorseitiges Abgas
- Abbildung 11: Vergleich der H₂-Gehalte im Produktgas
- Abbildung 12: Vergleich der CO-Gehalte im Produktgas
- Abbildung 13: Vergleich der CO₂-Gehalte im Produktgas
- Abbildung 14: Vergleich der CH₄-Gehalte im Produktgas
- Abbildung 15: Vergleich der Feststoffkonzentration im Rohgas
- Abbildung 16: Vergleich der Heizwerte des Produktgases
- Abbildung 17: Ergebnisse der Analyse des Betriebstagebuches der HVG-Anlage
- Abbildung 18: Anlagenverfügbarkeit der HVG-Anlage

Abkürzungsverzeichnis

BHKW	Blockheizkraftwerk
BMU	Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
HVG	Holzbergaseranlage
CO ₂	Kohlendioxid
CO	Kohlenmonoxid
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
USV	unterbrechungsfreie Stromversorgung
η_{th}	Gesamtwirkungsgrad thermisch
η_{el}	Gesamtwirkungsgrad elektrisch
TC	Total carbon
TOC	Total organic carbon
TIC	Total inorganic carbon
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
4. BImSchV	4. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
°C	Grad Celsius
CH ₄	Methan
H ₂	Wasserstoff
SO ₂	Schwefeldioxid

NO ₂	Stickstoffdioxid
CH ₂ O	Formaldehyd
\dot{Q}_{therm}	abgeführter (nutzbarer) Wärmestrom
\dot{Q}_{zu}	zugeführter Wärmestrom
\dot{m}_B	zugeführter Brennstoffmassenstrom
H _u	unterer Heizwert
Vol.-%	Volumenprozent
WZ	Wärmezähler
P _{el}	erzeugte elektrische Leistung
l_{minEin}	Mindestlänge Einlaufstrecke
l_{minAus}	Mindestlänge Auslaufstrecke
U _{MK}	Umfang Messkanal
D	hydraulischer Messkanaldurchmesser
$\dot{V}_{L,ab}$	Abgasvolumenstrom
$\vec{v}_{L,ab}$	Strömungsgeschwindigkeit des Abgases
A _{MK}	Querschnittsfläche Messkanal
Gew.-%	Gewichtsprozent
MJ	Megajoule
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
Bm ³	Betriebskubikmeter
Srm ³	Schüttraummeter
NWG	Nachweisgrenze

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Emissionskonzentrationen nach TA Luft (Bezugssauerstoffgehalt: 5 Vol.-%)
- Tabelle 2: Teilchengrößenverteilung des Brennstoffs, nach CEN/TS 14774- 3: 2005
- Tabelle 3: Ergebnisse der Bestimmung des Wassergehalts des Brennstoffs
- Tabelle 4: Ergebnisse der Bestimmung des Aschegehalts des Brennstoffs
- Tabelle 5: Ergebnisse der Bestimmung des Heizwerts des Brennstoffs
- Tabelle 6: Ergebnisse der Bestimmung des Ascheschemlzverhaltens des Brennstoffs
- Tabelle 7: Randbedingungen zur Berechnung des Gesamtwirkungsgrad thermisch
- Tabelle 8: Ergebnisse der Untersuchung der Vergasungsrückstände der HVG-Anlage
- Tabelle 9: Ergebnis der Kondensatanalyse der HVG-Anlage
- Tabelle 10: Zusammensetzung des Roh- bzw. Produktgases der HVG-Anlage
- Tabelle 11: Feststoffbeladung des Roh- bzw. Produktgases der HVG-Anlage
- Tabelle 12: Abgasrandbedingungen
- Tabelle 13: kapitalgebundene Kosten der HVG-Anlage für das 1. Betriebsjahr
- Tabelle 14: verbrauchsgebundene Kosten der HVG-Anlage für das 1. Betriebsjahr
- Tabelle 15: betriebsgebundene Kosten der HVG-Anlage für das 1. Betriebsjahr
- Tabelle 16: Erlöse und Gutschriften aus dem Betrieb der HVG-Anlage für das 1. Betriebsjahr (el. Energie)
- Tabelle 17: Erlöse und Gutschriften aus dem Betrieb der HVG-Anlage für das 1. Betriebsjahr (Nutzwärme)
- Tabelle 18: verbrauchsgebundene Kosten der HVG-Anlage – Szenario 1 (7.000 Bh/a)
- Tabelle 19: betriebsgebundene Kosten der HVG-Anlage – Szenario 1 (7.000 Bh/a)
- Tabelle 20: Erlöse und Gutschriften aus dem Betrieb der HVG-Anlage für das 1. Betriebsjahr (el. Energie und Nutzwärme)

Tabelle 22: kapitalgebundene Kosten – Szenario 2 (alternative Systeme)

Tabelle 22: verbrauchsgebundene Kosten – Szenario 2 (alternative Systeme)

Tabelle 23: betriebsgebundene Kosten – Szenario 2 (alternative Systeme)

Tabelle 24: Gesamtkosten zum Betrieb der einzelnen Anlagen – Szenario 2 (alternative Systeme)

Tabelle 25: Gutschriften und Erlöse aus dem Betrieb der einzelnen Anlagen – Szenario 2 (alternative Systeme)

Tabelle 26: erreichte Umweltentlastung

1.0 Einleitung

Die Friedrich Wahl GmbH & Co. KG produziert in ihrem Werk in 74429 Sulzbach – Laufen u.a. Konstruktionsholz für Wohn-, Hallen- und Fertighäuser; Hölzer für Ein- und Mehrwegtrommeln für isolierte Leitungen, Stahlseile und Drähte sowie Hölzer für den Gartenbau.

Bestandteil des Sägewerks der Firma Wahl sind u.a. Trockenkammern zur industriellen Trocknung der produzierten Hölzer. Zur Deckung des Wärmebedarfs der Trockenkammern hat sich die Wahl GmbH & Co. KG dazu entschlossen, eine innovative Pilotanlage der Firma URBAS Energietechnik GmbH zur Vergasung und Verstromung von naturbelassenem Holz zu installieren. Grund für die Entscheidung stellt die Option dar, neben der benötigten Prozesswärme Strom zu produzieren.

Wesentliche Bestandteile der Pilotanlage sind ein Holzvergaserkessel mit einer Nennleistung von ca. 300 kW_{therm} sowie ein Blockheizkraftwerk (nachfolgend „BHKW“ genannt) in Form einer Gasverbrennungskraftmaschine zur Strom- und Wärmeproduktion mit einer Nennleistung von ca. 130 kW_{el}¹.

Die Errichtung und der Betrieb der vorgenannten Pilotanlage wird aufgrund ihres hohen Innovationscharakters durch Fördermittel aus dem Förderprogramm „Bioenergie Wettbewerb“ des Wirtschaftsministeriums Baden - Württemberg sowie durch Fördermittel des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (nachfolgend „BMU“ genannt) bezuschusst.

2.0 Aufgabenstellung

Durch die Firma Wahl wurde im Jahre 2009 eine Holzvergaseranlage (nachfolgend „HVG“ genannt) Typ HVG V12T 130 GLS der URBAS Energietechnik GmbH an ihrem Standort in 74429 Sulzbach – Laufen errichtet. Die HVG-Anlage wurde am 26.09.2009 in Betrieb genommen. Die Anlage setzt sich aus den nachfolgend genannten wesentlichen Betriebseinheiten zusammen:

- Brennstoffzuführung und Vergasungsreaktor
- Gasreinigung
- Gasmotorische Nutzung

Eine ausführliche verfahrenstechnische Beschreibung der HVG-Anlage ist dem Kapitel 3 dieser Berichtsunterlagen zu entnehmen.

Die HVG-Anlage dient der Prozesswärmebereitstellung zur Beheizung der Trockenkammern des Sägewerks der Fa. Wahl sowie der Erzeugung und Einspeisung von elektrischer Energie in Form von Strom in das öffentliche Netz.

¹ Daten basierend auf: „Technische Beschreibung (vereinfacht), Holzvergaser Type: HVG V12T 130 GLS“ der URBAS Energietechnik GmbH

Die HVG-Anlage wird mit Koppelprodukten aus dem laufenden Sägebetrieb (i.W. Kappholz aus der Kabeltrommelproduktion) beschickt. Der Brennstoff erfüllt hierbei bereits im „Rohzustand“ die gemäß Brennstoffspezifikation einzuhaltenden Anforderungen. Eine Vorkonditionierung des Brennstoffs ist daher nicht notwendig. Bei der Errichtung der HVG-Anlage wurde von der üblichen Containerbauweise abgesehen, da es sich um eine Demonstrationsanlage handelt.

Gegenstand des vorliegenden Abschlussberichts ist die Dokumentation der Ergebnisse einer messtechnischen Überwachung und Begleitung der HVG-Anlage über einen Betriebszeitraum im 1. Betriebsjahr von rund 4.190,5 Betriebsstunden (Bh – Stand: 27.05.2010). Basierend auf diesen Ergebnissen wird eine technische Beurteilung des gegenwärtigen Entwicklungsstands der HVG-Anlage vorgenommen.

3.0 Grundlagen

3.1 Stand der Technik der Biomassevergasung

Die derzeit nach dem Stand der Biomassevergasung eingesetzte Anlagen- und Verfahrenstechnik lässt sich anhand des fluiddynamischen Verhaltens des Feststoffs beim Durchströmen des Vergasungsreaktors entgegen der Schwerkraft unterteilen in:

- Festbettvergaser,
- Wirbelschichtvergaser und
- Flugstromvergaser.

Einen Überblick über die o.g. Vergasertypen zeigt schematisch Abbildung 1:

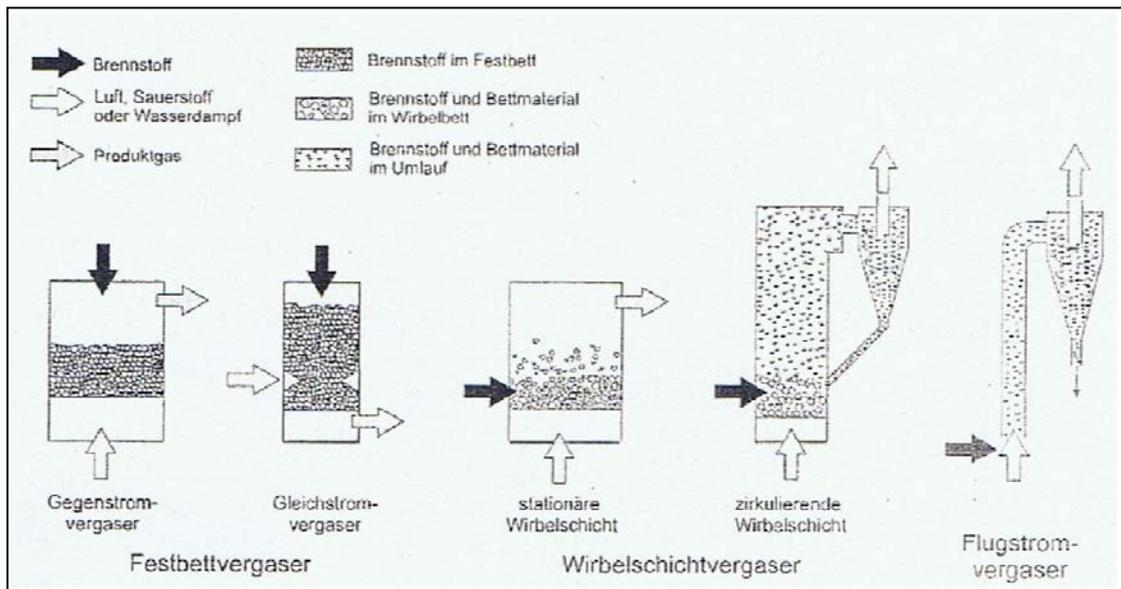


Abbildung 1: schematische Darstellung verschiedener Vergasertypen hinsichtlich des fluiddynamischen Verhaltens des Feststoffs und Gases

Quelle: HOFBAUER 2005, S. 5

Der von der Firma URBAS Energietechnik GmbH entwickelte Vergasungsreaktor ist ein Festbettvergaser. Nachfolgend wird daher insbesondere auf die unterschiedlichen Typen von Festbettvergasern näher eingegangen.

3.2 Festbettvergaser

Im Festbettvergaser wird der zu vergasende Brennstoff in einer Schüttschicht dem zur Vergasung zugeführten Fluid (i.d.R. Luftsauerstoff) exponiert. Die Schüttschicht bewegt sich hierbei vom Eintragsort aufgrund der Gravitationskraft sowie der Materialersetzung über verschiedene Zonen der Schüttung bis hin zum Ascheaustrag.

In Relation zum sich in Richtung der Gravitationskraft bewegenden Brennstoff kann das zur Vergasung eingesetzte Fluid im Gleich- oder Gegenstrom geführt werden (HOFBAUER 2005, S. 5).

3.2.1 Gegenstromvergaser

Beim Gegenstromvergaser handelt es sich i.d.R. um einen schachtförmigen Reaktor, bei dem der Brennstoff von oben und das zur Vergasung eingesetzte Fluid von unten zugeführt wird. Aufgrund der entgegen gesetzten Bewegungsrichtung der Fluide (Vergasungsmittel und Holzgas) und Brennstoff bilden sich im Reaktor abgegrenzte Reaktionszonen aus:

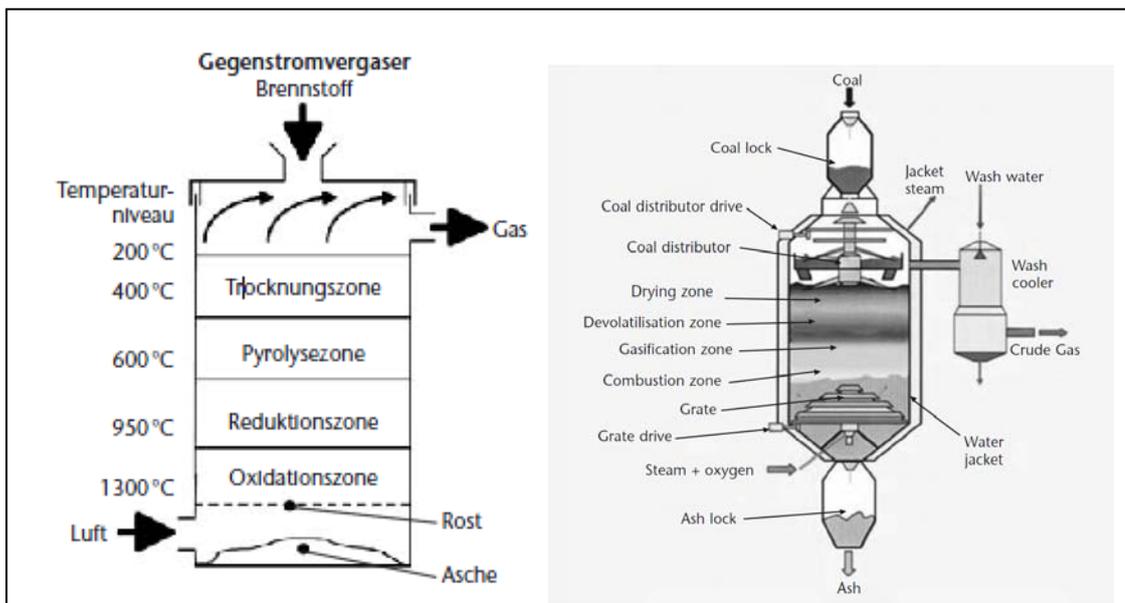


Abbildung 2: schematische Darstellung der Vergasung biogener Festbrennstoffe in einem Gegenstromvergaser

Quelle: BERGER ET AL. 2005, S. 116

In der Oxidationszone im unteren Bereich des Reaktors wird das zur Vergasung eingesetzte Fluid eingebracht. Die aufgrund der in diesem Bereich stattfindenden exo-

thermen Oxidationsreaktionen freigesetzte Wärme liefert die zur Vergasung der Festbrennstoffe notwendige Wärme (autotherme Vergasung).

Von der Oxidationszone kommend tritt das Holzgas in die Reduktionszone ein. Dort wird das bei der Oxidation entstandene Kohlendioxid (CO_2) teilweise zu Kohlenmonoxid (CO) reduziert (Boudouard-Reaktion). Auf seinem weiteren Weg durch den Reaktor passiert das Holzgas die Zone der pyrolytischen Zersetzung (auch Verkohlungs- oder Schwelzone genannt). Hier findet die thermochemische Aufspaltung des Brennstoffs unter Einwirkung der im Gas befindlichen Wärmeenergie statt (HOFBAUER 2005, S. 7). Die Gastemperatur sinkt demzufolge mit zunehmender Entfernung von der Oxidationszone. Das Holzgas verlässt den Reaktor mit einer Gastemperatur von ca. 70 °C bis 150 °C.

3.2.2 Gleichstromvergaser

Beim Gleichstromvergaser bewegen sich der Brennstoff und das zur Vergasung eingesetzte Fluid in dieselbe Richtung, weshalb diese Art der Vergasung auch als absteigende Vergasung (downdraft gasification) bezeichnet wird (Vgl. Abbildung 3).

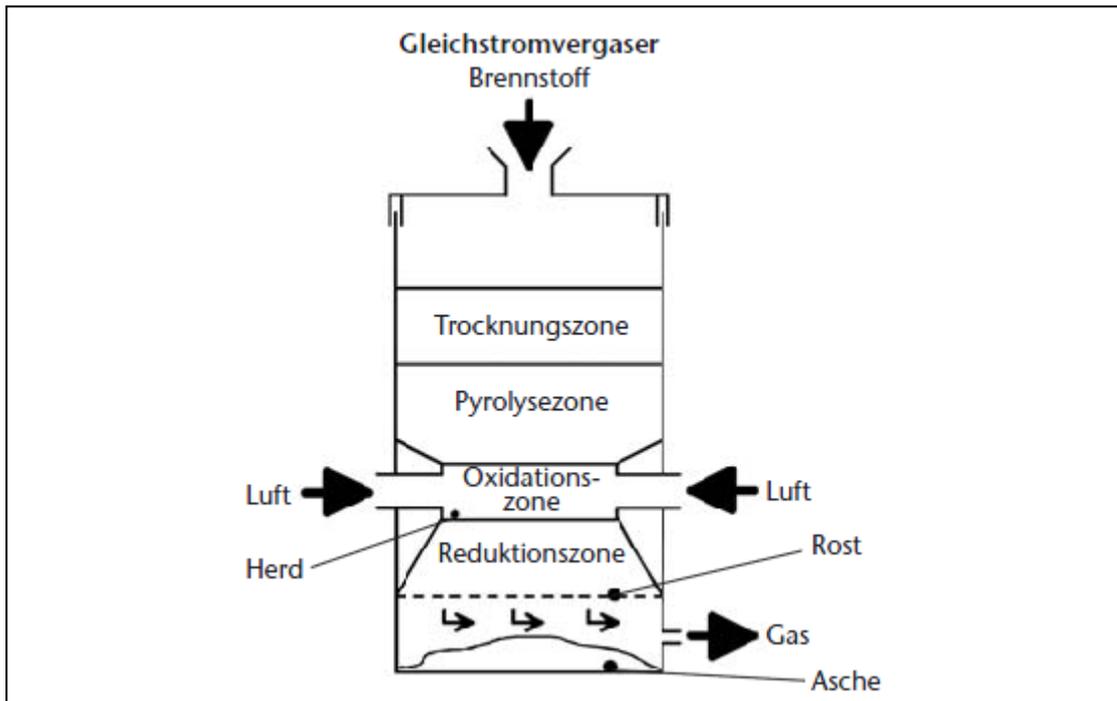


Abbildung 3: schematische Darstellung der Vergasung biogener Festbrennstoffe in einem Gleichstromvergaser

Quelle: BERGER ET AL. 2005, S. 116

Das im Brennstoff enthaltene Wasser wird nach Eintritt in den Reaktor bei einer Temperatur von 100 °C – 200 °C verdampft (Trocknungsprozess). Anschließend erfolgen die Entgasung und die thermische Zersetzung des Brennstoffs (Pyrolysezone). Bei

Temperaturen von über 600 °C findet die Oxidation des Kohlenstoffs und Wasserstoffs zur Deckung des Wärmebedarfs der endothermen Reduktionsreaktion und der Aufspaltung der in der Pyrolysezone gebildeten Kohlenwasserstoffe statt. Es werden somit teerreiche Verbindungen (langkettige Kohlenwasserstoffe) in teearme Verbindungen (kurzkettige Kohlenwasserstoffe) überführt, die in der anschließenden Reduktionszone mit dem Koks unter weiterer Gasbildung reagieren (Boudouard-Reaktion). Das Rohgas entströmt im unteren Reaktorbereich.

4.0 HVG-Anlage Sulzbach-Laufen

4.1 Verfahrenstechnische Beschreibung der HVG-Anlage

Bei dem eingesetzten URBAS-Vergaser handelt es sich um ein Festbettvergasungssystem mit einem Gleichstromreaktor. Anhang 1 zeigt ein Fließschema der Anlage, welches zum weitergehenden Verständnis der nachfolgenden verfahrenstechnischen Beschreibung herangezogen werden kann. Die Vergaseranlage funktioniert nach dem Gleichstromprinzip und stellt eine Weiterentwicklung des Imbertvergasers dar.

Im gebäudeintegrierten Brennstoffbunker werden die bei der Firma Wahl anfallenden Kapphölzer gesammelt und gelagert. Der im Bunker angebrachte Unterschubboden drückt den Brennstoff auf ein Querförderband. Von dort gelangt dieser über Steigförderbänder zur Schleuse. Die Taktung des Unterschubbodens und der einzelnen Förderbänder erfolgt über Füllstandssensoren im Brennstofftrichter und im Schleusensystem. Das Brennstofflager der HVG-Anlage ist aus Abbildung 4 ersichtlich:



Abbildung 4: Brennstofflager der HVG-Anlage

Über das doppelt wirkende Schleusensystem wird der Brennstoff bedarfsorientiert von oben in den Vergasungsreaktor aufgegeben und somit unkontrollierter Lufteintritt verhindert. Dieses Schleusensystem dient gleichzeitig als Rückbrandsicherung. Abbildung 5 zeigt das Schleusensystem sowie den Reaktorkopf:



Abbildung 5: Schleusensystem zur Brennstoffaufnahme sowie Reaktorkopf der HVG-Anlage

Das Reaktorgehäuse wird als wassergekühlter zylindrischer Mantel ausgeführt. Der Reaktor besteht aus einem sich nach unten verjüngenden zylindrischen Stahlrohr mit Düsensystem, über welches Luft als Vergasungsmittel zugeführt wird. Die Vergaserzuluftegelung erfolgt über ein stromlos schließendes Hochtemperatur-Sperrelement.

Dem Vergaser wird Brennstoff zugeführt, welcher in der Pyrolysezone ausgast, in der Oxidationszone mit Luft oxidiert und weiters in der Reduktionszone thermochemisch in ein motorfähiges Schwachgas umgewandelt wird. Die anfallende Asche wird ausgeschleust.

Das Produktgas gelangt über den Gaseintrittsstutzen in den Heißgasfilter und durchströmt die bis zu einer Temperatur von 500 °C beständigen keramischen Filterelemente. An diesen wird die Staubfracht abgeschieden. Zur Schonung der Filterelemente werden diese nach jedem Reinigungszyklus mit thermisch beständigem Pulver beschichtet (dieser Vorgang wird als „Precoating“ bezeichnet).

Die periodische Abreinigung der Filterelemente wird mittels einer Differenzdruckmessung am Filter eingeleitet und erfolgt durch Druckimpulse mit Stickstoff. Der aus dem Filter entfernte Staub bzw. die Asche sowie das Precoatmittel werden in den Vergaser rückgeführt und erhöhen durch die chemische Struktur des Precoatmittels den Heizwert des Gases (AER Prozess – Absorption Enhanced Reforming). Der Heißgasfilter ist in Abbildung 6 dargestellt:



Abbildung 6: Heißgasfilter der HVG-Anlage

Die Kühlung des Produktgases erfolgt nach dem Heißgasfilter in einem Rohrbündelwärmetauscher. Der Rohrbündelwärmetauscher ist als Zweizugwärmetauscher ausgeführt und kühlt das Produktgas auf ca. 130 °C. Die übertragene thermische Energie wird dem Heizkreis der Trockenkammern zugeführt. Zur weiteren Kühlung des Produktgases für die Verwertung im Verbrennungsmotor wird ein Edelstahlwärmetauscher eingesetzt. In diesem fallen die kondensierbaren Gaskomponenten aus und werden ausgeschleust.

Das aufgefangene Kondensat wird zur thermischen Nachoxidation der betriebseigenen Hackschnitzelfeuerungsanlage (Feuerungswärmeleistung 950 kW) zugeführt.

Die Gasverbrennungskraftmaschine (Fabrikat MAN) mit Asynchrongenerator (Fabrikat AC Motoren) ist mit der Regelung der Vergaseranlage verbunden. Die Nutzung der Abwärme erfolgt einerseits über den Motorabgaswärmetauscher und andererseits

über das Motorkühlsystem. Die erzeugte thermische Energie wird in das bestehende Wärmenetz der Trockenkammern geleitet. Die erzeugte elektrische Leistung wird in das öffentliche Netz eingespeist. Das Abgas aus der Gasverbrennungskraftmaschine wird mit einer Temperatur über dem Taupunkt in den Kamin eingeleitet. Die Gasverbrennungskraftmaschine wird zur Deckung der Grundlast eingesetzt. Die Gasverbrennungskraftmaschine ist aus Abbildung 7 ersichtlich:



Abbildung 7: Gasverbrennungskraftmaschine der HVG-Anlage

Die Bedienung und Überwachung der HVG-Anlage mit integrierter Protokollierung der letzten Betriebsstunden und selbständiger Aufzeichnung erfolgt über einen Personal Computer. Die Regelung und Steuerung der Gesamtanlage erfolgt mittels einer SPS (speicherprogrammierbare Steuerung). Das modular aufgebaute System kommuniziert mit einem PC über eine serielle Schnittstelle.

Am PC ist ein Visualisierungspaket implementiert, welches die Bedienung der Anlage einfach gestaltet. Sämtliche über die SPS erfassten Messpunkte werden übersichtlich in Anlagenbildern grafisch dargestellt und historisch archiviert.

Die Alarmprotokollierung erfolgt in Tagesfiles und ist im Visualisierungspaket integriert. Der Eingriff in den Prozessablauf kann mittels auf Plausibilität überwachten und individuell adaptierbaren Passwörtern geschützten Sollwertvorgaben vorge-

nommen werden. Ein Screenshot der Überwachungs- und Steuerungssoftware der HVG-Anlage ist aus Abbildung 8 ersichtlich:

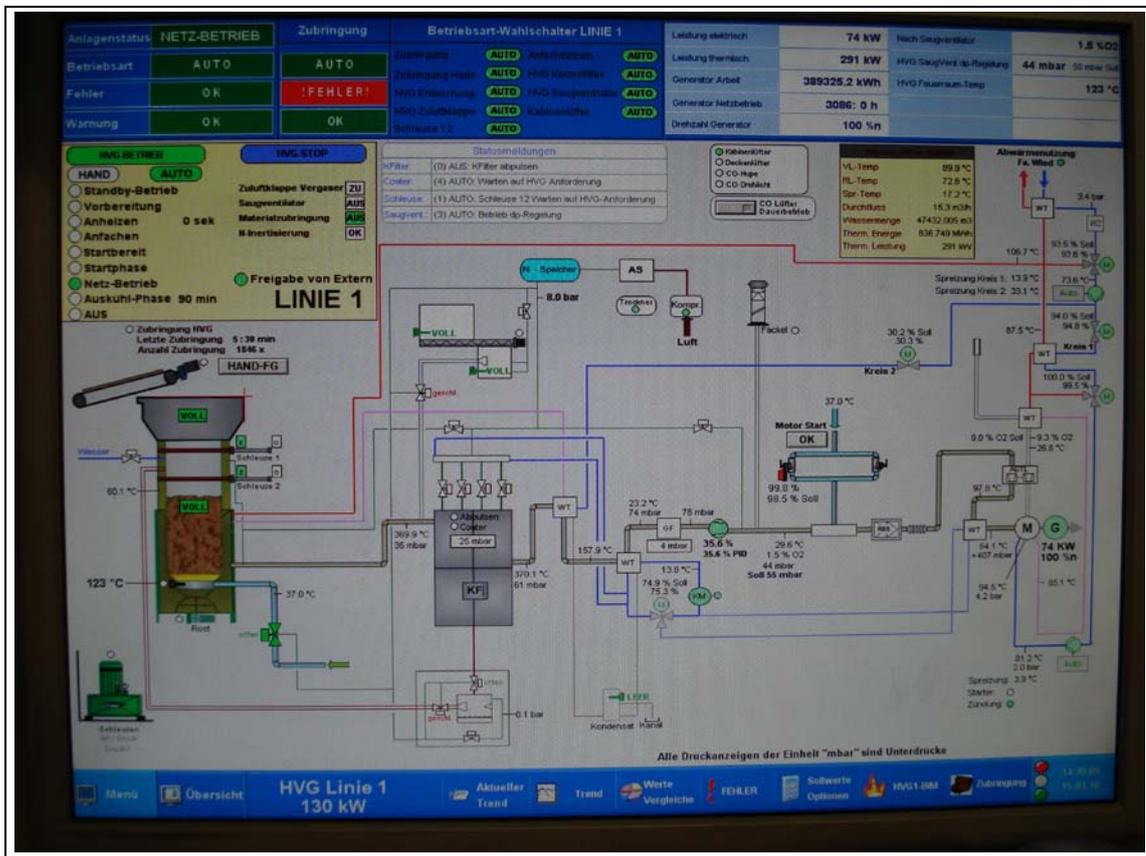


Abbildung 8: Screenshot der Überwachungs- und Steuerungssoftware der HVG-Anlage

Kritische Zustände der Anlage werden nach Priorität unterteilt visualisiert, archiviert und lösen vom Bediener frei konfigurierbare Alarmierungsprozesse aus. Die passwortgeschützte Fernwartungssoftware ermöglicht einerseits die Beobachtung und andererseits die Wartung der Anlage. Sämtliche steuerungs- und regelungstechnischen Vorgänge werden ausschließlich auf der SPS implementiert.

Der Motor ist mit einem Sicherheitsautomat und Motorschutzrelais abgesichert. Bei Überstrom oder Kurzschluss wird ein Meldekontakt geschlossen. Der 400-V-Stromkreis ist über einen Leistungstrenner abschaltbar.

4.2 Sicherheitskonzept der HVG-Anlage

Nachfolgend werden die wesentlichen Aspekte des sicherheitstechnischen Konzepts der HVG-Anlage beschrieben.

4.2.1 Explosionsgefährdete Zonen für Gase

Die explosionsgefährdeten Zonen (Ex-Zonen) für Gase werden wie folgt definiert:

Zone 0: Bereich in dem explosionsfähige Atmosphäre als Mischung brennbarer Stoffe in Form von Gas, Dampf oder Nebel mit Luft ständig oder langfristig oder häufig vorhanden ist.

allgemeines Beispiel: Vergaserreaktor, Inneres von Behältern, Apparaturen, Rohrleitungen

Zone 1: Bereich, in dem damit zu rechnen ist, dass explosionsfähige Atmosphäre als Mischung brennbarer Stoffe in Form von Gas, Dampf oder Nebel mit Luft bei Normalbetrieb gelegentlich auftritt.

allgemeines Beispiel: Umgebung der Zone 0 Bereich um Entleer – und Füll einrichtungen, Ascheaustrag, Schleusensystem, Stopfbuchsen, Zerbrechliche Apparaturen (Schaugläser)

Zone 2: Bereich, in dem bei Normalbetrieb nicht damit zu rechnen ist, dass explosionsfähige Atmosphäre als Mischung brennbarer Stoffe in Form von Gas, Dampf oder Nebel mit Luft auftritt, wenn sie aber dennoch auftritt, dann nur kurzzeitig.

allgemeines Beispiel: Umgebung von Zone 0 oder 1: Flanschverbindungen, Mess- und Entnahmestellen.

Im Rahmen der Entwicklung der HVG-Anlage wurde im Auftrag der Firma URBAS Energietechnik GmbH im Jahre 2004 ein explosionsschutztechnisches Gutachten für die Anlage angefertigt. Im Ergebnis dieses explosionsschutztechnischen Gutachtens ist festzuhalten, dass die Explosionssicherheit der beschriebenen Anlage bei Einhaltung der Betriebs- und Wartungsvorschriften gegeben ist. Die räumliche Festlegung der Ex-Schutzonen ist dem explosionsschutztechnischen Gutachten entnommen und in nachfolgender Abbildung 9 dargestellt:

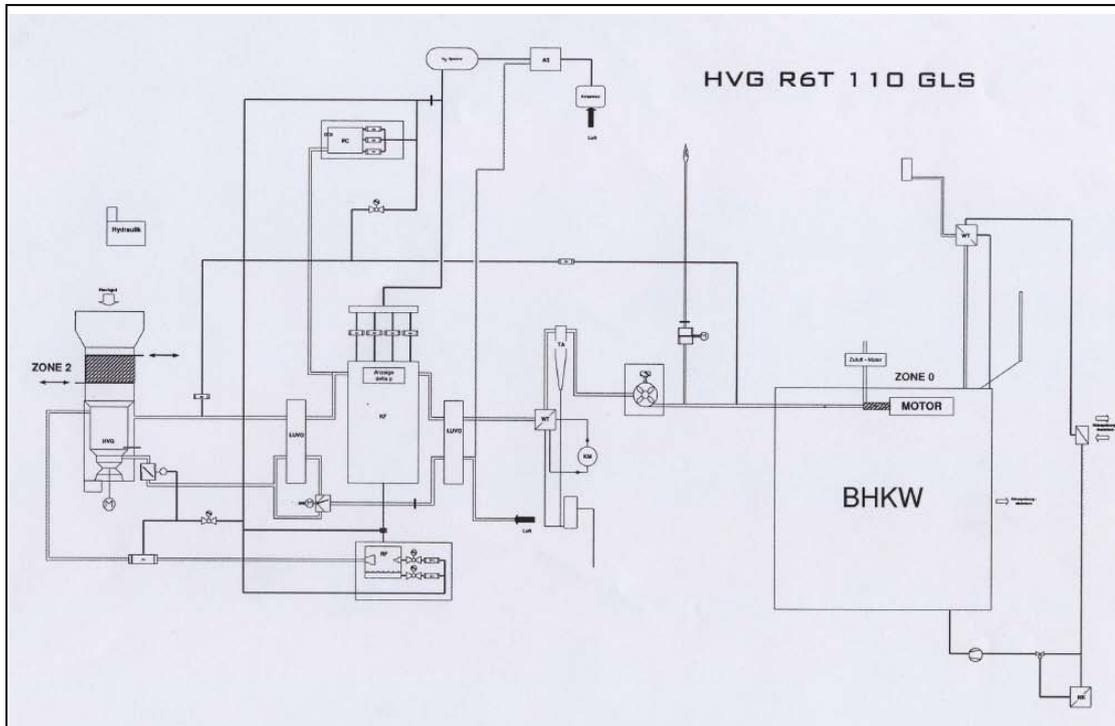


Abbildung 9: räumliche Festlegung der Ex-Schutz-zonen der HVG-Anlage
 Quelle: explosionsschutztechnisches Gutachten vom 20.11.2004

4.2.2 Eingesetzte Sicherheitstechnik

Das Sicherheitskonzept sieht eine Einteilung des Grades der aufgetretenen sicherheitsrelevanten Anlagenstörungen in zwei Prioritätsstufen vor:

- Priorität A (hohe Warnstufe, sofortiger Notstop)
- Priorität B (niedrige Warnstufe, geregelter Betrieb weiterhin möglich)

Nach Prioritätenauflistung wird bei Priorität B eine Warnung ausgegeben (geregelter Anlagenbetrieb weiterhin möglich) und bei Priorität A ein sofortiger Anlagenstopp mit N₂-Inertisierung eingeleitet. Hierbei wird durch einen drucküberwachten Stickstoffspeicher über zwei zeitgesteuerte Magnetventile N₂ in das System eingebracht.

Der Sperrer (Vergasereintritt) ist stromlos schließend ausgeführt, um bei Anlagenstopp den Austritt des Gases zu verhindern.

Eine zusätzliche Sicherheitseinrichtung stellen die im Raum verteilten CO-Sensoren dar, welche bei Überschreitung des unteren Schwellenwertes eine Warnung auslösen. Bei Überschreiten des oberen Schwellenwertes wird ein sofortiger Anlagenstopp eingeleitet.

Mittels USV (unterbrechungsfreie Stromversorgung) wird die sichere Stromversorgung der Sicherheits-relevanten Bauteile gewährleistet. Die USV-Anlage ist geeignet für die Aufstellung in geschlossenen Räumen.

Der Aufstellungsraum wird mit unverschließbaren Zu- und Abluftöffnungen ausgestattet die eine ausreichende Querlüftung ermöglichen. Für die natürliche Lüftung wird die Zuluftöffnung im Bereich des Fußbodens, die Abluftöffnung in der gegenüber liegenden Wand im Bereich der Decke angeordnet.

Für die Zwangslüftung wird ein Ventilator mit einem Mindestluftwechsel von 4.900 m³ Luft/h vorgesehen.

4.2.3 Durchgeführte Maßnahmen zur Vermeidung der Explosionsgefahr

Zur Vermeidung der Explosionsgefahr werden die nachfolgend aufgeführten Maßnahmen ergriffen:

- Durchlüftung der gesamten Arbeitsstätte
- Überprüfen der automatisch gesteuerten N₂-Inertisierung
- Kontrolle der automatisch gesteuerten Sicherheitseinrichtungen wie Hupe, Warnsignallampe, Gebläse (monatlich)
- Kontrolle der Feuerlöscher auf Betriebsbereitschaft (halbjährlich)
- Bei Anlagenstopp – Kontrolle des Prozessverlaufs bis zum Anlagenstopp – Fehlerursache ergründen. Anschließend wird der Fehler behoben.
- Alle Sensoren (Temperatur, Druck, Lambda – Sonde, O₂-Sonde) regelmäßig auf Funktion überprüfen. Defekte Geräte sofort austauschen – Tausch dokumentieren

4.3 Ergebnisse Anlagenmonitoring

Zur Bewertung des aktuellen Entwicklungsstands der HVG-Anlage wurde diese im Rahmen eines Monitoringkonzepts im 1. Betriebsjahr über einen Betriebszeitraum von rund 4.200 Bh² messtechnisch überwacht und begleitet. Die hieraus resultierenden Ergebnisse werden nachfolgend diskutiert.

4.3.1 Rahmenbedingungen Anlagenmonitoring

Die Messplanabstimmung hinsichtlich Messumfang und Vorgehensweise erfolgte im Vorfeld der Messungen mit Herrn DI Wolfgang Felsberger (URBAS Energietechnik GmbH) sowie mit Herrn Friedrich Wahl sowie Frau Sabine Mertzluft (Friedrich Wahl GmbH & Co. KG). Im Rahmen des Monitoringkonzepts werden die nachfolgend genannten betriebstechnischen Kennwerte messtechnisch erfasst bzw. berechnet:

- Gesamtwirkungsgrad thermisch (nachfolgend „ η_{th} “ genannt)
- Gesamtwirkungsgrad elektrisch (nachfolgend „ η_{el} “ genannt)

² 4190,5 Bh, Stand: 27.05.2010

- Restkohlenstoffgehalt in der Asche (TOC, TIC, TC)³
- Kondensatanalyse auf Einleitfähigkeit des Kondensats⁴
- Bestimmung der folgenden Parameter vor und nach der Gasreinigung (Roh- bzw. Produktgasmessung):
 - Feststoffkonzentration, O₂, CO₂, CO, CH₄ und H₂
- Emissionskonzentrationen im motorseitigen Abgas für die Parameter:
 - CO
 - NO₂
 - SO₂
 - Ges.-C
 - Staub

Bemerkung zu den Emissionsparametern

Die Festlegung der zu ermittelnden Emissionsparameter erfolgt in Anlehnung⁵ an das Bundes-Immissionsschutzgesetz (nachfolgend „BImSchG“ genannt). Die Pilotanlage wird dementsprechend als Anlage der Ziffer 1.4 Buchstabe b) aa) Spalte 2 der 4. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (nachfolgend „BImSchV“ genannt) eingeordnet:

„Verbrennungsmotoranlagen zur Erzeugung von Strom, Dampf, Warmwasser, Prozesswärme oder erhitztem Abgas für den Einsatz von aa) gasförmigen Brennstoffen (insbesondere Koksofengas, Grubengas, Stahlgas, Raffineriegas, Synthesegas, Erdölgas aus der Tertiärförderung von Erdöl, Klärgas, Biogas), ausgenommen naturbelassenem Erdgas, Flüssiggas, Gasen der öffentlichen Gasversorgung oder Wasserstoff, mit einer Feuerungswärmeleistung von 1 Megawatt bis weniger als 10 Megawatt“

Demnach ergeben sich die immissionsschutzrechtlich nachzuweisenden Emissionsparameter sowie –konzentrationen nach Ziffer 5.4.1.4 der Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (nachfolgen „TA Luft“ genannt) zu folgenden:

³ TC = total carbon

TOC = total organic carbon

TIC = total inorganic carbon

⁴ Die im Rahmen der Kondensatanalyse zur Untersuchung auf Einleitfähigkeit anzusetzenden Parameter wurden im Vorfeld der Analyse in Abstimmung mit der zuständigen Behörde (Landratsamt Schwäbisch Hall) festgelegt.

⁵ Eine immissionsschutzrechtliche Genehmigungspflicht nach BImSchG liegt für Holzvergaseranlagen mit nachgeschalteten BHKW erst ab einer Feuerungswärmeleistung von 1 MW oder mehr vor. Generell ist jedoch § 22 Absatz 1 BImSchG anzuwenden, nach welchem Betreiber nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen zu treffen haben, die dem Stand der Technik entsprechen.

Emissionsparameter	Abkürzung	Konzentration	Einheit
Kohlenmonoxid	CO	0,65	g/m ³
Stickstoffoxide (als Stickstoffdioxid)	NO ₂	0,50	g/m ³
Schwefeloxide (als Schwefeldioxid)	SO ₂	0,31	g/m ³
Organische Stoffe ⁶ (angegeben als Formaldehyd)	CH ₂ O	60	mg/m ³

Tabelle 1: Emissionskonzentrationen nach TA Luft (Bezugssauerstoffgehalt: 5 Vol.-%)

Zusätzlich zu den oben genannten Emissionsparametern soll nach Absprache mit der URBAS Energietechnik GmbH bzw. der Wahl GmbH & Co. KG der Emissionsparameter Staub gravimetrisch ermittelt werden.

4.3.2 Methodik

Nachfolgend wird die Methodik sowie die Gleichungen beschrieben, die im Rahmen der Ermittlung der betriebstechnischen Kennwerte herangezogen wurde. Die eingesetzte Messtechnik ist in Anhang 2 beschrieben.

Gesamtwirkungsgrad thermisch

$$\eta_{th} = \frac{\dot{Q}_{therm}}{\dot{Q}_{zu}} \quad (\text{Gleichung 1})$$

mit: \dot{Q}_{therm} abgeführter (nutzbarer) Wärmestrom
 \dot{Q}_{zu} zugeführter Wärmestrom

$$\dot{Q}_{zu} = \dot{m}_B * H_u \quad (\text{Gleichung 2})$$

mit: \dot{m}_B zugeführter Brennstoffmassenstrom
 H_u unterer Heizwert

\dot{Q}_{therm} wird über einen Wärmezähler (WZ) bestimmt (siehe Anlage 1). Die dem Holzvergaser zugeführte Brennstoffmasse wird gravimetrisch mittels einer Feinwaage

⁶ Im Rahmen des vorliegenden Messberichts wird abweichend zu den Anforderungen der TA Luft die Betrachtung der org. Stoffe als Gesamtkohlenstoff (Ges.-C) vorgenommen.

(Waage EL 06) über einen Zeitraum von einer Stunde bestimmt. Der Heizwert des zugeführten Brennstoffs wird im Rahmen einer Brennstoffanalyse an der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg (HFR) ermittelt. Zur Bestimmung des Heizwerts wird eine repräsentative Brennstoffprobe genommen.

Gesamtwirkungsgrad elektrisch

$$\eta_{el} = \frac{P_{el}}{Q_{zu}} \quad \text{(Gleichung 3)}$$

mit: P_{el} erzeugte elektrische Leistung

Die elektrisch erzeugte Leistung wird am Generator erfasst.

Restkohlenstoffgehalt in der Asche (TOC, TIC, TC), Kondensatanalyse

Die Probenahme zur Bestimmung des Aschegehalts sowie des Restkohlenstoffgehalts (TOC; TIC; TC) erfolgt über einen repräsentativ gewählten Betriebszeitraum. Um eine aussagekräftige Kondensatprobe zu erhalten, wird das anfallende Kondensat in einem 1.000 l fassenden Gebinde aufgefangen und vor Beginn der Probenahme durch Umrühren homogenisiert. Die Proben werden vor äußeren Einflüssen geschützt verpackt und zeitnah an das umwelttechnische Labor der Technischen Universität Freiberg (Sachsen) transportiert, in welchem die Analysen durchgeführt werden.

Gasanalyse Roh- bzw. Produktgasmessung

Die Gasanalyse dient zur Überprüfung der Roh- und Produktgaszusammensetzung vor und nach dem Heißgasfilter. Die Entnahme der Teilvolumenströme wird isokinetisch entlang einer Messachse im Zentrum des Messkanals vorgenommen. Die Festlegung der Messstellen erfolgt unter Berücksichtigung der in Gl. 4 bzw. Gl. 5 aufgeführten normativen Forderungen an Gasentnahmestellen.

Parameter motorseitiges Abgas (Emissionsparameter)

Die Abführung der Abgase aus der Gasverbrennungskraftmaschine erfolgt über einen Stahlrohrkamin (Austrittsfläche ca. 0,015 m²) vertikal nach oben in die freie Atmosphäre. Die isokinetisch entnommenen Teilgasströme zur Bestimmung der Emissionsparameter werden durch eine 1/2-Zoll große Messöffnung abgesaugt. Die notwendigen Ein- und Auslaufstrecken wurden bei der Festlegung der Probenahmestellen berücksichtigt und nach folgenden Gleichungen festgelegt:

$$\text{Mindestlänge vor Messort (Einlaufstrecke):} \quad l_{minEin} \geq 20 * \frac{A_{MK}}{U_{MK}} \geq 5 * D \quad \text{(Gl. 4)}$$

Mindestlänge nach Messort (Auslaufstrecke): $l_{minAus} \geq 12 * \frac{A_{MK}}{U_{MK}} \geq 3 * D$ (Gl. 5)

mit:	l_{minEin}	Mindestlänge Einlaufstrecke
	l_{minAus}	Mindestlänge Auslaufstrecke
	U_{MK}	Umfang Messkanal
	D	hydraulischer Messkanaldurchmesser

Die Entnahme der Teilvolumenströme wird entlang einer Messachse im Zentrum des Messkanals vorgenommen.

Zur Umrechnung der Emissionsparameter auf Normbedingungen werden die nachfolgend genannten Parameter (Abgasrandbedingungen) im motorseitigen Abgas bestimmt:

- Restsauerstoffgehalt,
- Abgasfeuchte,
- Abgastemperatur,
- dynamischer und statischer Druck im Messkanal und
- Strömungsgeschwindigkeit des Abgases bzw. Abgasvolumenstrom.

Bei der Umrechnung von der Strömungsgeschwindigkeit des Abgases auf den Abgasvolumenstrom wird von einer Standardgeschwindigkeitsverteilung über den Querschnitt des Messkanals ausgegangen (Faktor 0,84 – Vgl. GROTE ET AL. 2007, S B49).

$$\dot{V}_{L,ab} = 0,84 \vec{v}_{L,ab} A_{MK} \quad \text{(Gleichung 6)}$$

mit:	$\dot{V}_{L,ab}$	Abgasvolumenstrom
	$\vec{v}_{L,ab}$	Strömungsgeschwindigkeit des Abgases
	A_{MK}	Querschnittsfläche Messkanal

4.3.3 Ergebnisse Anlagenmonitoring

Brennstoffanalyse

Zur Bestimmung u.a. des Gesamtwirkungsgrad thermisch wurde eine Brennstoffanalyse durchgeführt. Die Ergebnisse sind diesen Berichtsunterlagen in Form von Anlage 3 beigelegt. Als Brennstoff wird ausschließlich naturbelassenes Holz in Form von

Kapphölzern aus der Kabeltrommelproduktion (Koppelprodukt aus dem laufenden Sägebetrieb) eingesetzt⁷. Die anfallenden Kapphölzer weisen einen durchschnittlichen Wassergehalt von ca. 11,5 Gew.-% auf, eine Vortrocknung des Brennstoffs ist somit nicht notwendig. Im Ergebnis der Brennstoffanalyse ist generell festzuhalten, dass die eingesetzten Kapphölzer die im Rahmen der Brennstoff-Spezifikation durch den Anlagenhersteller URBAS definierten Eigenschaften erfüllen und somit keine Vorbehandlung des Brennstoffs notwendig ist.

Unter Zugrundelegung der ermittelten Brennstoffeigenschaften i.V. mit dem ermittelten Brennstoffbedarf bei Nennlast von 121 kg/h und angenommenen 6.300 Jahresbetriebsstunden⁸ errechnet sich ein jährlicher Brennstoffbedarf von ca. 760 Tonnen (t).

Nachfolgend werden zusammengefasst dargestellt die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Brennstoffanalyse diskutiert.

Teilchengrößenverteilung

Teilchengrößenverteilung nach DIN CEN/TS 14774- 3: 2005			
Siebbezeichnung	Fraktion [mm]	Masse Probe [g]	Massenanteil [Gew.-%]
Handsortierung	> 100	1046,2	49,47
1. Sieb	63 bis 100	670,3	31,69
2. Sieb	45 bis 63	193,2	9,13
3. Sieb	16 bis 45	112	5,30
4. Sieb	8 bis 16	68,5	3,24
5. Sieb	3,15 bis 8	21,6	1,02
6. Sieb	2 bis 3,15	0,6	0,03
7. Sieb	1 bis 2	1,2	0,06
8. Sieb	0,5 bis 1	0,7	0,03
Sammelschale	< 0,5	0,7	0,03
Gesamtmasse	alle	2115	100,00

Tabelle 2: Teilchengrößenverteilung des Brennstoffs, nach CEN/TS 14774- 3: 2005

Wie aus Tabelle 4 ersichtlich ist, besteht der eingesetzte Brennstoff zum überwiegenden Teil (ca. 80 Gew.-%) aus größeren (> 63 mm) Holzstücken. Die Verteilung der Teilchengröße des Brennstoffs nimmt starken Einfluss auf das Ausgasungsverhalten. Bei hohem Anteil an feinerem Material, welches schneller ausgast (Verhältnis: Ober-

⁷ Der Rohstoff besteht überwiegend aus Fichtenholz. In geringen Mengen werden auch andere Baumarten (z.B. Tanne) beigemischt.

⁸ Extrapolation auf Basis der bis dato erreichten Betriebsstunden (4190,5 Betriebsstunden, Stand: 27.05.2010)

fläche zu Masse) bleibt das gröbere Material teils unzersetzt und feste Kohlenstoffpartikel werden mitgerissen. Die Folge ist eine sehr hohe Partikelkonzentration im Produktgas.

Wassergehalt des Brennstoffs

Die Ergebnisse der Bestimmung des Wassergehalts des Brennstoffs sind Tabelle 3 zu entnehmen:

Wassergehalt nach DIN CEN/TS 14774- 3: 2005			
Probe Nr.	Probenahmedatum	Messwert	Einheit
1	15-03-2010	11,0	Gew.-%
2	30-03-2010	11,8	Gew.-%

Tabelle 3: Ergebnisse der Bestimmung des Wassergehalts des Brennstoffs

Auf Basis der geringen Schwankungen der ausgewerteten Proben kann festgehalten werden, dass der verwendete Brennstoff einen mittleren Wassergehalt von ca. 11,5 Gew.-% aufweist. Gemäß Brennstoffspezifikation ist ein Wassergehalt zwischen 10 Gew.-% und 15 Gew.-% einzuhalten. Eine Trocknung des Brennstoffs ist daher nicht notwendig.

Aschegehalt des Brennstoffs

Die Ergebnisse der Bestimmung des Aschegehalts des Brennstoffs sind Tabelle 4 zu entnehmen:

Aschegehalt nach DIN CEN/TS 14775: 2004			
Probe Nr.	Probenahmedatum	Messwert	Einheit
1	15-03-2010	1,25	Gew.-%
2	30-03-2010	1,34	Gew.-%

Tabelle 4: Ergebnisse der Bestimmung des Aschegehalts des Brennstoffs

Gemäß Brennstoffspezifikation ist ein Aschegehalt von ca. einem Gew.-% einzuhalten. Der Aschegehalt des verwendeten Brennstoffs beträgt im Mittel ca. 1,3 Gew.-% (Bezug: wasserfreier Zustand (wf)) und eignet sich dementsprechend zur Verwendung in der HVG-Anlage.

Heizwert des Brennstoffs

Die Ergebnisse der Bestimmung des Heizwerts des Brennstoffs sind Tabelle 5 zu entnehmen:

Heizwert nach DIN 51900-2: 2003- 05				
Probe Nr.	Probenahmedatum	Heizwert H _u (wf)	Heizwert H _u (roh)	Einheit
1	15-03-2010	18,85	16,52	MJ/kg
1	15-03-2010	5,24	4,59	kWh/kg
2	30-03-2010	19,75	17,13	MJ/kg
2	30-03-2010	5,49	4,76	kWh/kg

Tabelle 5: Ergebnisse der Bestimmung des Heizwerts des Brennstoffs

Auf Basis der in Tabelle 5 aufgeführten Daten wird der im Mittel für den Brennstoff anzusetzende Heizwert auf 16,8 MJ/kg bzw. 4,6 kWh/kg festgelegt.

Ascheschmelzverhalten des Brennstoffs

Der Auswertungsplot und die Trendkurven zur Analyse des Ascheschmelzverhaltens des Brennstoffs sind diesen Berichtsunterlagen in Anhang 4 und Anhang 5 beigelegt. Die Ergebnisse der Bestimmung des Ascheschmelzverhaltens des Brennstoffs sind Tabelle 6 zu entnehmen:

Ascheschmelzverhalten nach DIN 51730: 1998-4						
Probe Nr.	Probenahmedatum	Einheit	Sinterbeginn	Erweichungstemperatur	Halbkugeltemperatur	Fließtemperatur
1	15-03-2010	°C	728	1.390	n.b.	1.451
2	30-03-2010	°C	743	1.390	1.436	1.444

Tabelle 6: Ergebnisse der Bestimmung des Ascheschmelzverhaltens des Brennstoffs

Die anfallende Asche des untersuchten Brennstoffs hat eine vergleichsweise hohe Erweichungstemperatur bezogen auf andere feste Biomasseenergieträger (z.B. Weizenstroh ca. 1000 °C, Weizenkörner ca. 687 °C). Verschlackungstendenzen aufgrund erhöhter Temperaturen innerhalb der Oxidationszone des Reaktors der HVG-Anlage wurden im Rahmen des Monitoringzeitraums (1. Betriebsjahr, 4190,5 Bh) nicht beobachtet (Temperatur in der Oxidationszone i.d.R. < 1.300 °C).

Gesamtwirkungsgrad thermisch

Der Berechnung des Gesamtwirkungsgrads thermisch liegen die folgenden im Rahmen der durchgeführten Messreihen ermittelten Randbedingungen zugrunde:

Bezeichnung	Daten aus Messung	Daten Bezugskorrigiert
Datenbezug (Dauer)	80 min	60 min
aufgegebene Brennstoffmasse	161 kg	121 kg
Heizwert H_u (Vgl. Tabelle 5)	16,8 MJ/kg	
Brennstoffwärmeleistung (Q_{zu})	752 kW	564 kW
ausgekoppelte thermische Leistung (Q_{therm})	396 kW	297 kW

Tabelle 7: Randbedingungen zur Berechnung des Gesamtwirkungsgrad thermisch
Quelle: eigene Darstellung

Resultierend aus den vorgenannten Daten lässt sich ein **Gesamtwirkungsgrad thermisch von ca. 53 %** (0,40 kg Brennstoff ergeben 1,0 kWh_{therm}) berechnen.

Plausibilitätsprüfung Gesamtwirkungsgrad thermisch

Auf Basis des ermittelten Brennstoffmassenstroms und -heizwerts lässt sich bezogen auf die Gesamtbetriebsdauer der Anlage (4190,5 Betriebsstunden, 1.143.034 kWh ausgekoppelte Wärmemenge – Stand: 27.05.2010) ein thermischer Gesamtwirkungsgrad von 48 % (0,45 kg Brennstoff ergeben 1,0 kWh_{therm}) berechnen.

Gesamtwirkungsgrad elektrisch

Zur Berechnung des Gesamtwirkungsgrads elektrisch werden die aus Tabelle 3 ersichtlichen Daten herangezogen, wobei die ausgekoppelte thermische Leistung durch die ausgekoppelte elektrische Leistung ersetzt wird. Die elektrische Leistung über den gemessenen Zeitraum beläuft sich auf 191 kW (Bezug 80 min) bzw. 143 kW (Bezug 60 min).

Der **Gesamtwirkungsgrad elektrisch** beträgt somit für den betrachteten Zeitraum **ca. 25 %** (0,86 kg Brennstoff ergeben 1,0 kWh_{el}).

Plausibilitätsprüfung Gesamtwirkungsgrad elektrisch

Bezogen auf die Gesamtbetriebsdauer der Anlage (4190,5 Betriebsstunden, 523.181 kWh ausgekoppelte el. Energie – Stand: 27.05.2010) ergibt sich ein elektrischer Gesamtwirkungsgrad von 22 % (0,97 kg Brennstoff ergeben 1 kWh_{el}).

Restkohlenstoffgehalt in der Asche, Kondensatanalyse

Die Analyseprotokolle zur Kondensatanalyse bzw. zur Untersuchung des Restkohlenstoffgehalts sind den Berichtsunterlagen in Form von Anlage 6 bzw. Anlage 7 beigefügt.

Das Ergebnis der Untersuchung des Restkohlenstoffgehalts in der Asche ist in Tabelle 8 zusammengefasst dargestellt:

Parameter	Einheit	Methode	Analyseergebnis
Wassergehalt	Gew.-%	DIN 51718	3,6
TC	Gew.-%	DIN 51732	66,0
TOC	Gew.-%	DIN EN 13137	63,6
TIC	Gew.-%	Berechnung	2,4

Tabelle 8: Ergebnisse der Untersuchung der Vergasungsrückstände der HVG-Anlage

Auf Basis des ermittelten Aschegehalt des eingesetzten Brennstoffs (Vgl. Tabelle 4) sowie angenommenen 6.300 Jahresbetriebsstunden⁹ errechnet sich ein Ascheaufkommen von ca. 9,6 t pro Jahr. Die anfallende Aschemenge wird entsprechend den Vorgaben des KrW-/AbfG über einen zugelassenen Entsorgungsfachbetrieb entsorgt.

Eine Reduzierung des erhöhten organischen Kohlenstoffanteils in den Vergasungsrückständen der HVG-Anlage wird seitens der Firma URBAS Energietechnik GmbH im Zuge zukünftiger Entwicklungsschritte angestrebt.

Bei einem durchschnittlichen Wassergehalt des aufgegebenen Brennstoffs von 11,5 Gew.-% (Vgl. Tabelle 3) ergibt sich bei Nennbetrieb eine Kondensatmenge von ca. 17 l/h (gravimetrische Bestimmung). Das Ergebnis der Kondensatanalyse ist nachfolgend zusammengefasst dargestellt.

Parameter	Einheit	NWG	Methode	Kondensatanalyse
Arsen	mg/l	0,005	DIN EN ISO 17294-2	< 0,005
Blei	mg/l	0,005	DIN EN ISO 17294-2	< 0,005
Cadmium	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2	< 0,001
Chlor	mg/l	0,005	DIN EN ISO 17294-2	< 0,005
Chrom	mg/l	0,005	DIN EN ISO 17294-2	< 0,005
Kupfer	mg/l	0,005	DIN EN ISO 17294-2	0,0006
Nickel	mg/l	0,005	DIN EN ISO 17294-2	< 0,005
Quecksilber	mg/l	0,0002	DIN EN 1483	0,0006
Zink	mg/l	0,01	DIN EN ISO 17294-2	0,2
CSB	mg/l	15	DIN 38409-H41	115

⁹ Extrapolation auf Basis der bis dato erreichten Betriebsstunden (4190,5 Betriebsstunden, Stand: 27.05.2010)

Nitrit	mg/l	0,02	DIN EN 26777	< 0,02
Phenolindex	mg/l	0,01	DIN 38409.H16-	7
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/l	0,1	DIN EN ISO 9377-2	6,9
Summe PAK	mg/l	-	DIN 38407-F39	8,5
Summe PCDD/PCDF	pg TE/l	-	DIN 38407-F33	< NWG

Tabelle 9: Ergebnis der Kondensatanalyse der HVG-Anlage

Aufgrund unklarer rechtlicher Rahmenbedingungen (Einleitkriterien, Grenzwerte) ist keine eindeutige Bewertung der Ergebnisse möglich. Das Kondensat der HVG-Anlage wird zur thermischen Nachoxidation der Hackschnitzelfeuerungsanlage zugeführt.

Gasanalyse (Roh- und Produktgasmessung)

Das Ergebnis der Roh- und Produktgasmessung ist in Tabelle 10 (Gaszusammensetzung) bzw. Tabelle 11 (Gasfeststoffbeladung) zusammengefasst dargestellt:

Parameter	Messdauer	Konzentration [Vol.-%]	
		Rohgas	Produktgas
O ₂	Halbstundenmittelwert	< NWG	0,4
CO	Halbstundenmittelwert	19,8	19,7
CO ₂	Halbstundenmittelwert	10,5	11,2
H ₂	Halbstundenmittelwert	20,4	19,1
CH ₄	Halbstundenmittelwert	2,6	2,5

Tabelle 10: Zusammensetzung des Roh- bzw. Produktgases der HVG-Anlage

Wie aus Tabelle 10 ersichtlich ist, sind die Abweichungen der Gaszusammensetzung vor bzw. nach der Gasaufbereitung marginal, während sich die im Holzgas enthaltene Feststoffkonzentration wesentlich ändert. So nimmt die ermittelte Feststoffkonzentration pro Betriebskubikmeter (Bm³) von ca. 900 mg im Rohgas auf ca. 80 mg im Produktgas ab.

	Probenahme- volumen [Bm ³ , f]	Feststoff- masse [mg]	Feststoffkonzentra- tion ¹⁰ [mg/Bm ³ , f]
Rohgas	0,14	919,3	6.613,7
Produktgas vor Produkt- gaswärmetauscher	0,14	13,9	100,0
Produktgas nach Produkt- gaswärmetauscher	0,14	11,2	80,6

Tabelle 11: Feststoffbeladung des Roh- bzw. Produktgases der HVG-Anlage

Emissionskonzentrationen im motorseitigen Abgas

Die HVG-Anlage befand sich während der durchgeführten Messungen im Nennlastbetrieb. Die nachfolgend aufgeführten Daten stellen – falls nicht anders gekennzeichnet – Halbstundenmittelwerte dar. Angegebene Normdaten beziehen sich auf den Normzustand bei 1013 hPa (mbar) sowie 273,15 K (0 °C) und wurden mit einem Bezugssauerstoffgehalt von 5 Vol.-% umgerechnet.

Die Messung der Emissionskonzentrationen im motorseitigen Abgas erfolgte an mehreren Messtagen¹¹ sowie im Rahmen diverser Messreihen. Die Abgasrandbedingungen werden nachfolgend exemplarisch für die Messreihe von 17:40 Uhr bis 18:10 Uhr am 06.05.2010 dargestellt:

Abgasrandbedingungen

Bestimmung der Abgasrandbedingungen					
Anlage:	HVG Sulzbach-Laufen		Datum:	06.05.2010	
Lastzustand:	Nennbetrieb		Messzeit:	17:40 – 18:10	
Luftdruck Messtelle	[hPa]	981	Abgasdichte		
statischer Druck	[hPa]	n.b.	im Normzustand trocken	[kg/Nm ³]	1,37
dynamischer Druck	[hPa]	5,4	im Normzustand feucht	[kg/Nm ³]	1,30
Abgasgeschw.	[m/s]	37,3	im Betriebszustand	[kg/m ³]	0,77

¹⁰ Summe aus Teer- und Partikelmassenkonzentration.

¹¹ Messtage: 22.10.09; 03.02.10; 15.03.10; 30.03.10; 06.05.10

Messquerschnitt	[m ²]	0,02	Abgasvolumenstrom		
Abgastemperatur	[°C]	172	im Normzustand trocken	[Nm ³ /h]	1.244
Abgasfeuchte	[%]	11,9	im Normzustand feucht	[Nm ³ /h]	1.412
Taupunkttemperatur	[°C]	48,9	im Betriebszustand	[Nm ³ /h]	2.376
Abgaszusammensetzung					
Sauerstoff (O ₂)	[Vol.-%]	6,6	Kohlenmonoxid	[Vol.-%]	0,0
Kohlendioxid (CO)	[Vol.-%]	14,2	Rest als Stickstoff (N ₂)	[Vol.-%]	79,2

Tabelle 12: Abgasrandbedingungen

Quelle: eigene Darstellung

Emissionskonzentrationen (5 Vol.-% O₂)

Die Emissionskonzentrationen der durchgeführten Messreihen sind in nachfolgender Abbildung 10 zusammengefasst dargestellt:

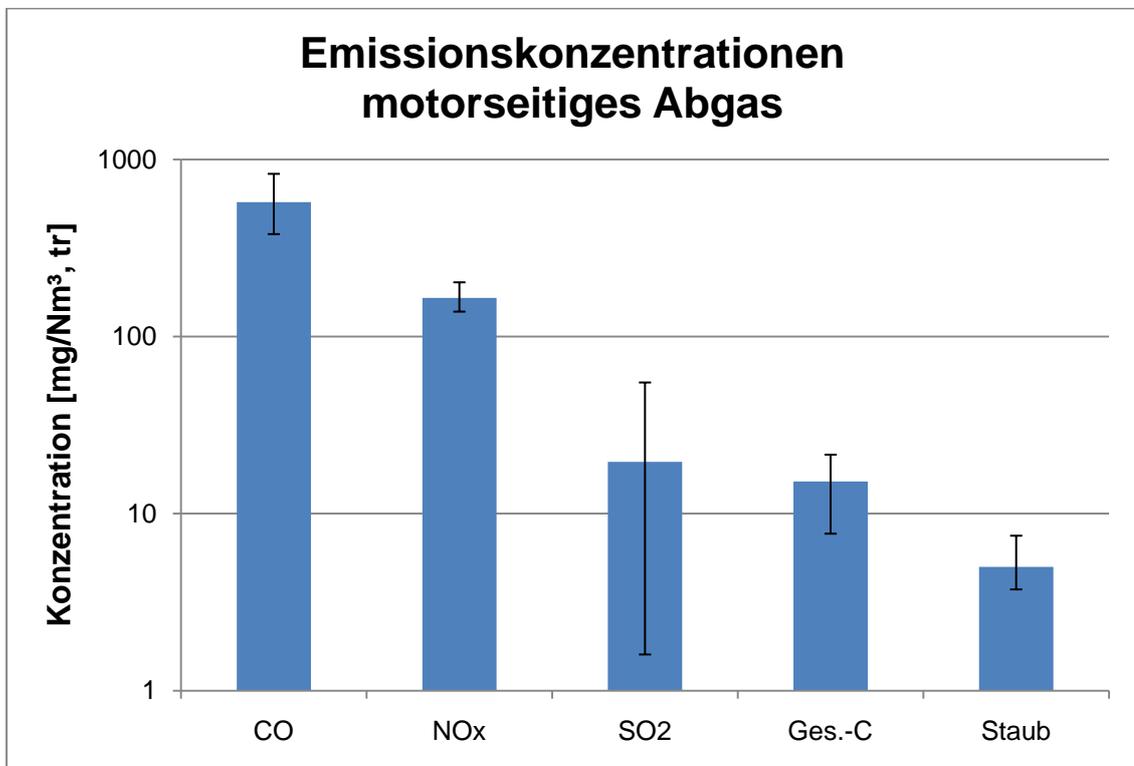


Abbildung 10: Emissionskonzentrationen motorseitiges Abgas

Wie aus den aufgeführten Messergebnissen ersichtlich ist, werden die unter Punkt 4.3.1 in Anlehnung an die TA Luft definierten Emissionsrichtwerte sicher eingehalten.

4.3.4 Reststoffanfall der HVG-Anlage

Die Reststoffe aus dem Motorbetrieb werden entsprechend den Vorgaben des KrW-/AbfG entsorgt. Ausgehend von ca. 6.300 Jahresbetriebsstunden beträgt der jährliche Motorölverbrauch etwa 500 kg. Öl- und Luftfilterwechsel erfolgen alle 800 bzw. 2000 Betriebsstunden, somit müssen etwa acht Ölfilter sowie drei Luftfilter pro Jahr entsorgt werden an. Der Wechsel der Nebenstromfilter erfolgt einmal jährlich.

4.4 Aussage zum Stand der Entwicklung der HVG-Anlage

Basierend auf den unter Kapitel 4.3 dieser Berichtsunterlagen aufgeführten Messwerten wird nachfolgend eine Aussage zum aktuellen Stand der Entwicklung der HVG-Anlage vorgenommen. Die Bewertung der HVG-Anlage erfolgt durch Gegenüberstellung und Diskussion des aktuellen Entwicklungsstands der Anlage mit dem Stand der Technik. Bezüglich des Stands der Technik werden typische Kennwerte für Festbett-Gegenstromvergaser, Festbett-Gleichstromvergaser und Wirbelschichtvergaser herangezogen. Die Darstellung erfolgt in Balkendiagrammen, die aufgeführten Werte stellen Literaturwerte (HOFBAUER 2005, S. 19 ff.) bzw. die im Rahmen des Anlagenmonitorings der HVG-Anlage ermittelten Werte dar.

Produktgaszusammensetzung

Es werden die wichtigsten Gaskomponenten (H_2 , CO , CO_2 und CH_4) diskutiert.

H_2

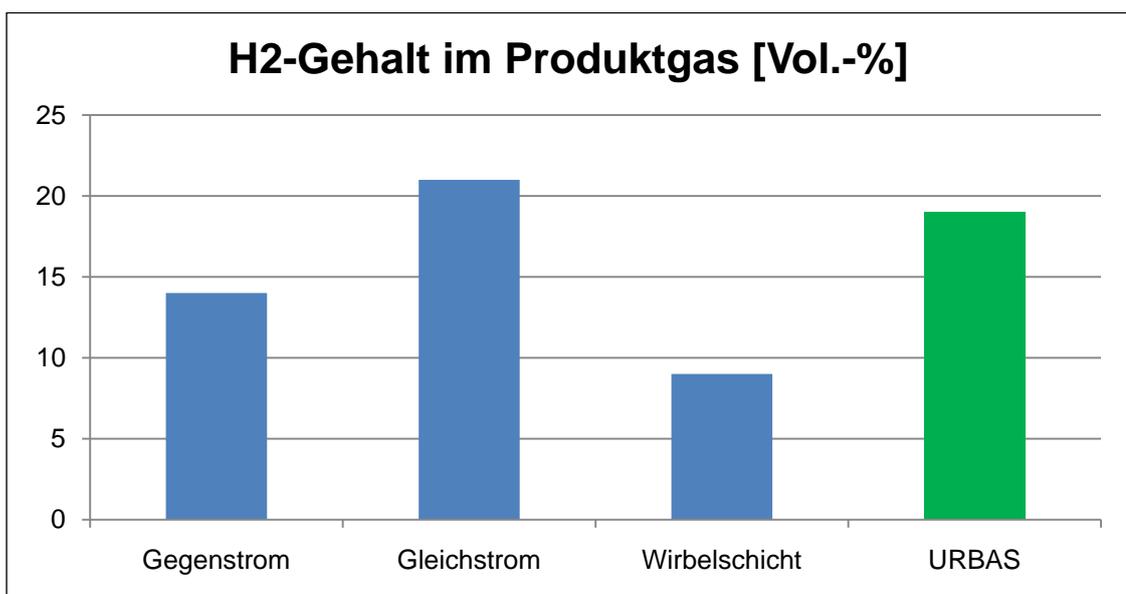


Abbildung 11: Vergleich der H_2 -Gehalte im Produktgas

CO

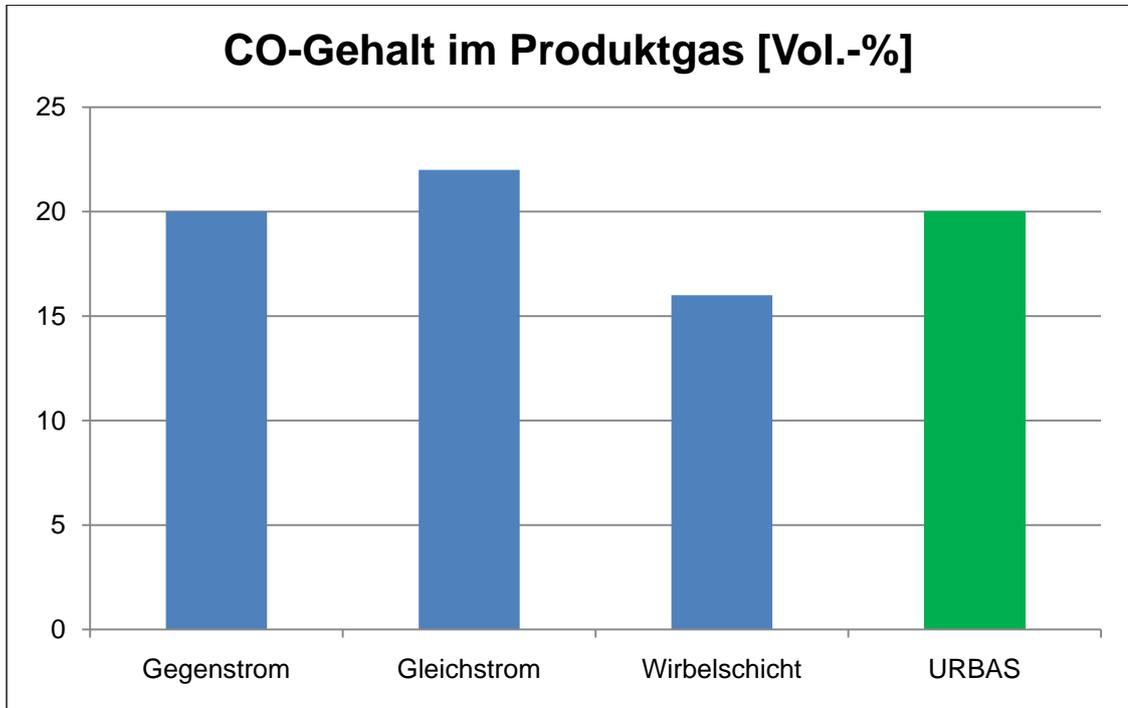


Abbildung 12: Vergleich der CO-Gehalte im Produktgas

CO₂

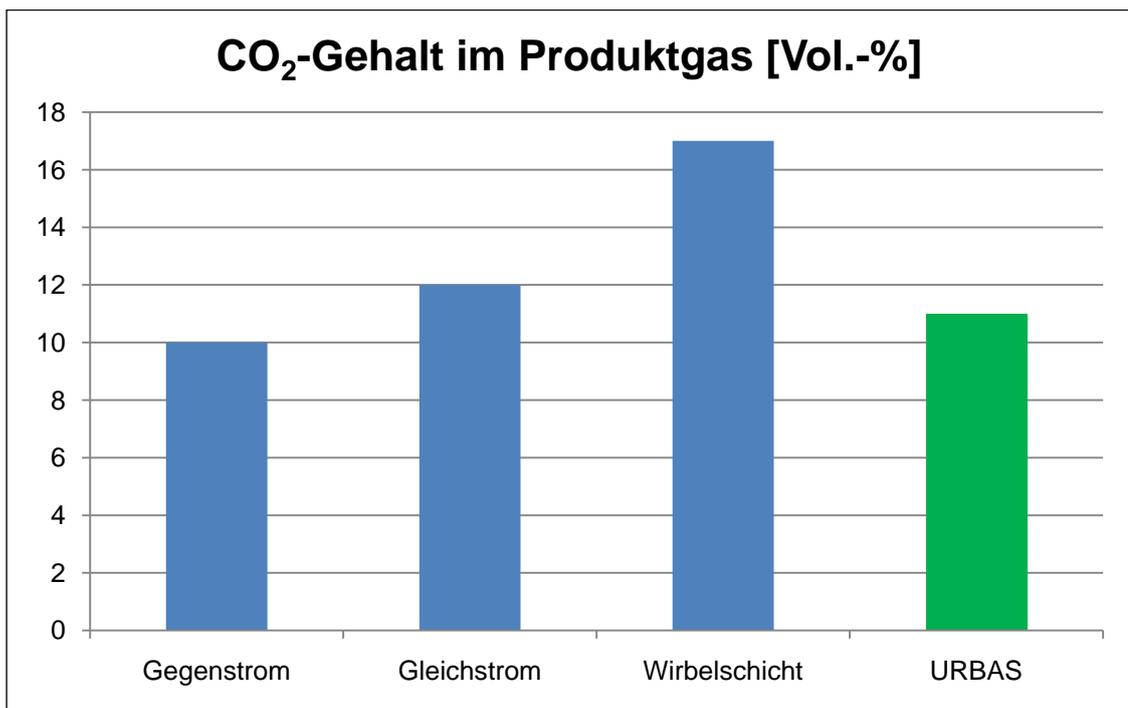


Abbildung 13: Vergleich der CO₂-Gehalte im Produktgas

CH₄

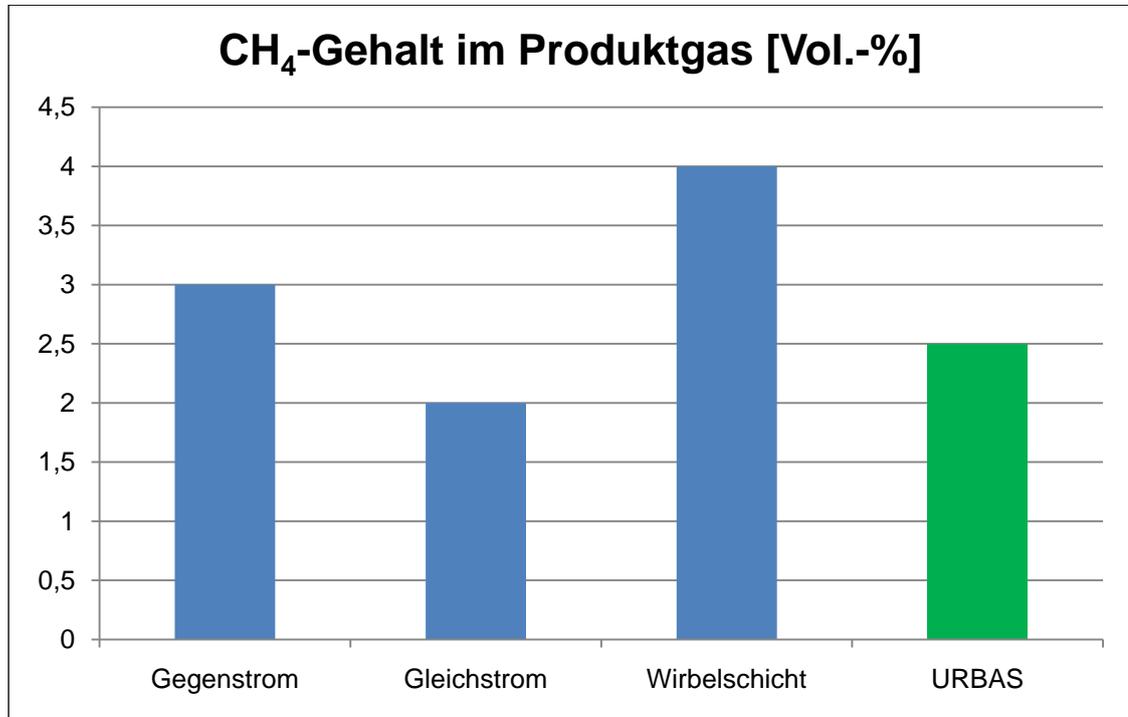


Abbildung 14: Vergleich der CH₄-Gehalte im Produktgas

Im Rahmen der Bewertung der Abbildungen 11 bis 14 ist zu berücksichtigen, dass die HVG-Anlage URBAS ein Festbett-Gleichstromvergaser ist. Auffällig ist insbesondere der geringe CO₂-Gehalt der HVG-Anlage URBAS im Vergleich zu den üblichen Werten. Dieser lässt sich durch die Rückführung des Precoatmittels in den Vergaser begründen, da aufgrund der chemischen Struktur des Precoatmittels CO₂ absorbiert wird (AER Prozess – Absorption Enhanced Reforming). H₂ sowie CO liegen leicht unterhalb der nach Literaturangaben für Gleichstromvergaser anzusetzenden Werte, CH₄ leicht oberhalb.

Insgesamt ist somit festzuhalten, dass die HVG-Anlage URBAS hinsichtlich der Produktgaszusammensetzung keine wesentlichen Abweichungen zum Stand der Technik aufweist.

Feststoffkonzentration des Rohgases

Die Feststoffkonzentration ist definiert als Summenparameter aus Partikelkonzentration sowie Teerkonzentration. Im Rahmen der vorliegenden Messungen war es aufgrund des anlagenbedingten hohen Unterdrucks nicht möglich, die beiden Einzelparameter messtechnisch getrennt zu erfassen.

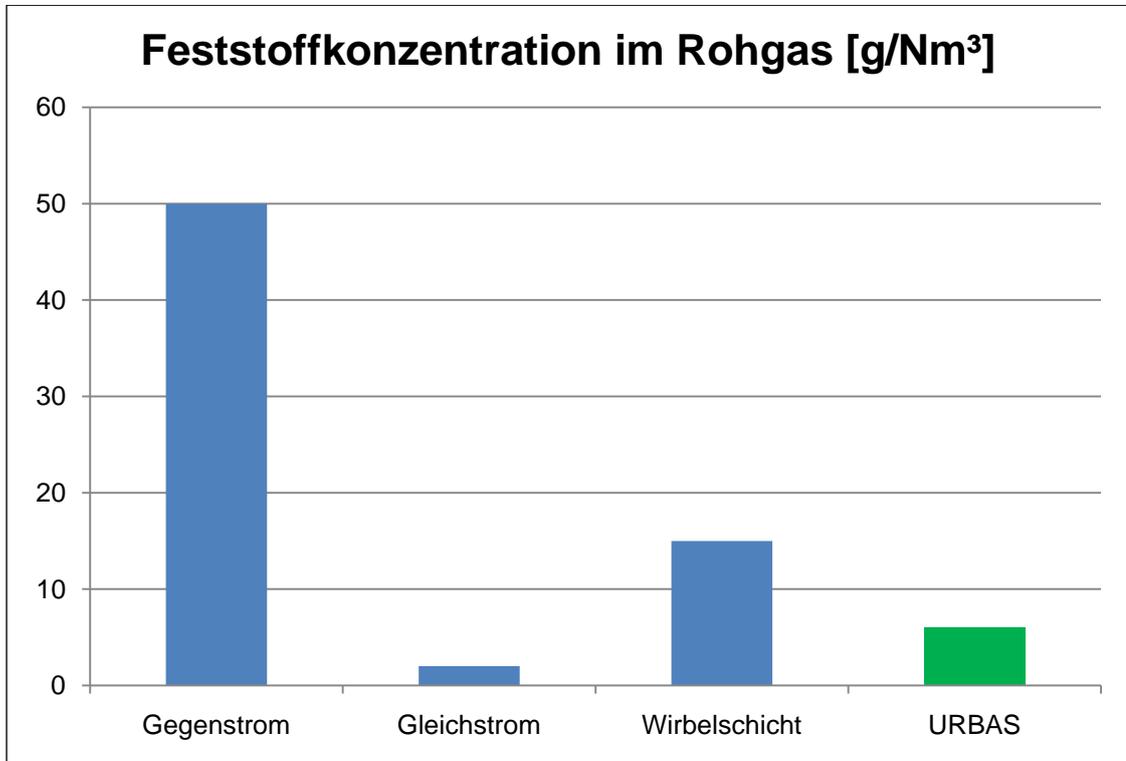


Abbildung 15: Vergleich der Feststoffkonzentration im Rohgas

Im Rahmen der durchgeführten Messungen zeigt sich, dass die HVG-Anlage der Firma URBAS leicht erhöhte Feststoffkonzentrationen im Vergleich zu den sonst üblichen Werten für Festbett-Gleichstromvergaser aufweist.

Heizwert des Produktgases

Auf Basis der in Tabelle 10 dargestellten Produktgaszusammensetzung lässt sich ein Heizwert von ca. 5,5 MJ/Nm³ berechnen. Aufgrund der vergleichsweise niedrigen Stickstoffgehalte im Produktgas (35 – 40 Vol.-%¹²) liegt der Heizwert des Produktgases leicht erhöht im Vergleich zu sonst üblichen Werten für Gleichstromvergaser:

¹² Literaturwert URBAS

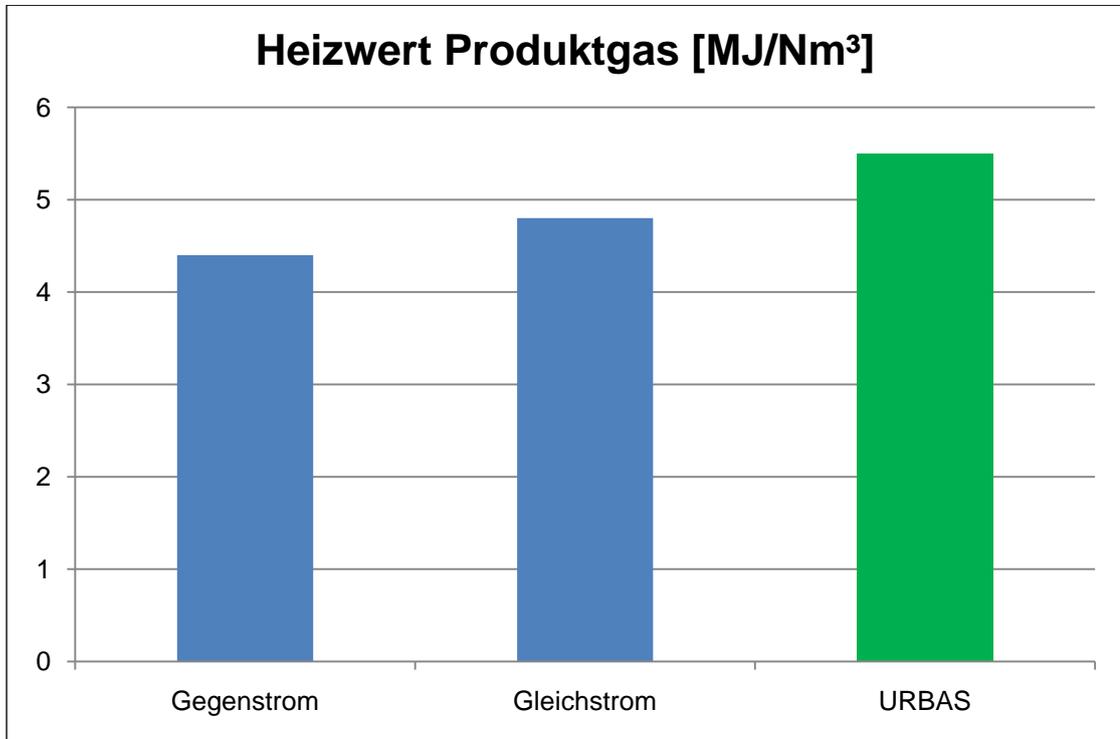


Abbildung 16: Vergleich der Heizwerte des Produktgases

Austrittstemperatur aus dem Vergaser

Die Temperatur am Austritt des Vergasungsreaktors ist ein Maß für den thermischen Wirkungsgrad. Bei der HVG-Anlage URBAS betragen die Temperaturen am Austritt des Vergasungsreaktors von ca. 450 °C, was für einen Gleichstromvergaser eine sehr niedrige Temperatur darstellt. Die Begründung hierfür liegt in der Holzgasführung. Das Gas wird nach Austritt aus dem Rost über einen Ringraum außerhalb des Festbetts von unten nach oben geführt. Hier findet die Kühlung des Holzgases bei gleichzeitiger Aufwärmung der Schüttung statt. Da der Reaktor nicht schamottiert ist, läuft dieser Wärmetausch bevorzugt ab.

Kaltgaswirkungsgrad

Der Kaltgaswirkungsgrad beschreibt den Anteil der Energie, der von Biomasse in das Produktgas transferiert werden kann. Typische Werte guter Vergasungsreaktoren liegen im Bereich um 70 %. Unter Zugrundelegung einer Gasausbeute von 2,1 Nm³/h und kg zugeführtem Holz¹³ errechnet sich für den URBAS-Vergaser ein Kaltgaswirkungsgrad von 69 %.

¹³ Literaturwert URBAS

Stromkennzahl

Die Stromkennzahl beschreibt das Verhältnis der mittels BHKW elektrisch erzeugter Energie zum Nutzwärmestrom. Typische Stromkennzahlen liegen im Bereich um 0,3 bis 0,5. Bezogen auf den im Zuge des Monitoringkonzepts begleiteten Betriebszeitraum der HVG-Anlage (4190,5 Betriebsstunden, 523.181 kWh erzeugte el. Energie, 1.143.034 kWh Nutzwärme – Stand: 27.05.2010) ergibt sich ein für den URBAS-Vergaser eine Stromkennzahl von 0,5.

Brennstoffnutzungsgrad

Der Brennstoffnutzungsgrad beschreibt das Verhältnis aus der Summe von nutzbarer elektrisch erzeugter Energie und Nutzwärmestrom zur mittels Brennstoff zugeführten Energie. Für den URBAS-Vergaser ergibt sich ein Brennstoffnutzungsgrad von 0,7.

Emissionen (motorseitiges Abgas)

Im Gegensatz zu vergleichbaren Anlagen weist die HVG-Anlage URBAS niedrige Emissionskonzentrationen insbesondere an Kohlenstoffmonoxid und Stickstoffoxiden auf. Dies lässt sich im Wesentlichen auf ein optimiertes Steuerungsmanagement des BHKW zurückführen, welches speziell durch URBAS und den BHKW-Hersteller entwickelt wurde.

Unbeaufsichtigter Betrieb der HVG-Anlage

Auf Basis des momentanen Stands der Entwicklung der HVG-Anlage ist ein unbeaufsichtigter vollautomatischer Anlagenbetrieb von im Mittel ca. 70 – 75 h mit einer mittleren Generatorleistung von ca. 123 kW erreicht worden (Vgl. Anhang 12). Die maximal erreichbare Dauer eines vollautomatischen Anlagenbetriebs ist stark vom Verschmutzungsgrad der HVG-Anlage abhängig (empfindliche Füllstandssensorik im Reaktor).

5.0 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

5.1 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erstes Betriebsjahr

Zur wirtschaftlichen Betrachtung der HVG-Anlage im ersten Betriebsjahr werden Werte der Betriebsaufzeichnung und des Rechnungswesens der Firma Wahl sowie Daten des Betriebstagebuches herangezogen. Auf Basis der bis dato erreichten 4.190,5 Betriebsstunden (Stand: 27.05.2010) wird im ersten Betriebsjahr von 6.300 Bh ausgegangen. Die Bewertung findet in Anlehnung an die VDI 2067 statt.

Die kapitalgebundenen Kosten der HVG-Anlage sind für das 1. Betriebsjahr in Tabelle 13 dargestellt:

Kapitalgebundene Kosten	Einheit	Investitionsbetrag
Investitionskosten ¹⁴	[€]	630.000
Nutzungsdauer	[a]	20
Summe der kapitalgebundenen Kosten	[€/a]	31.500

Tabelle 13: kapitalgebundene Kosten der HVG-Anlage für das 1. Betriebsjahr

Die verbrauchsgebundenen Kosten der HVG-Anlage für das 1. Betriebsjahr sind in Tabelle 14 dargestellt:

Verbrauchsgebundene Kosten	Einheit	HVG-Anlage
Nutzwärme ¹⁵	[kWh/a]	1.890.000
Brennstoffkosten ¹⁶	[€/kg]	0,019
Heizwert Brennstoff ¹⁷	[kWh/kg]	4,6
Wärmebereitstellungskosten	[€/a]	16.610
Strombedarf ¹⁸	[kWh/a]	116.300
Strombezugspreis (Ø Strom-Mix BW)	[€/kWh]	0,17
Strombezugskosten	[€/a]	19.771
Summe der verbrauchsgebundenen Kosten	[€/a]	36.381

Tabelle 14: verbrauchsgebundene Kosten der HVG-Anlage für das 1. Betriebsjahr

Die betriebsgebundenen Kosten der HVG-Anlage für das 1. Betriebsjahr sind in Tabelle 15 dargestellt:

Betriebsgebundene Kosten	Einheit	HVG-Anlage
Wartung und Reparaturen ¹⁹	[€/a]	20.150

¹⁴ Investitionsausgaben für die gesamte Anlage (Gebäude, Bunker, HVG-Anlage, etc.) wurden zu 49% mit Fördermitteln bezuschusst.

¹⁵ Berechnet auf 6.300 Bh und einer mittleren Wärmeleistung von 300 kWh

¹⁶ Bei einem internen Brennstoffpreis von 7,70 €/Srm³

¹⁷ Vgl. Punkt 4.3.3 dieser Berichtsunterlagen

¹⁸ Strombedarf laut separatem Stromzähler für die HVG-Anlage; auf 6.300 Bh/a bezogen

Personalaufwand ²⁰	[€/a]	33.600
Sonstiges	[€/a]	2.500
Summe der betriebsgebundenen Kosten	[€/a]	56.250

Tabelle 15: betriebsgebundene Kosten der HVG-Anlage für das 1. Betriebsjahr

Auf Basis der in Tabelle 14 bis 15 aufgeführten Kosten lassen sich jährliche Gesamtkosten zum Betrieb der HVG-Anlage von insgesamt 92.631 € berechnen. Den Betriebskosten gegenüber stehen die nachfolgend aufgeführten Erlöse und Gutschriften.

Erlöse und Gutschriften	Einheit	HVG-Anlage
Eingespeiste el. Energie ²¹	[kWh/a]	806.000
Einspeisevergütung ²²	[€-Cent/kWh]	16,67
Erlös aus Stromeinspeisung	[€/a]	134.360

Tabelle 16: Erlöse und Gutschriften aus dem Betrieb der HVG-Anlage für das 1. Betriebsjahr (el. Energie)

Die Firma Wahl speist die mittels der HVG-Anlage produzierte Nutzwärme in die bestehenden Trockenkammern zur Deckung des Prozesswärmebedarfs ein. Wäre die HVG-Anlage nicht errichtet worden, hätte die Firma Wahl die zur Deckung des Wärmebedarfs notwendige thermische Energie anderweitig bereitstellen müssen (z.B. Zukauf von Fernwärme). Aus diesem Grund wird in nachfolgender Tabelle 17 die mittels der HVG-Anlage erzeugte Nutzwärme mittels fiktiver Kosten monetär bewertet und die hieraus resultierenden Kosten den Erlösen gutgeschrieben.

Erlöse und Gutschriften	Einheit	HVG-Anlage
Eingespeiste Nutzwärme ²³	[kWh/a]	1.890.000
Wärmegestehungskosten ²⁴	[€-Cent/kWh]	2,50
Erlös aus Wärmebereitstellung	[€/a]	47.250

¹⁹ Pauschal errechnet, bei 2,5 €Cent pro eingespeister kWh_{el} (Literaturdaten URBAS)

²⁰ Laut Betriebsabrechnung der Firma Wahl

²¹ Eingespeiste el. Energie bei 6.300 Bh und einer mittleren Generatorleistung von 126 kW

²² Grundvergütung 11,67 €Cent + Technologie-Bonus 2 €Cent + KWK-Bonus 3 €Cent

²³ Eingespeiste Nutzwärme 6.300 Bh und einer mittleren thermischen Leistung von 300 kW

²⁴ Laut Betriebsabrechnung der Firma Wahl, intern angesetzter Preis für Prozesswärme Trockenkammern

Tabelle 17: Erlöse und Gutschriften aus dem Betrieb der HVG-Anlage für das 1. Betriebsjahr (Nutzwärme)

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass für das erste Betriebsjahr (Basis: 6.300 Bh) durch den Betrieb der HVG-Anlage Gesamterlöse und Gutschriften in Höhe von 88.980 € zu erwarten sind.

Basierend auf den in Tabelle 10 genannten Investitionskosten von 630.000 € lässt sich – auf Basis der erhobenen Daten für das 1. Betriebsjahr und ohne Berücksichtigung der erhaltenen Investitionszuschüsse – ein Amortisationszeitraum von ca. 7 Jahren berechnen. Unter Berücksichtigung der Investitionszuschüsse sinkt der Amortisationszeitraum auf ca. 3,5 bis 4 Jahre.

5.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Szenario 1 (7.000 Bh pro Jahr)

Die bis dato erreichten Betriebsstunden im Betriebsnennlastbereich des 1. Betriebsjahrs (Vgl. Punkt 5.1 dieser Berichtsunterlagen) erlauben eine Hochrechnung auf 7.000 Betriebsstunden pro Jahr. Diese 7.000 Bh/a werden daher als Grundlage für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung herangezogen. Die Bewertung findet analog Punkt 5.1 in Anlehnung an die VDI 2067 statt.

Die kapitalgebundenen Kosten der HVG-Anlage sind Tabelle 13 zu entnehmen (keine Änderung). Die verbrauchsgebundenen Kosten sind in nachfolgender Tabelle 18 zusammengefasst dargestellt:

Verbrauchsgebundene Kosten	Einheit	HVG-Anlage
Nutzwärme	[kWh/a]	2.100.000
Brennstoffkosten ²⁵	[€/kg]	0,025
Heizwert Brennstoff	[kWh/kg]	4,6
Wärmebereitstellungskosten	[€/a]	24.283
Strombedarf ²⁶	[kWh/a]	129.251
Strombezugspreis (Ø Strom-Mix BW) ²⁷	[€/kWh]	0,31
Strombezugskosten	[€/a]	40.068
Summe der verbrauchsgebundenen Kosten	[€/a]	64.351

²⁵ Bei einem internen Brennstoffpreis von 7,70 €/Srm³ und einer jährl. Preissteigerung von 4 %

²⁶ Strombedarf laut separatem Stromzähler, auf 7.000 Bh/a bezogen

²⁷ Durchschnittlicher Strombezugspreis mit einer Preissteigerung von 6 % jährlich

Tabelle 18: verbrauchsgebundene Kosten der HVG-Anlage – Szenario 1 (7.000 Bh/a)

Die betriebsgebundenen Kosten der HVG-Anlage sind in Tabelle 19 dargestellt:

Betriebsgebundene Kosten	Einheit	HVG-Anlage
Wartung und Reparaturen	[€/a]	21.700
Personalaufwand ²⁸	[€/a]	22.800
Sonstiges ²⁹	[€/a]	3.000
Summe der betriebsgebundenen Kosten	[€/a]	47.500

Tabelle 19: betriebsgebundene Kosten der HVG-Anlage – Szenario 1 (7.000 Bh/a)

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass sich die Gesamtkosten zum Betrieb der HVG-Anlage für das Szenario 1 (7.000 Bh/a) auf 111.851 € belaufen. Demgegenüber stehen die nachfolgend aufgeführten Gutschriften und Erlöse (Vorgehen analog Punkt 5.1).

Erlöse und Gutschriften	Einheit	HVG-Anlage
Eingespeiste el. Leistung	[kWh/a]	868.000
Einspeisevergütung pro kWh ³⁰	[€/Cent/kWh]	16,67
Erlös aus Stromeinspeisung	[€/a]	144.696
Eingespeiste Nutzwärme ³¹	[kWh/a]	2.100.000
Wärmegestehungskosten ³²	[€/Cent/kWh]	3,80
Erlös aus Wärmebereitstellung	[€/a]	79.800
Summe Gutschriften und Erlöse	[€/a]	224.496

Tabelle 20: Erlöse und Gutschriften aus dem Betrieb der HVG-Anlage für das 1. Betriebsjahr (el. Energie und Nutzwärme)

²⁸ Bei durchschnittlich 1.900 € pro Monat, auf ein Jahr projiziert bei 7.000 Bh/a

²⁹ z.B. Betriebshandbuch HVG etc. (Pauschalwert aus nicht zuordenbare Kosten)

³⁰ Grundvergütung 11,67 €/Cent + Technologie-Bonus 2 €/Cent + KWK-Bonus 3 €/Cent

³¹ Eingespeiste thermische Leistung im Jahr bei 7000 Bh/a und einer thermischen Leistung von 300 kWh

³² Laut Betriebsabrechnung der Firma Wahl, intern angesetzter Preis für Prozesswärme Trockenkammern, Preissteigerung von 4 % jährlich.

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Szenario 1 durch den Betrieb der HVG-Anlage Gesamterlöse und Gutschriften in Höhe von 112.645 €/a zu erwarten sind.

5.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Szenario 2 (alternative Systeme)

Im nachfolgenden Kapitel 5.3 soll eine Bewertung der Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu alternativen Systemen der Prozesswärmebereitstellung diskutiert werden. Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung sind die folgenden Szenarien zu bewerten:

- Prozesswärmebereitstellung mit einem Wärmeerzeuger auf Basis Heizöl EL
- Prozesswärmebereitstellung mit einem Hackschnitzelheizwerk
- Prozesswärmebereitstellung (KWK) mit der HVG-Anlage

Die Bewertung der vorgenannten Szenarien findet analog der Punkte 5.1 bzw. 5.2 in Anlehnung an die VDI 2067 statt.

Kapitalgeb. Kosten	Einheit	HVG-Anlage	Ölbrenner	Hackschnitzel
Investitionsbetrag	[€]	630.000	150.000	250.000
Nutzungsdauer	[a]	20	20	20
Summe der kapitalgeb. Kosten	[€/a]	31.500	7.500	12.500

Tabelle 21: kapitalgebundene Kosten – Szenario 2 (alternative Systeme)

Die verbrauchsgebundenen Kosten sind in nachfolgender Tabelle 19 zusammengefasst dargestellt:

Verbrauchsgeb. Kosten	Einheit	HVG-Anlage	Ölbrenner	Hackschnitzel
Nutzwärme	[kWh/a]	2.100.000	2.100.000	2.100.000
Brennstoffkosten	[€/kg bzw. €/l bzw. €/Srm³]	0,025	0,60	10,90
Heizwert Brennstoff	[kWh/kg, kWh /l, kWh]	4,6	10,0	800

	/Srm ³]			
Wärmebereitstellungskosten	[€/a]	24.283	126.000	33.662
Strombedarf	[kWh/a]	129.251	2.500	4.200
Strombezugspreis (Ø Strommix BW)	[€/kWh]	0,31	0,31	0,31
Strombezugskosten	[€/a]	40.068	775	1.302
Summe der verbrauchsgebundenen Kosten	[€/a]	64.351	126.775	34.964

Tabelle 22: verbrauchsgebundene Kosten – Szenario 2 (alternative Systeme)

Die betriebsgebundenen Kosten sind in Tabelle 23 dargestellt:

Betriebsgeb. Kosten	Einheit	HVG-Anlage	Ölbrenner	Hackschnitzel
Wartung und Reparaturen	[€/a]	21.700	12.000	20.000
Personalaufwand	[€/a]	22.800	2.000	4.500
Sonstiges	[€/a]	3.000	3.000	3.000
Summe der betriebsgebundenen Kosten	[€/a]	47.500	17.000	27.500

Tabelle 23: betriebsgebundene Kosten – Szenario 2 (alternative Systeme)

Eine Zusammenfassung der zum Betrieb der einzelnen Anlagen notwendigen Gesamtkosten ist aus Tabelle 24 ersichtlich:

Gesamtkosten	Einheit	HVG-Anlage	Ölbrenner	Hackschnitzel
Gesamtkosten pro Jahr	[€/a]	111.851	143.775	62.464

Tabelle 24: Gesamtkosten zum Betrieb der einzelnen Anlagen – Szenario 2 (alternative Systeme)

Wie aus Tabelle 24 ersichtlich ist, sind die auf festen Biomassebrennstoffen basierenden Systeme aufgrund des hohen Wärmebedarfs deutlich kostengünstiger zu be-

treiben als der Ölbrenner. In Tabelle 25 sind die Erlöse und Gutschriften aus dem Anlagenbetrieb der einzelnen Anlagen zusammengefasst³³.

Erlöse und Gutschriften	Einheit	HVG-Anlage	Ölbrenner	Hackschnitzel
Eingespeiste el. Leistung	[kWh/a]	868.000	0	0
Einspeisevergütung pro kWh	[€- Cent/kWh]	16,67	0	0
Erlös aus Stromeinspeisung	[€/a]	144.696	0	0

Tabelle 25: Gutschriften und Erlöse aus dem Betrieb der einzelnen Anlagen – Szenario 2 (alternative Systeme)

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass die Errichtung und der Betrieb der HVG-Anlage wesentliche wirtschaftliche Vorteile gegenüber den beiden anderen betrachteten Anlagenvarianten aufweist. Resultierend aus den durchgeführten Berechnungen lassen sich für den Betrieb des Ölbrenners jährliche Gesamtkosten in Höhe von 143.775 € ableiten, für das Hackschnitzelheizwerk sind Kosten von 62.464 € pro Jahr anzusetzen. Der Betrieb der HVG-Anlage bringt jährliche Erlöse in Höhe von 32.845 €.

In Zusammenhang mit der durchgeführten Betrachtung soll an dieser Stelle noch einmal explizit darauf hingewiesen werden, dass die Betrachtung unter Berücksichtigung der bei der Firma Wahl zu beachtenden Randbedingungen durchgeführt wurde und somit nicht beliebig auf andere Fälle übertragbar ist. Als wesentliche Randbedingungen sind hier insbesondere die kontinuierliche und ganzjährig verfügbare Wärmeabnahme der Trockenkammern sowie der als Koppelprodukt des laufenden Sägebetriebs anfallende und bereits optimal vorkonditionierte Brennstoff für die HVG-Anlage zu nennen. Weiter Faktoren stellen das Personal zur Bedienung und Wartung der HVG-Anlage dar, welches zeitgleich (in der Hauptsache) im Sägebetrieb arbeitet sowie die räumlichen Verhältnisse (Platzbedarf, kurze Transportwege Edukte/Produkte).

6.0 Auswirkungen auf das Unternehmen WAHL

Die von der Holzgas-KWK-Anlage erzeugte Nutzwärme (1. Betriebsjahr bei 4190,5 Betriebsstunden 1.143.034 kWh erzeugte Nutzwärme – Stand: 27.05.2010) wird in das Prozesswärmenetz der Trocknungsanlagen eingespeist. Aufgrund des kontinuier-

³³ Eine monetäre Bewertung der erzeugten Nutzwärme – wie unter Kapitel 5.1 und 5.2 vorgenommen – entfällt an dieser Stelle, da die einzelnen Systeme unter Voraussetzung eines externen Wärmebezugs äquivalent zu bewerten sind.

lich hohen Wärmebedarfs der Trocknungsanlagen ist eine optimale Auslastung der HVG-Anlage möglich, was eine kontinuierlich hohe Einspeiseleistung des Generators begünstigt.

Die als Brennstoff eingesetzten Kapphölzer liegen bereits in zerkleinerter und getrockneter Form vor, d. h. eine Konditionierung des Brennstoffs ist nicht erforderlich. Auch reichen die Koppelprodukte aus dem Sägebetrieb für den Betrieb der HVG-Anlage aus, sodass kein weiterer Brennstoff herangefahren werden muss. Ein Abtransport der Koppelprodukte entfällt durch die energetische Nutzung im Betrieb selbst.

Neben den ökologischen Vorteilen bieten sich für die Firma Wahl auch ökonomische Vorteile durch den Einsatz der HVG-Anlage. Wie aus Kapitel 5.0 ersichtlich ist, sind unter Zugrundelegung der Daten des Szenarios 1 durch den Betrieb der HVG-Anlage Gesamterlöse und Gutschriften in Höhe von 112.645 €/a zu erwarten.

Nachteilig zu erwähnen ist der derzeit noch hohe Personalaufwand (Bereitschaftsdienst), der nur durch „Pioniergeist“ ohne Mehrkosten zu bewältigen ist.

7.0 Marktrelevanz und Übertragbarkeit auf andere Betriebe

Die Übertragbarkeit auf andere Betriebe hängt i.W. vom lokalen Brennstoffversorgungskonzept (Konditionierung des Brennstoffs, Verfügbarkeit sowie Transportwege) sowie der lokal verfügbaren Wärmeabnahme ab. Es gelten weiterhin die bereits unter Punkt 5.3 dieser Berichtsunterlagen genannten Rahmenbedingungen, die eine unmittelbare Übertragbarkeit der Ergebnisse des vorliegenden Projekts auf andere Anwendungsfälle einschränken. Eine sinnvolle Anlagenkonzeption stellt daher immer auch eine Einzelfallbetrachtung unter Berücksichtigung der lokalen Rahmenbedingungen dar.

8.0 Optimierungspotentiale

Die Festlegung der Optimierungspotentiale zur Verbesserung des Anlagenbetriebs sowie der Anlagenverfügbarkeit erfolgen auf Basis der Analyse des durch die Mitarbeiter der Firma Wahl geführten Betriebstagebuchs. In dieses Betriebstagebuch werden Unregelmäßigkeiten im ordnungsgemäßen Betrieb der HVG-Anlage unter Nennung des Zeitraums sowie einer Beschreibung der Unregelmäßigkeit festgehalten. Die Analyse des Betriebstagebuchs erfolgt für das 1. Betriebsjahr der HVG-Anlage mit einer Basis von 5.280 maximal möglichen Betriebsstunden.

Zur Auswertung der Analyse werden die folgenden Begriffe eingeführt sowie definiert:

- Betriebssicherheit
- Versorgungssicherheit
- Jahresverfügbarkeit

Definition Betriebs- und Versorgungssicherheit

Definition der Betriebs- und Versorgungsfähigkeit unter Berücksichtigung der nachfolgend genannten Stichpunkte:

- Störungsfreier und anwendungssicherer Betrieb der Anlage (die gewünschte Menge an Energie mit der erforderlichen Qualität muss zu jeder Zeit verfügbar sein)
- Während der Betriebsdauer muss eine störungsfreie Funktion gewährleistet sein
- Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch darf keine Gefahr für den Anwender von der Anlage ausgehen

Definition Jahresverfügbarkeit

Die Jahresverfügbarkeit ist definiert als Differenz aus Gesamtzeit und Ausfallzeit bezogen auf Gesamtzeit.

Die Bewertung der Betriebs- und Versorgungssicherheit erfolgt auf Basis der Häufigkeit sowie der Dauer von Betriebsunterbrechungen. Hierzu werden die folgenden Begriffe definiert:

- Störzeit
zeitliche Unterbrechung des Anlagenbetriebs aufgrund einer Störung des ordnungsgemäßen Betriebs (Dauer ≤ 12 h)
- Anlagenausfall
zeitliche Unterbrechung des Anlagenbetriebs als Folge einer Störzeit oder aufgrund von Wartezeiten (z.B. Anlagenstörung während Feiertagen – Dauer > 12 h)

Die Ergebnisse der Analyse des Betriebstagebuches sind zusammengefasst in Abbildung 17 dargestellt:

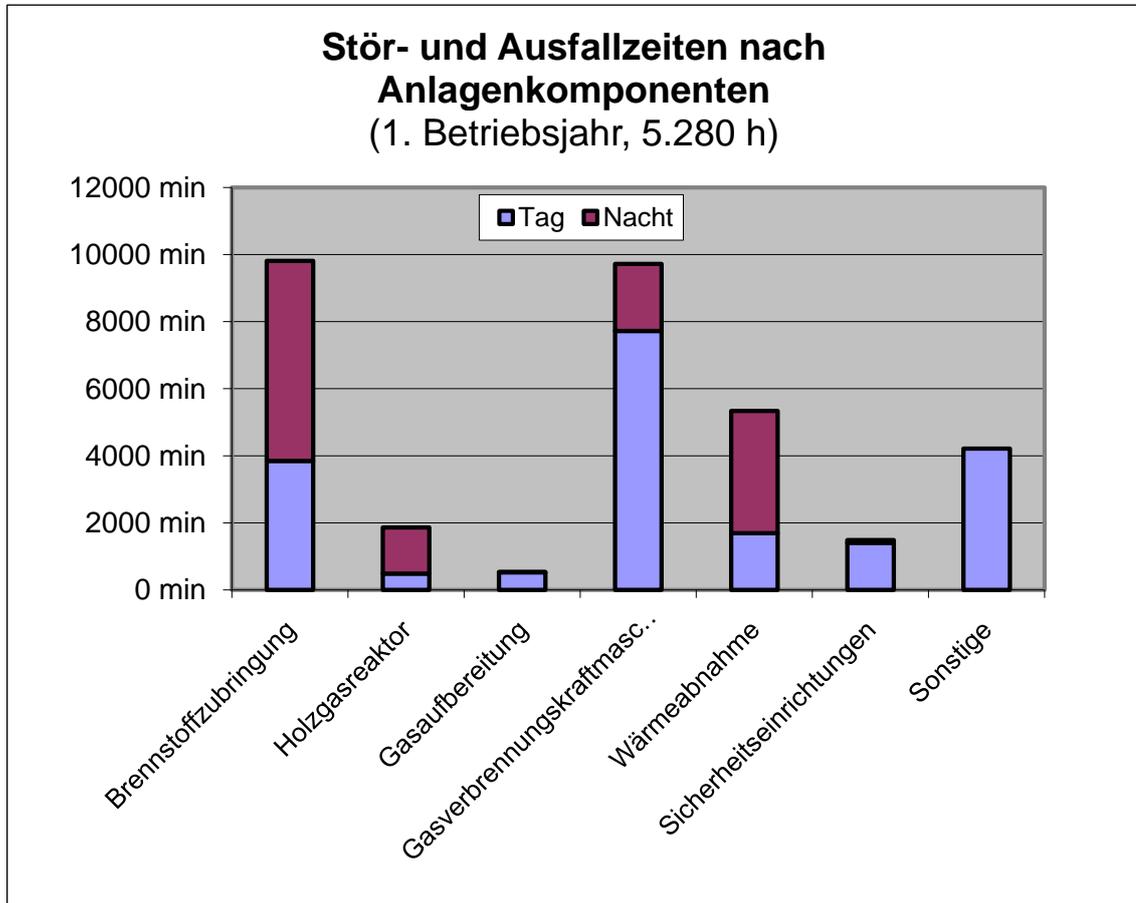


Abbildung 17: Ergebnisse der Analyse des Betriebstagebuches der HVG-Anlage

Wie aus Abbildung 17 ersichtlich ist, waren insbesondere die Brennstoffzubringung, und die Gasverbrennungskraftmaschine für einen wesentlichen Teil der Stör- und Ausfallzeiten verantwortlich. Die im Bereich dieser Anlagenkomponenten aufgetretenen Störungen werden nachfolgend kurz nähergehend betrachtet.

Brennstoffzubringung:

Im Bereich der Brennstoffzuführung verursachte insbesondere das Schiebersystem zur Brennstoffaufgabe einen Großteil der entstandenen Stör- und Ausfallzeiten. Grund hierfür war, dass aufgrund vorhergehender Stillstände eine Verteerung der Schieber aufgetreten war, welche ein sauberes Öffnen und Schließen des Schiebersystems behinderte. Resultierend hieraus wurde ein Teil der Führung der Schiebersysteme beschädigt, was zu einer weiteren Beeinträchtigung des Betriebs führte. Das Schiebersystem wurde nach Erkennen des Problems durch URBAS optimiert und ausgetauscht. Weitere Störungen traten innerhalb des begutachteten Zeitraums bis 27.05.2010 nicht auf.

Gasverbrennungskraftmaschine

Im Bereich des BHKW sind die aufgetretenen Stör- und Ausfallzeiten insbesondere auf einen erzwungenen Anlagenstopp aufgrund mangelnder Wärmeabführung des Motorölkreislaufes entstanden. Ist der Wärmebedarf der Trockenkammern gedeckt, so wird die überschüssige Wärme über das Notkühlsystem der Hackschnitzelfeuerungsanlage gefahren. Zu Beginn des Betriebs der HVG-Anlage gab es Abstimmungsschwierigkeiten im gemeinsamen Betrieb der HVG-Anlage und der bestehenden Hackschnitzelfeuerung (beide Anlagen produzierten einen Wärmeüberschuss, die Trockenkammern waren nur teilweise ausgelastet, der Notkühler für den anfallenden Wärmeüberschuss unterdimensioniert). Seit die Konkurrenzsituation der beiden Anlagen erkannt ist, wird die Hackschnitzelfeuerungsanlage bedarfsorientiert eingesetzt, während die HVG-Anlage die Wärmegrundlast der Trockenkammern deckt. Dieser Fall tritt ausschließlich bei ungenügender Auslastung der Trockenkammerkapazitäten auf.

Wie aus Abbildung 17 weiterhin ersichtlich ist, ergaben sich in Summe Störzeiten (≤ 12 h) von ca. 550 h. Davon ca. 331 h am Tag und ca. 217 h im Nachtzeitraum. Die Anlagenausfallszeiten (≥ 12 h) belaufen sich auf in Summe ca. 704 h. Für Wartung, Reparatur und Serviceleistungen stand die HVG-Anlage insgesamt ca. 254 h still. Die Anlagenverfügbarkeit der HVG-Ablage ist in nachfolgender Abbildung 18 dargestellt:

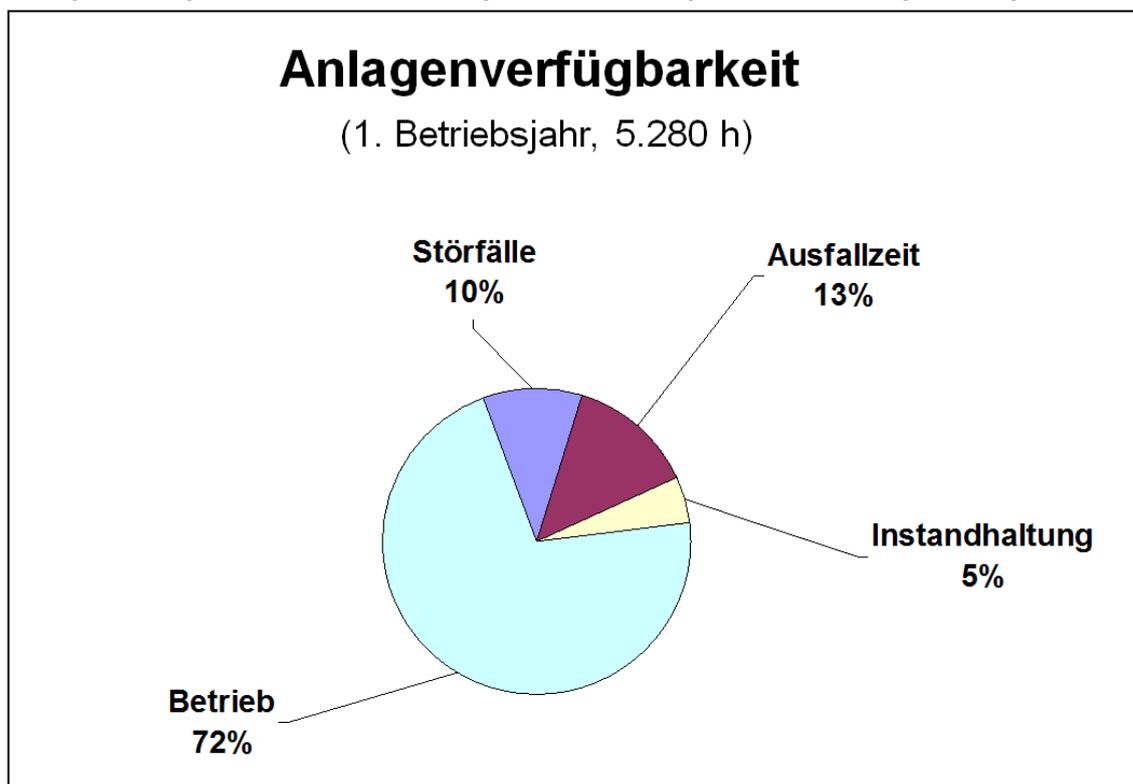


Abbildung 18: Anlagenverfügbarkeit der HVG-Anlage

Die gesamten Anlagenstillstandszeiten (Summe aus Störfallzeiten und Ausfallzeiten) bezogen auf dem betrachteten Zeitraum im 1. Betriebsjahr vom 26.09.2009 bis zum 06.05.2010 beläuft sich auf ca. 1.507 h bei einer möglichen maximal erreichbaren Gesamtbetriebsdauer von 5.280 h. Hieraus resultierend lässt sich für den betrachteten Betriebszeitraum eine Anlagenverfügbarkeit von 72 % errechnen. Die erreichten und der Kalkulation zugrundeliegenden Betriebsstunden erlauben eine Skalierung auf eine Jahresverfügbarkeit von mindestens 6.307 Betriebsstunden mit einer mittleren Generatorleistung von ca. 123 kW.

Optimierungspotentiale

Auf Basis der durchgeführten Analyse des Betriebstagebuchs lassen sich folgende Optimierungspotentiale formulieren:

⇒ **Optimierung der Brennstoffzubringung:**

Überarbeitung des Schleusensystems auf Basis der festgestellten und oben beschriebenen Schwachstellen³⁴.

⇒ **Optimierung Holzgasreaktor:**

Zündeinrichtung überarbeiten (Verschleißteil aufgrund zu hoher thermischer Belastung)

Ascheaustrag automatisieren (z.B. Förderschnecken – momentan händischer Ascheaustrag)

Füllstandssensorik überarbeiten (häufige Reinigungsnotwendigkeit aufgrund Verschmutzung, insbesondere bei häufigen An- und Abfahrprozessen. Dadurch Störanfällig)

Precoatmaterial nicht in den Prozess rückführen (Reduzierung der Verschmutzung des Reaktors aufgrund des rückgeführten feinkörnigen Precoatmaterials)³⁵

⇒ **Optimierung Wärmeabnahme BHKW:**

Konkurrenzsituation bei ungenügender Auslastung der Trockenkammerkapazitäten zwischen HVG-Anlage und bestehender Hackschnitzelfeuerung (s.o.)

9.0 Erreichte Umweltentlastung

Die erreichte Umweltentlastung wird unter Bezug auf die Wärmebereitstellung zur Beschickung der Trockenkammern in Form der erzielten CO₂-Reduktion berechnet.

³⁴ Eine entsprechende Überarbeitung des Schleusensystems durch die Firma URBAS fand bereits während der Durchführung des Monitoringkonzepts statt. Die optimierte Version des Schleusensystems wurde erfolgreich nachgerüstet.

³⁵ Das Precoatmaterial wird mittlerweile aus den o.g. Gründen nicht mehr in den Reaktor rückgeführt sondern in einem externen Container gelagert und gemeinsam mit den Vergasungsrückständen entsorgt.

Basis der Berechnung sind die unter Kapitel 5.2 dieser Berichtsunterlagen definierten 7.000 Bh/a und eine mittlere thermische Leistung der HVG-Anlage von 300 kW.

Parameter	Einheit	Holzvergasung	Ölbrenner
Brennstoffart	-	Kapphölzer	Heizöl EL
Brennstoffmenge	kg/a bzw. l/a	847.000	247.059
Heizwert	kWh/kg bzw. kWh/l	4,6	10,0
Wirkungsgrad thermisch	%	52	85
erzeugte Nutzwärme	kWh/a	2.100.000	2.100.000
Emissionsfaktor (CO ₂ -Äquivalente)	kg/Liter	0,0	2,6 ³⁶
Prozessbedingter Stromverbrauch	kWh/a	129.251	2.500
Emissionsfaktor Strom (Strom-Mix BW, CO ₂ -Äquivalente ³⁷)	g/kWh	297	297
CO ₂ Emissionen durch Strom	kg/a	38.388	743
CO ₂ Emissionen durch energetische Nutzung	t/a	0,0	642,4
jährliche CO ₂ -Emission	t/a	38,4	643,1

Tabelle 26: erreichte Umweltentlastung

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass aufgrund der durchgeführten Maßnahmen (Errichtung und Betrieb der HVG-Anlage) jährlich CO₂-Emissionen von ca. 605 Tonnen eingespart werden.

³⁶ Emissionsfaktor nach DEHST

³⁷ Nach BÜRINGER, HELMUT 2007

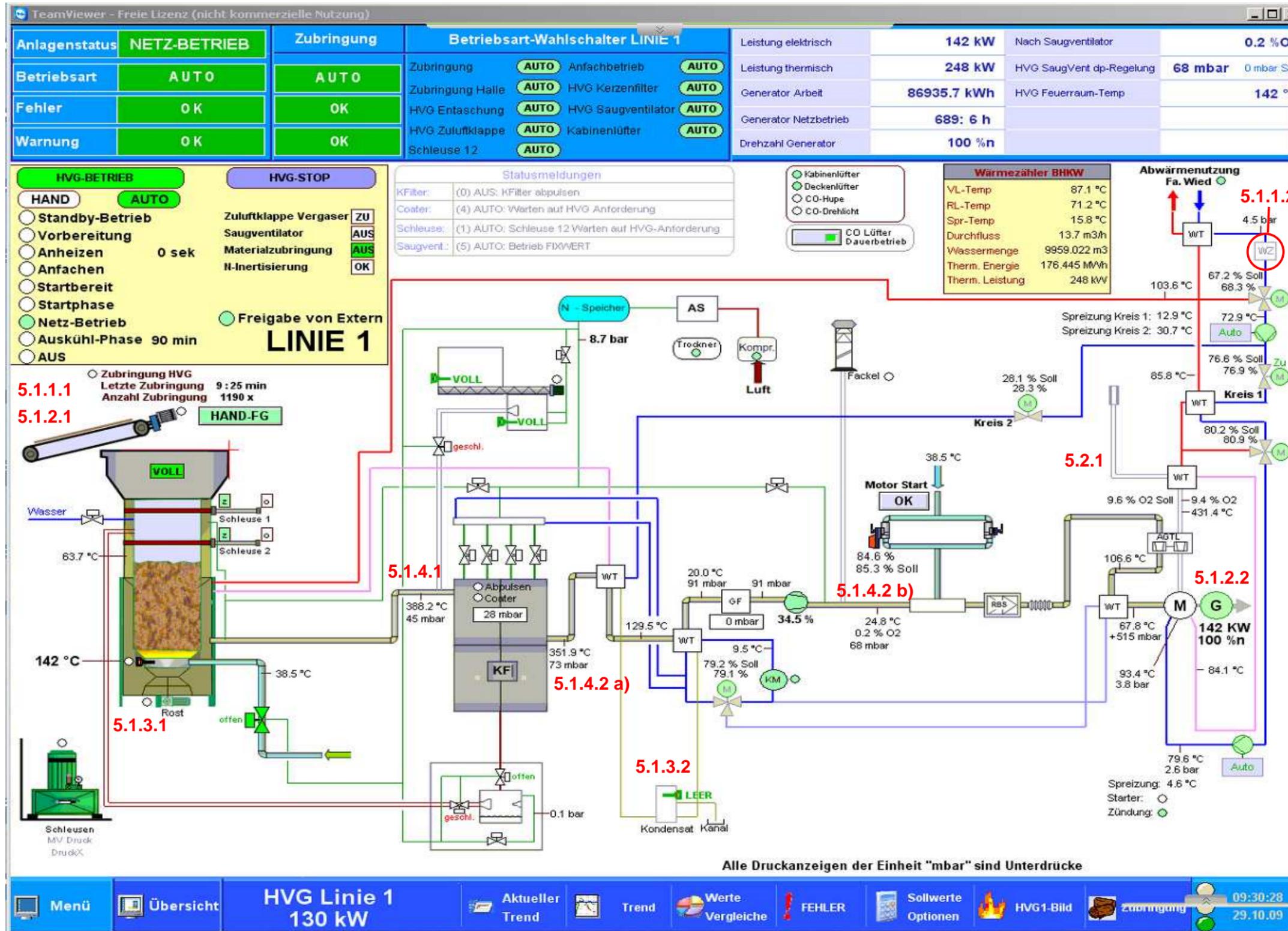
10.0 Literaturverzeichnis und Anlagenübersicht

Literaturverzeichnis

- BERGER ET AL. (2005): Verfahrensübersicht: Synthesegaserzeugung aus Biomasse,
Universität Stuttgart, Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen
Bezug unter: <http://www.fvee.de/index.php?id=57>
Eingesehen am: 21.10.2010
- BÜRINGER, HELMUT (2007): statistisches Monatsheft BW
Bezug unter: www.statistik-portal.de/veroeffentl/Monatshefte/PDF/Beitrag07_08_08.pdf
Eingesehen am: 04.11.2010
- GROTE, KARL-HEINRICH ET AL. (2007): Taschenbuch für den Maschinenbau
Springer Verlag
22. Auflage
ISBN 978-3-540-49714-1
- HOFBAUER, HERMANN (2005): Technische Beurteilung der Holzvergasung URBAS,
Völkermarkt
Technische Universität Wien
Bereitgestellt von der URBAS Energietechnik GmbH

Anlagenübersicht

- Anlage 1: RI-Fließbild der HVG-Anlage
- Anlage 2: eingesetzte Messtechnik
- Anlage 3: Brennstoffeigenschaften
- Anlage 4: Trendkurven Ascheschmelzverhalten
- Anlage 5: Auswertungsplot Ascheschmelzverhalten
- Anlage 6: Untersuchung Restkohlenstoffgehalt Eurofins Ost GmbH (Nr.: 11003766)
- Anlage 7: Kondensatanalyse Eurofins Umwelt Ost GmbH (Nr.: 1005426001)
- Anlage 8: Trendkurve der Gaszusammensetzung (MR vom 30.03.2010)
- Anlage 9: Trendkurve Emissionskonzentration CO (MR vom 06.05.2010)
- Anlage 10: Trendkurve Emissionskonzentration Ges.-C (MR vom 06.05.2010)
- Anlage 11: Trendkurve Emissionskonzentration NO_x (MR vom 06.05.2010)
- Anlage 12: Lastganglinie BHKW vom 08.02.2010, 23.03.2010 und 30.03.2010



Legende:

- 5.1.1.1 Bestimmung von \dot{Q}_{zu}
- 5.1.1.2 Bestimmung von \dot{Q}_{therm}
- 5.1.2.1 Bestimmung von \dot{Q}_{zu}
- 5.1.2.2 Bestimmung von P_{el}
- 5.1.3.1 Probenahme Restkohlenstoffgehalt
- 5.1.3.2 Probenahme Kondensatanalyse
- 5.1.4.1 Probenahme Gasanalyse (Rohgas)
- 5.1.4.2 a) Probenahme Gasanalyse (Reingas vor Produktgaswärmetauscher)
- 5.1.4.2 b) Probenahme Gasanalyse (Reingas nach Produktgaswärmetauscher)
- 5.2.1 Messstelle Emissionsparameter

Anlage 2 – eingesetzte Messgeräte

Holzgaszusammensetzung

Gerät	Visit 03 H
Hersteller	Eheim Messtechnik GmbH
Seriennummer	VI3H - 3056
Sensoren	
Kohlenmonoxid (CO)	Messprinzip NDIR Messbereich 0 ... 25 % Toleranz lt. Kalibrierprotokoll vom 29.01.2010: ± 0,4 %
Kohlendioxid (CO ₂)	Messprinzip NDIR Messbereich 0 ... 25 % Toleranz lt. Kalibrierprotokoll vom 29.01.2010: ± 0,4 %
Wasserstoff (H ₂)	Messprinzip Wärmeleitfähigkeit Messbereich 0 ... 50 % Toleranz lt. Kalibrierprotokoll vom 29.01.2010: ± 0,4 %
Methan (CH ₄)	Messprinzip NDIR Messbereich 0 ... 20 % Toleranz lt. Kalibrierprotokoll vom 29.01.2010: ± 0,4 %
Sauerstoff (O ₂)	Messprinzip Elektrochemisch Messbereich 0 ... 25 % Toleranz lt. Kalibrierprotokoll vom 29.01.2010: ± 0,6 %

Brennstoffmassenstrom

Hersteller: Christen Waagen AG

Messgerät: Waage EL 06

Messverfahren: Gravimetrische Bestimmung

Messbereich: 0 g – 6.000 g

Fehlergrenze: ± 2 g

Gasförmige Emissionen

Sauerstoff

Messverfahren: Messzelle mit Magnet (Paramagnetismus)

Messgerät: Testo 350
Messbereich: 0 Vol.-% bis 25 Vol.-%
Fehlergrenze: $\pm 0,8$ Vol.-%

Kohlenmonoxid

Richtlinie: VDI 2459, Blatt 6
Messverfahren: Nichtdispersive Infrarotabsorption (NDIR)
Messgerät: Testo 350
Messbereich: 0 ppm – 10.000 ppm
Fehlergrenze: ± 5 % des Messwerts

Stickstoffoxide

Richtlinie: VDI 2456, Blatt 5
Messverfahren: Chemolumineszenz
Messgerät: Testo 350
Messbereich: 0 ppm – 500 ppm
Fehlergrenze: ± 5 % des Messwerts

Schwefeloxide

Richtlinie: VDI 2456, Blatt 5
Messverfahren: Elektrochemisch
Messgerät: Testo 350
Messbereich: 0 ppm – 5.000 ppm
Fehlergrenze: ± 5 % des Messwerts

Organische Stoffe

Richtlinie: VDI 3481, Blatt 1
Messverfahren: Flammenionisation
Messgerät: Testa FID 2010 T
Messbereich: 0 ppm – 100 ppm
Reproduzierbarkeit: ± 1 % des Messwerts

Kohlendioxid

Berechnet unter Berücksichtigung des gemessenen Sauerstoffgehalts.

Partikelförmige Emissionen**Staubprobenahme**

Richtlinie: VDI 2066
Messverfahren: Isokinetische Probenahme mit gravimetrischer Bestimmung
Messgerät: Wöhler SM 96 CO
Filtermedium: Filterhülse gestopft mit Quarzwolle
Probenahme: 135 Normliter pro Messung

Präzisionswaage (gravimetrische Bestimmung)

Messverfahren: Gravimetrische Bestimmung
Messgerät: Sartorius Analysenwaage Competence CP124S (geeicht)
Messbereich: 0,1 mg – 120 g
Ablesbarkeit: 0,1 mg

Strömungsgeschwindigkeit und Abgasvolumenstrom

Richtlinie: VDI 2066, Blatt 1
Messverfahren: Bestimmung des dynamischen Staudruckes über den Messquerschnitt

Messfühler: Prandtlisches Staurohr

Messgerät: Testo 350

Messbereich: - 40 bis + 40 hPa

Fehlergrenze: $\pm 0,03$ hPa

Luftdruck in Höhe der Messstelle

Barometer: Präzisionsbarometer

Fabrikat: Greisinger GTD 1100

Messbereich: 300 – 1100 hPa

Fehlergrenze: ± 1 % des Messwerts

Abgastemperatur

Richtlinie: DIN 43710

Messverfahren: Thermoelektrisch

Messfühler: Thermoelement Ni/CrNi

Messgerät: Voltcraft K204 / Testo 335

Messbereich: - 40 °C bis + 1200 °C

Fehlergrenze: $\pm 0,5$ % des Messwerts

Abgasfeuchte

Messfühler: kapazitiver Feuchtesensor

Messgerät: Greisinger GMH 3350

Messbereich: 0,0 ... 100,0 % relative Luftfeuchtigkeit

Fehlergrenze: $\pm 0,1$ % des Messwerts

Anlage 3 – Brennstoffmassenstrom und Brennstoffeigenschaften**Messung in:** 74429 Sulzbach – Laufen**Anwesend:**

- Herr Rapp (HFR)
- Herr Steinbrink (HFR)
- Herr Barth (Wörle UmweltTechnik GmbH)

Messziel: Bestimmung des Brennstoffmassenstroms sowie der Brennstoffeigenschaften**Brennstoffmassenstrom**

aufgegebene Brennstoffmasse	161	kg
Dauer der Messreihe	80	min
Brennstoffmassenstrom	121	kg/h
Anzahl der Zubringungen	28	Stück
mittl. Brennstoffmenge pro Zubringung	5,8	kg

Brennstoffeigenschaften

Bestimmung des Wassergehalts (nach CEN/TS 14774- 3: 2005)

Bestimmung Wassergehalt (nach CEN/TS 14774- 3: 2005)

Durchführung: Probeschale bis zur Massekonstanz erwärmen, dann im Exsikkator abkühlen
Materialprobe in Probeschale geben unter Beachtung der max. zulässigen Probeschichtdicke (0,2g/cm²)
Probe bei 105°C über mehrere Stunden erwärmen, dann wiegen und aus den Masseverhältnissen den Wassergehalt herleiten

Trocknung: in Exsikkator ohne Trockenmittel

Ort: HS- Rottenburg

Bearbeiter: Jens Steinbrink

Probe (zerkleinert)	Datum	M (Schale) [g]	M (Probe) [g]	GesamtM (vor Trocknung) [g]	GesamtM (Probe) nach Trocknung [g]	M (Probe) nach Trocknung [g]	Wassergehalt [%]	Mittelwert	Stabw (Wert von Mittelwert)
Brennstoff-probe 1	22-03-2010	19,3955	2,1065	21,502	21,2711	1,8756	10,961%	10,995%	0,000242
	22-03-2010	19,3272	2,0173	21,3445	21,123	1,7958	10,980%		0,000109
	22-03-2010	18,4556	1,9366	20,3922	20,1783	1,7227	11,045%		0,000351
Brennstoff-probe 2	07-04-2010	19,5181	2,2621	21,7802	21,5148	1,9967	11,732%	11,806%	0,005211
	07-04-2010	19,2502	2,1331	21,3833	21,13	1,8798	11,875%		0,006217
	07-04-2010	18,7502	2,4131	21,1633	20,8783	2,1281	11,811%		0,005763

Bestimmung des Brennwertes und Berechnung des Heizwertes (nach DIN 51900-2: 2003-05)

Bestimmung Brennwert und Berechnung Heizwert (nach DIN 51900-2: 2003- 05)

Verfahren: Bestimmung des Brennwertes und Berechnung des Heizwertes mittels Bombenkalorimeter.

Durchführung: Probe wird gewogen und im Bomben- Kalorimeter unter genormten Verhältnissen verbrannt.
Mittels Software wird anschließend der Brennwert und der Heizwert des verwendeten Brennstoffs ermittelt

Ort: HS Rottenburg

Bemerkung: wf = wasserfrei

Bearbeiter: Jens Steinbrink

waf = wasser- und aschefrei

Probe	Datum	Wasser- gehalt [%]	Aschegehalt [%]	Wasserstoff- Gehalt [%]	Ho (roh) [MJ/kg]	Ho (wf) [MJ/kg]	Ho (waf) [MJ/kg]	Hu (roh) [MJ/kg]	Mittelwert Hu (roh) [MJ/kg]	Hu (wf) [MJ/kg]	Mittelwert Hu (wf) [MJ/kg]	Hu (waf) [MJ/kg]
Brennstoff- probe 1	22-03-2010	10,96%	1,21%	6,00%	17,8	20,29	20,54	16,62	16,52	18,97	18,85	19,20
	22-03-2010	10,96%	1,21%	6,00%	17,4	19,84	20,08	16,22		18,52		18,74
	22-03-2010	10,96%	1,21%	6,00%	17,9	20,4	20,65	16,72		19,08		19,31
Brennstoff- probe 2	07-04-2010	11,80%	1,30%	6,00%	18,5	21,3	21,58	17,33	17,13	19,98	19,75	20,24
	07-04-2010	11,80%	1,30%	6,00%	18,1	20,85	21,12	16,93		19,53		19,78

Bestimmung des Aschegehalts (nach CEN/TS 14775: 2004)

Bestimmung Aschegehalt (nach CEN/TS 14775: 2004)

Durchführung: Bestimmung der Masseverhältnisse der Proben vor und nach der Veraschung
Bestimmung des Wassergehalts, um den Aschegehalt auf wasserfreier (wf) Bezugsbasis zu ermitteln

Ort: HS Rottenburg

Bearbeiter: Jens Steinbrink

Probe	Datum	M (Schale) [g]	M (Probe) [g]	GesamtM (vor Veraschung) [g]	GesamtM (Probe) nach Veraschung) [g]	M (Probe) nach Veraschung [g]	Aschegehalt (feucht) [%]	Wassergehalt Mittelwert [%]	Aschegehalt (trocken) [%]	Mittelwert Asche wf [%]
Brennstoff-probe 1	22-03-2010	26,4919	1,2054	27,6973	26,5086	0,0167	1,385%	10,995%	1,538%	1,246%
	22-03-2010	29,3838	1,4081	30,7919	29,3985	0,0147	1,044%		1,159%	
	22-03-2010	29,4385	1,2991	30,7376	29,4507	0,0122	0,939%		1,042%	
Brennstoff-probe 2	07-04-2010	28,9939	1,0387	30,0326	29,0076	0,0137	1,319%	11,806%	1,475%	1,337%
	07-04-2010	30,1976	1,1144	31,312	30,2105	0,0129	1,158%		1,294%	
	07-04-2010	30,389	1,3062	31,6952	30,4035	0,0145	1,110%		1,241%	

Bestimmung der Korngrößenverteilung des Brennstoffes (nach DIN CEN/TS 15149-1)

Bestimmung der Teilchengrößenverteilung des Brennstoffes (DIN CEN/TS 15149-1; Vornorm)

Durchführung: Probe wird gewogen und anschließend über einen Zeitraum von 15 min mechanisch gesiebt. Mittels Software wird die prozentuale Massenverteilung der einzelnen Teilchengrößen berechnet und ausgewiesen.

Ort: HS Rottenburg
 Bearbeiter: Jensn Steinbrink

Siebbezeichnung	Fraktion	Masse Probe1	Masse gesamt	Massenanteil
Einheit	[mm]	[g]	[g]	[%]
Handsortierung	größer 100	1046,2	1046,2	49,47
1. Sieb	63 bis 100	670,3	670,3	31,69
2. Sieb	45 bis 63	193,2	193,2	9,13
3. Sieb	16 bis 45	112	112	5,30
4. Sieb	8 bis 16	68,5	68,5	3,24
5. Sieb	3,15 bis 8	21,6	21,6	1,02
6. Sieb	2 bis 3,15	0,6	0,6	0,03
7. Sieb	1 bis 2	1,2	1,2	0,06
8. Sieb	0,5 bis 1	0,7	0,7	0,03
Sammelschale	< 0,5	0,7	0,7	0,03
Gesamtmasse	alle	2115	2115	100,00

Bild-Analyse

Hesse-Instruments

Bezeichnung: **100601-2**

HS_Rottenburg

Ausdruck vom:01.06.2010

Material: **Probe HVG Sulzbach**

Gruppe: **SENCE_2010**

Meßdatum:01.06.2010

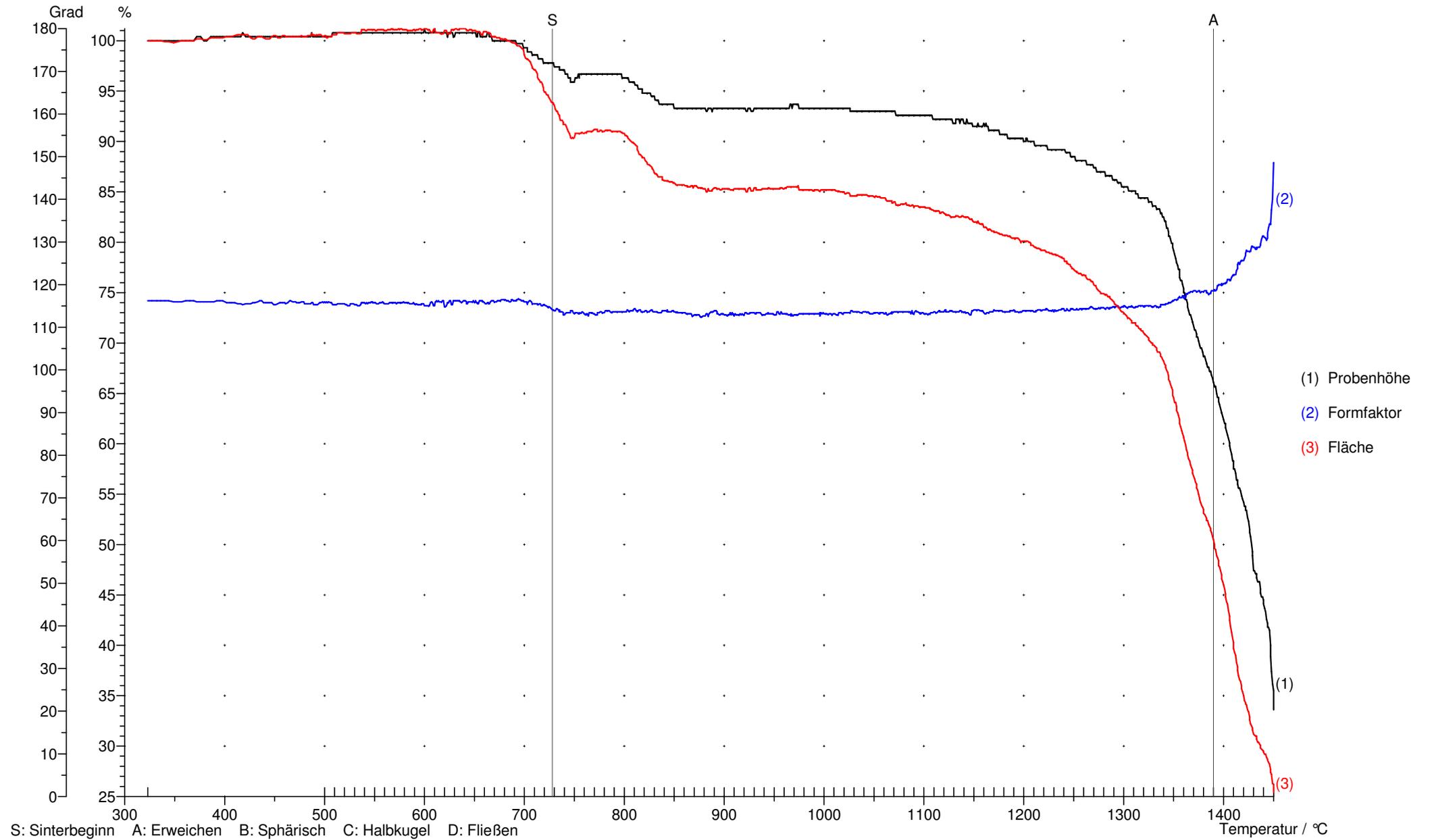


Bild-Analyse

Hesse-Instruments

Bezeichnung: **100601-1**

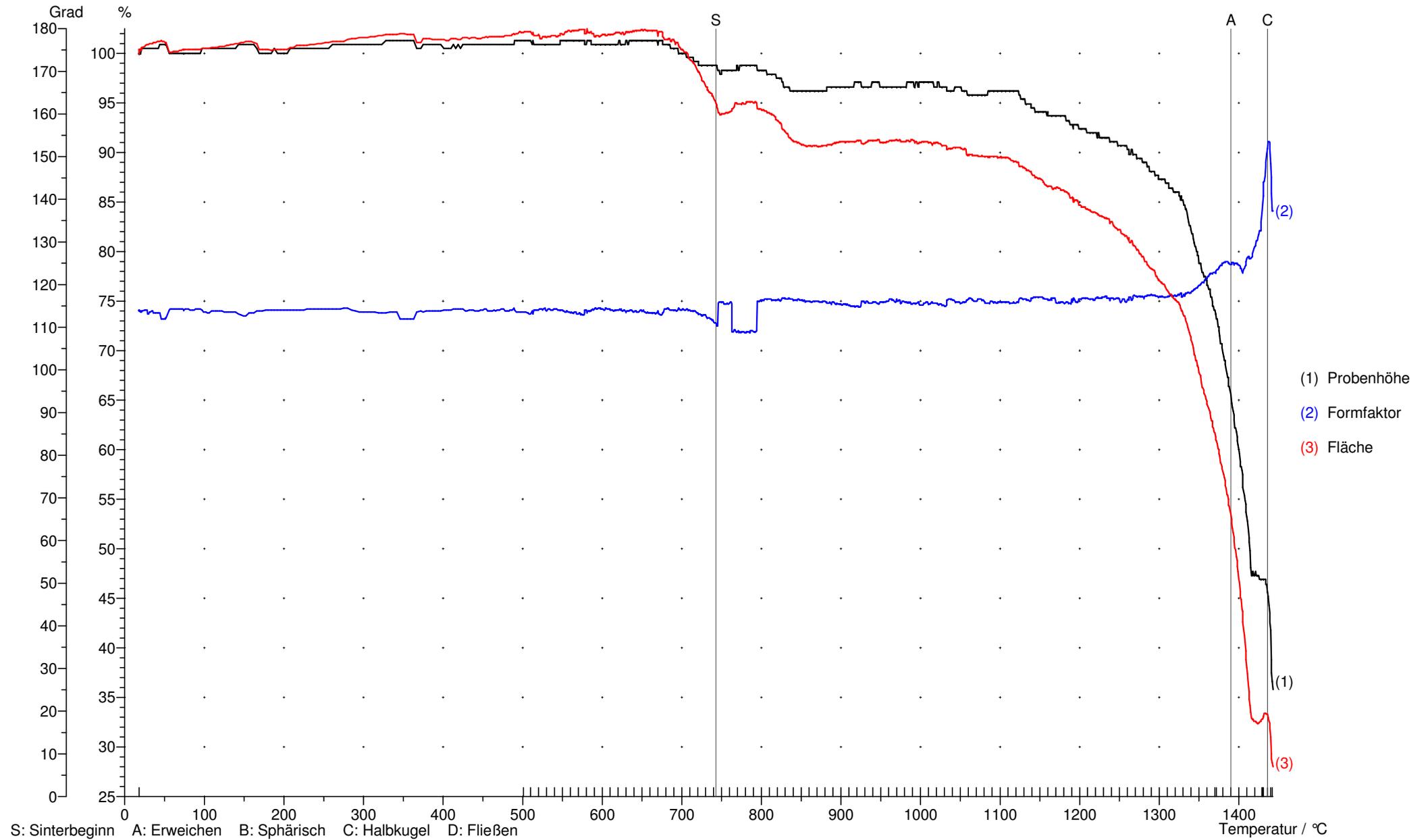
HS_Rottenburg

Ausdruck vom:01.06.2010

Material: **Probe HVG Sulzbach**

Gruppe: **SENCE_2010**

Meßdatum:01.06.2010



MESSPROTOKOLL

Charakteristische Temperaturen:

Sinterbeginn:	728 °C
Erweichungstemperatur:	1390 °C Erweichungsbereich: n.b.
Sphärischtemperatur:	n.b.
Halbkugeltemperatur:	n.b. Fließbereich: n.b.
Fließtemperatur:	1451 °C

DIN 51730 (1998-4) / ISO 540 (1995-03-15), außer Sphärisch- und Fließtemperatur

Heizprogramm:

Segm.	Heizrate	Endtemp.	Haltezeit
1	60 °C/min	550 °C	00:00
2	10 °C/min	1600 °C	00:00
3			
4			
5			
6			
7			

Messungsparameter:

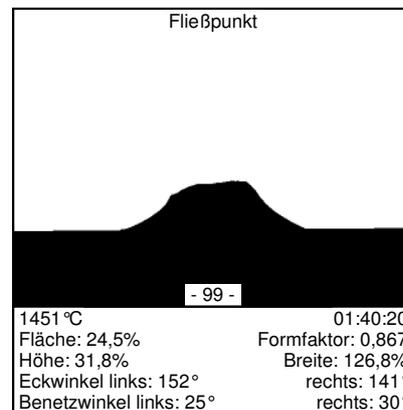
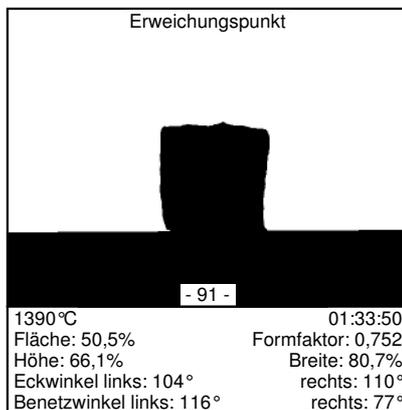
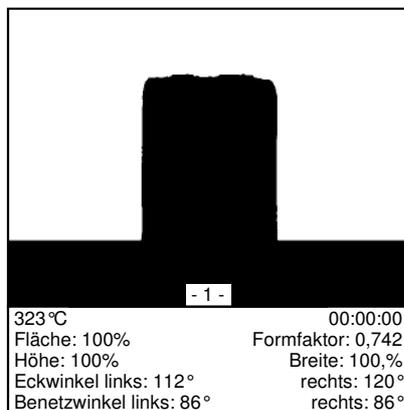
Aufgenommene Bilder:	99
Meßwerte:	1205
Verfolgter Eckwinkel:	vom Anwender bestimmt
Operator:	JS
Gerät:	EMI1
Verzeichnis der Meßdaten:	D:\EMI2\Daten\G1004220\M1006011

Aufnahmeeinstellungen:

Erstes Bild ab:	500 °C
Bilder mindestens alle –	
Flächenänderung:	5%
Eckwinkeländerung:	12%
Formfaktoränderung:	5%
Temperaturänderung:	10 °C

Anmerkungen:

('n.b.' = 'nicht bestimmt')



MESSPROTOKOLL

Charakteristische Temperaturen:

Sinterbeginn:	743 °C
Erweichungstemperatur:	1390 °C Erweichungsbereich: 1390 °C - 1436 °C
Sphärischtemperatur:	n.b.
Halbkugeltemperatur:	1436 °C Fließbereich: 1436 °C - 1444 °C
Fließtemperatur:	1444 °C

DIN 51730 (1998-4) / ISO 540 (1995-03-15), außer Sphärisch- und Fließtemperatur

Heizprogramm:

Segm.	Heizrate	Endtemp.	Haltezeit
1	60 °C/min	550 °C	00:00
2	10 °C/min	1600 °C	00:00
3			
4			
5			
6			
7			

Messungsparameter:

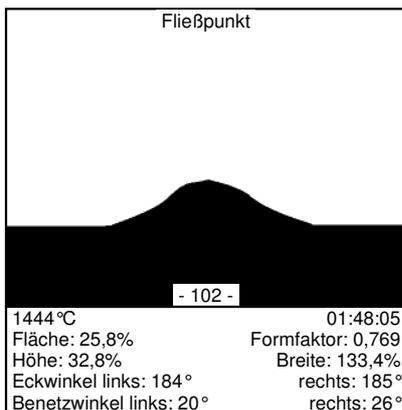
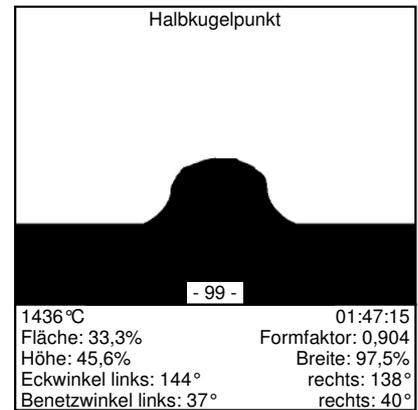
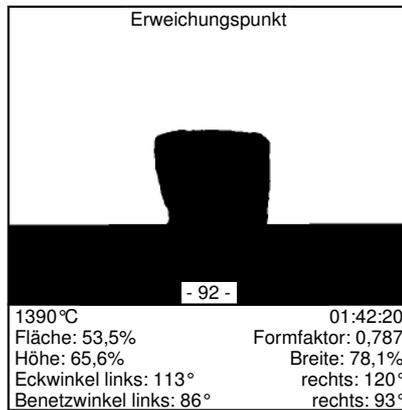
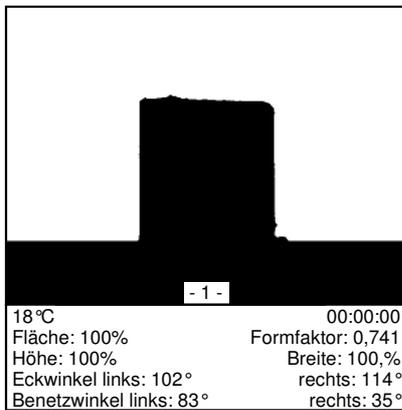
Aufgenommene Bilder:	102
Meßwerte:	1298
Verfolgter Eckwinkel:	vom Anwender bestimmt
Operator:	JS
Gerät:	EMI1
Verzeichnis der Meßdaten:	D:\EMI2\Daten\G1004220\M1006010

Aufnahmeeinstellungen:

Erstes Bild ab:	500 °C
Bilder mindestens alle –	
Flächenänderung:	5%
Eckwinkeländerung:	12%
Formfaktoränderung:	5%
Temperaturänderung:	10 °C

Anmerkungen:

('n.b.' = 'nicht bestimmt')



EUROFINS Umwelt Ost GmbH Niederlassung Freiberg
OT Tuttendorf, Gewerbepark „Schwarze Kiefern“ D-09633 Halsbrücke

Auftraggeber:

Wörle Umwelt Technik GmbH
Gottlob-Banzhafstr. 18

74172 Neckarsulm

Prüfbericht Nr.: 11003766

(Seite 1 von 2 Seiten)

Auftrag: Untersuchung von einer Ascheprobe nach Vorgaben des Auftraggebers

Auftrag vom: 28.05.2010

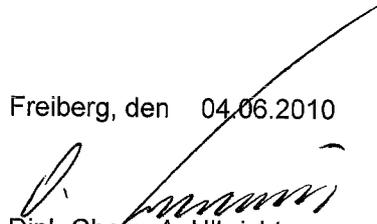
Prüfzeitraum: 31.05. bis 04.06.2010

Probenahme: Die Proben wurden vom Auftraggeber angeliefert!

Prüfverfahren: Bestimmung

des Wassergehaltes (thermisches Verfahren)	DIN 51718; Analysenautomat MAC-500
des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC) in Abfall, Schlämmen und Sedimenten	DIN EN 13137
des Gesamtgehaltes an Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff Instrumentelle Methoden	DIN 51732; Analysenautomat Leco TRU SPEC CHN

Freiberg, den 04.06.2010



Dipl.-Chem. A. Ulbricht
Laborleiter

Proben werden, wenn nicht anders vereinbart oder fachlich begründet, 3 Monate im Labor aufbewahrt. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfgegenstände. Sofern die Proben nicht ein Mitarbeiter unseres Labors genommen hat, wird die Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme abgelehnt! Dieser Prüfbericht darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS Umwelt Ost GmbH Ndl. Freiberg. Prüfberichte ohne Unterschrift haben keine Gültigkeit! Fremdvergaben in akkreditierte Laboratorien sind mit F und in akkreditierte Laboratorien des Firmenverbundes mit FF gekennzeichnet. Nicht akkreditierte Prüfverfahren sind mit N gekennzeichnet.

Nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 durch die
DACH Deutsche Akkreditierungsstelle Chemie GmbH akkreditiertes Prüflaboratorium.

Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren.



Deutscher
Akkreditierungs
Rat
DAC-PL-0540-07-03

Niederlassung Freiberg
OT Tuttendorf, Gewerbepark „Schwarze Kiefern“
D-09633 Halsbrücke

EUROFINS Umwelt Ost GmbH
Löbstedter Straße 78
D-07749 Jena

Tel. +49 3731 2076 500
Fax +49 3731 2076 555
info_freiberg@eurofins.de

Tel. +49 3641 4649-0
Fax +49 3641 4649-19
info_jena@eurofins.de, www.aua-jena.de

Amtsgericht Jena
HRB 202596
Ust.-ID.Nr.: DE 151 28 1997

Geschäftsführer:
Dr. Ulrich Erler
Dr. Benno Schneider

Bankverbindung:

NORD LBD
BLZ 250 500 00
Kto 150 334 779
IBAN DE91250500000150334779
BIC/SWIFT NOLA DE 2HXXX

Tabelle Analysenergebnisse

Probe		Ascheprobe
Labor-Nr.:		110020028
Parameter	Einheit	
Gesamtwasser	Ma.-%	3,6
TC	Ma.-% (TS)	66,0
TOC	Ma.-% (TS)	63,6
TIC	Ma.-% (TS)	2,4

EUROFINS Umwelt Ost GmbH · Niederlassung Freiberg
OT Tuttendorf, Gewerbepark "Schwarze Kiefern" · D-09633 Halsbrücke

Wörle Umweltprodukte GmbH
Hauptstrasse 9

74196 Neuenstadt am Kocher

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 11001723
Prüfberichtsnummer: Nr. 1005426001

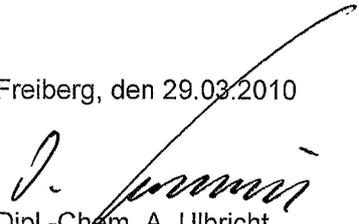
Projektnummer: Nr. 1005426
Projektbezeichnung: Kondensatanalyse Holzvergaser Sulzbach-Laufen
Probenumfang: 1 Probe
Probenart: Kondensat
Probeneingang: 18.03.2010
Prüfzeitraum: 18.03.2010 - 29.03.2010

Untervergabe im Firmenverbund:

Analyse erfolgte in einem akkreditierten Partnerlabor der EUROFINS-Gruppe:
(ZS) EUROFINS Umwelt Ost GmbH, Neue Marienberger Str. 189, 09405 Zschopau
(J) EUROFINS Umwelt Ost GmbH, Löbstedter Straße 78, 07749 Jena

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Proben nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag genommen wurden, wird die Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme abgelehnt. Dieser Prüfbericht ist nur mit Unterschrift gültig und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS Umwelt Ost GmbH.

Freiberg, den 29.03.2010

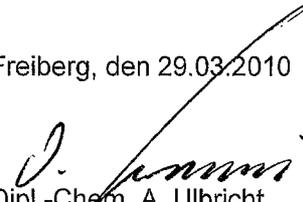

Dipl.-Chem. A. Ulbricht
Laborleiter, Eurofins Umwelt Ost NI, Freiberg



Projekt: Kondensatanalyse Holzvergaser Sulzbach-Laufen

Parameter	Einheit	BG	Probenbezeichnung	Kondensat Holzvergaser
			Labornummer	110008006
			Methode	
Arsen	mg/l	0,005	DIN EN ISO 17294-2	< 0,005
Blei	mg/l	0,005	DIN EN ISO 17294-2	< 0,005
Cadmium	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2	< 0,001
Chrom gesamt	mg/l	0,005	DIN EN ISO 17294-2	< 0,005
Kupfer	mg/l	0,005	DIN EN ISO 17294-2	0,006
Nickel	mg/l	0,005	DIN EN ISO 17294-2	< 0,005
Quecksilber	mg/l	0,0002	DIN EN 1483	0,0006
Zink	mg/l	0,01	DIN EN ISO 17294-2	0,20
CSB (ZS)	mg/l	15	DIN 38409-H41	115
Nitrit	mg/l	0,02	DIN EN 26777	< 0,02
Phenolindex (nach Wasserdampfdest.)	mg/l	0,01	DIN 38409-H16-2	7,0
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/l	0,1	DIN EN ISO 9377-2	6,9
Naphthalin	µg/l	0,01	DIN 38407-39	250
Acenaphthylen	µg/l	0,01	DIN 38407-39	6200
Acenaphthen	µg/l	0,01	DIN 38407-39	570
Fluoren	µg/l	0,01	DIN 38407-39	30
Phenanthren	µg/l	0,01	DIN 38407-39	1100
Anthracen	µg/l	0,01	DIN 38407-39	61
Fluoranthren	µg/l	0,01	DIN 38407-39	130
Pyren	µg/l	0,01	DIN 38407-39	130
Benz(a)anthracen	µg/l	0,01	DIN 38407-39	2,3
Chrysen	µg/l	0,01	DIN 38407-39	2,9
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	0,01	DIN 38407-39	1,5
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	0,01	DIN 38407-39	1,3
Benzo(a)pyren	µg/l	0,01	DIN 38407-39	1,0
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	0,01	DIN 38407-39	0,18
Dibenz(a,h)anthracen	µg/l	0,01	DIN 38407-39	0,03
Benzo(g,h,i)perylen	µg/l	0,01	DIN 38407-39	0,60
Summe PAK (EPA)	µg/l		berechnet	8500

Freiberg, den 29.03.2010

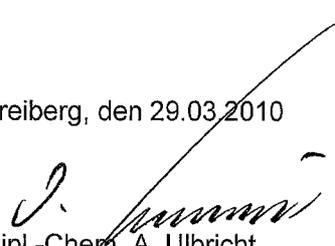

 Dipl.-Chem. A. Ulbricht
 Laborleiter, Eurofins Umwelt Ost Nl. Freiberg

Projekt: Kondensatanalyse Holzvergaser Sulzbach-Laufen

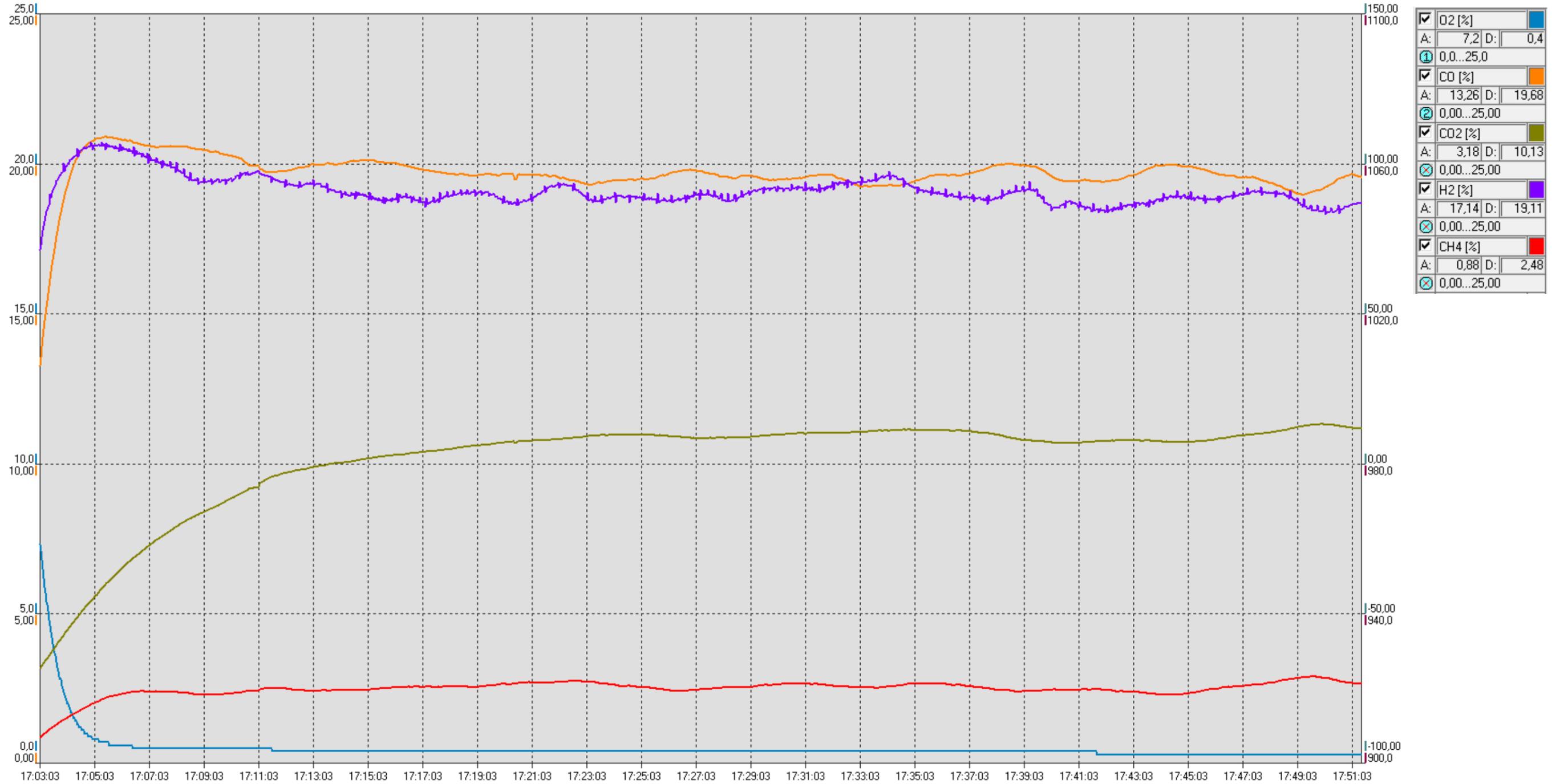
Parameter	Einheit	BG	Probenbezeichnung	Kondensat Holzvergaser
			Labornummer	110008006
			Methode	
2,3,7,8-TetraCDD (J)	pg/l	5	DIN 38407-F33 (Entwurf)	< 5
1,2,3,7,8-PentaCDD (J)	pg/l	5	DIN 38407-F33 (Entwurf)	< 5
1,2,3,4,7,8-HexaCDD (J)	pg/l	5	DIN 38407-F33 (Entwurf)	< 5
1,2,3,6,7,8-HexaCDD (J)	pg/l	5	DIN 38407-F33 (Entwurf)	< 5
1,2,3,7,8,9-HexaCDD (J)	pg/l	5	DIN 38407-F33 (Entwurf)	< 5
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD (J)	pg/l	20	DIN 38407-F33 (Entwurf)	< 20
OctaCDD (J)	pg/l	50	DIN 38407-F33 (Entwurf)	< 50
2,3,7,8-TetraCDF (J)	pg/l	5	DIN 38407-F33 (Entwurf)	< 5
1,2,3,7,8-PentaCDF (J)	pg/l	5	DIN 38407-F33 (Entwurf)	< 5
2,3,4,7,8-PentaCDF (J)	pg/l	5	DIN 38407-F33 (Entwurf)	< 5
1,2,3,4,7,8-HexaCDF (J)	pg/l	5	DIN 38407-F33 (Entwurf)	< 5
1,2,3,6,7,8-HexaCDF (J)	pg/l	5	DIN 38407-F33 (Entwurf)	< 5
1,2,3,7,8,9-HexaCDF (J)	pg/l	5	DIN 38407-F33 (Entwurf)	< 5
2,3,4,6,7,8-HexaCDF (J)	pg/l	5	DIN 38407-F33 (Entwurf)	< 5
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF (J)	pg/l	20	DIN 38407-F33 (Entwurf)	< 20
1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF (J)	pg/l	20	DIN 38407-F33 (Entwurf)	< 20
OctaCDF (J)	pg/l	50	DIN 38407-F33 (Entwurf)	< 50
Summe PCDD/PCDF (TE) (J)	pg TE/l		DIN 38407-F33 (Entwurf)	(n. b.*)

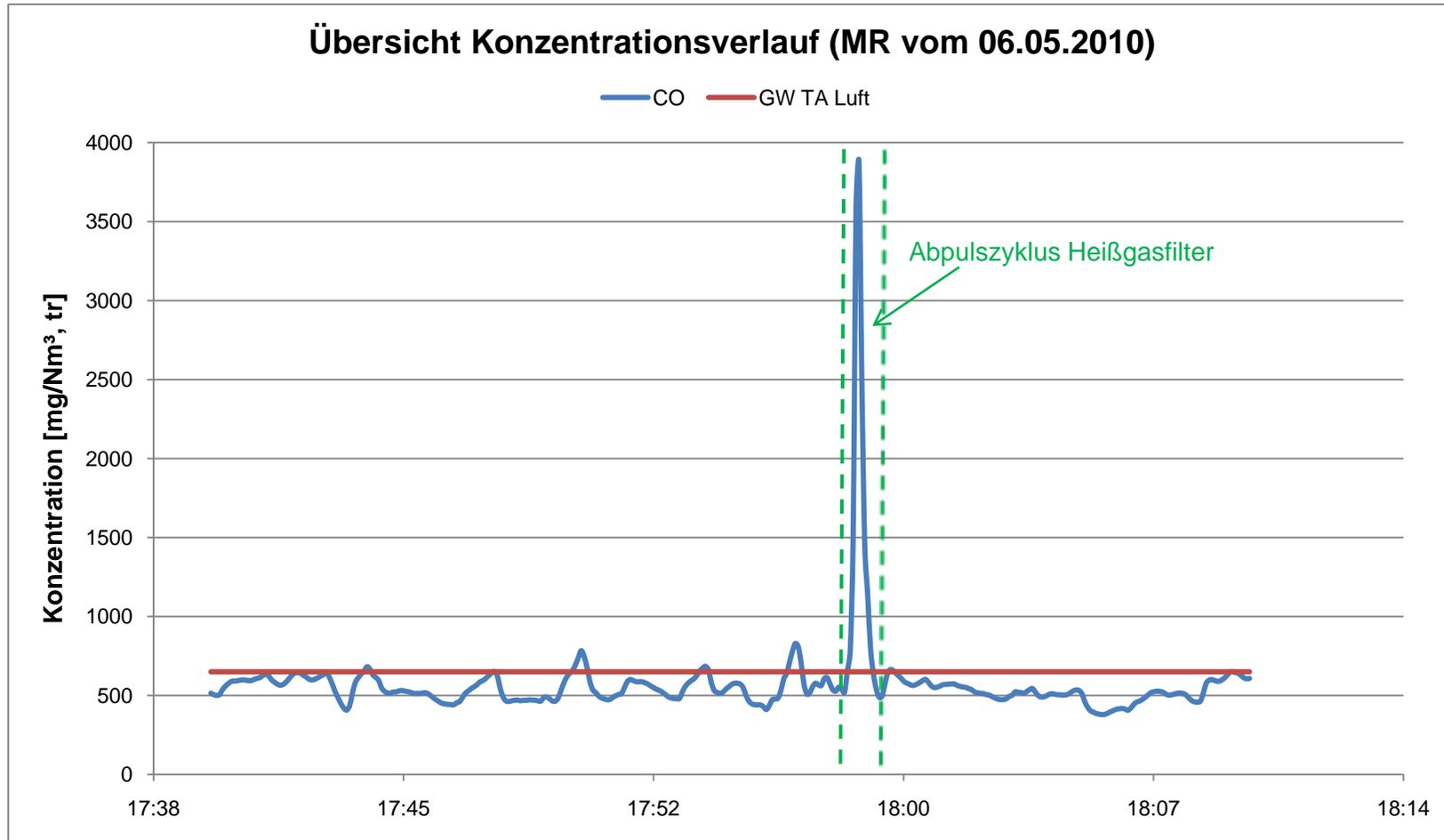
(n. b.*): nicht berechenbar, da zur Summenbestimmung nur Werte > BG verwendet werden

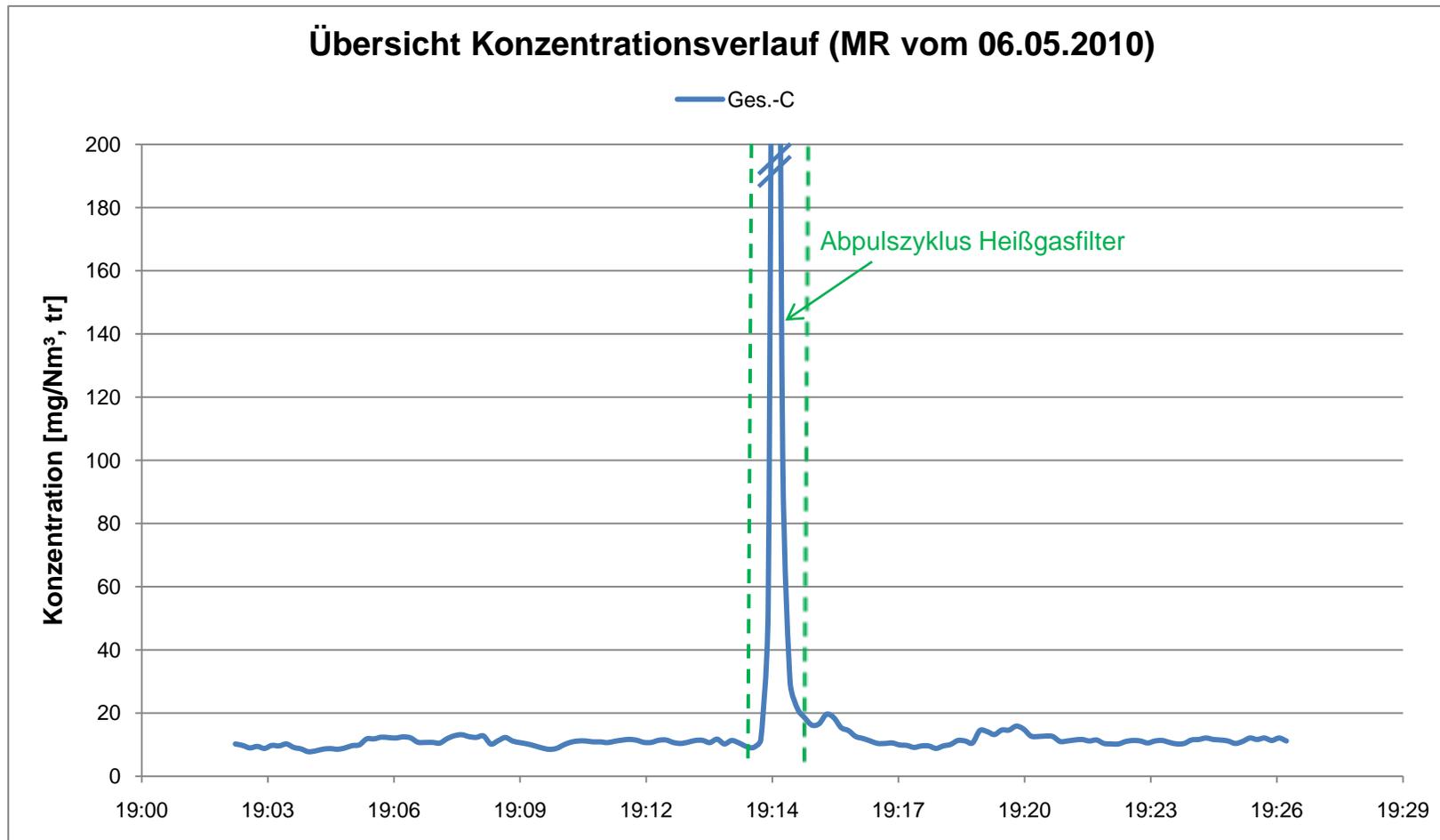
Freiberg, den 29.03.2010

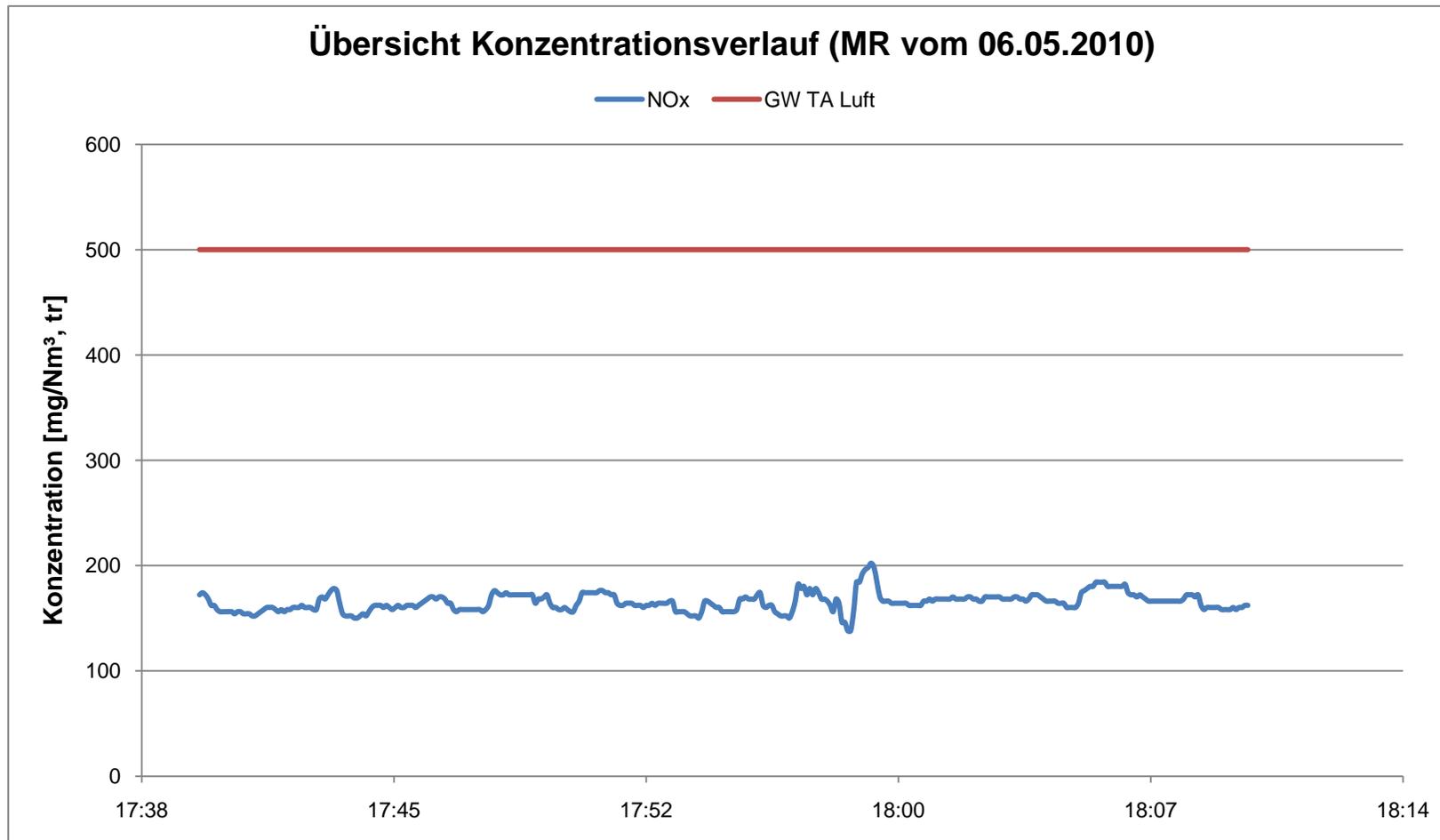


Dipl.-Chem. A. Ulbricht
 Laborleiter, Eurofins Umwelt Ost NI, Freiberg







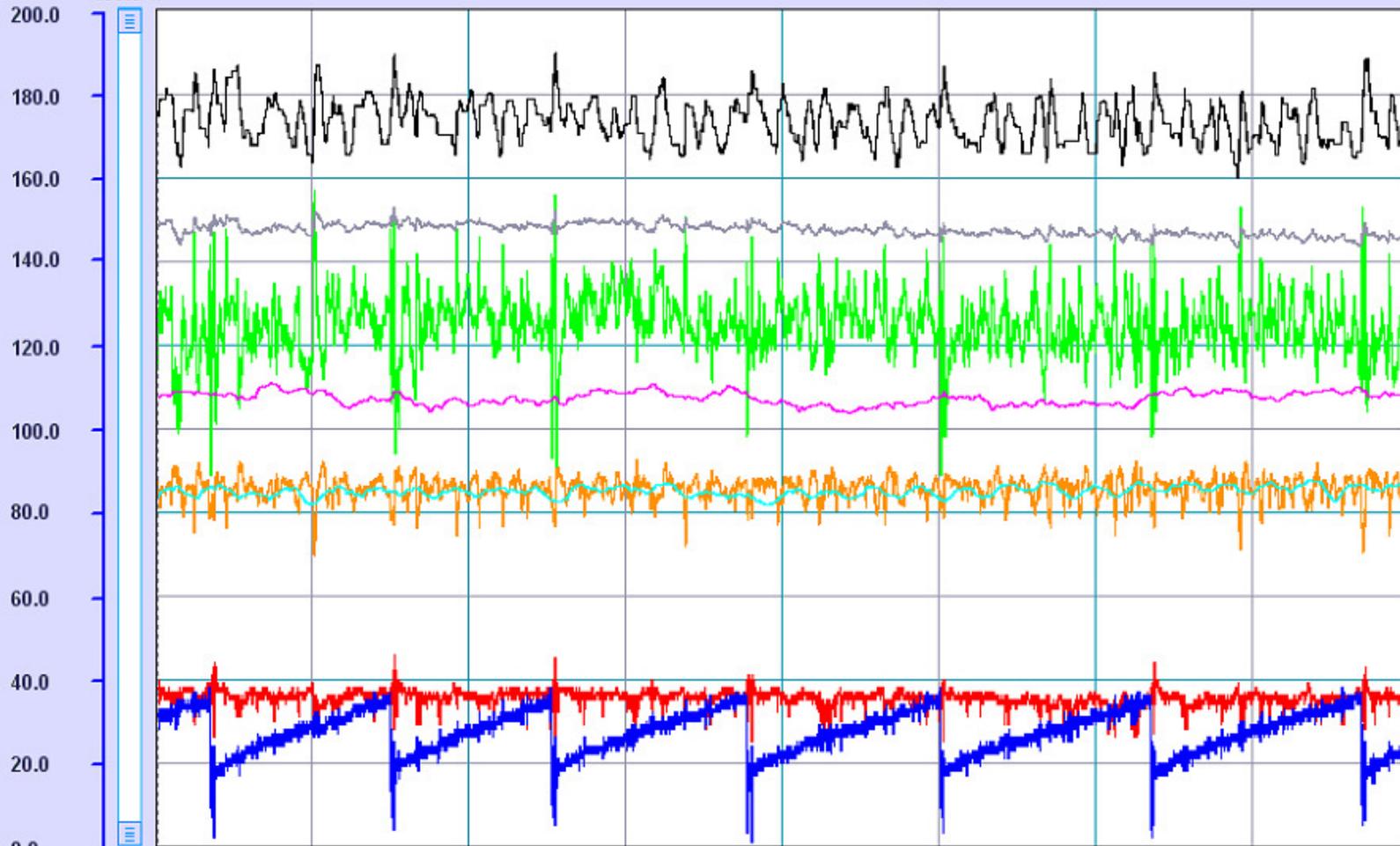


◀ 100.0 Startzeit ▶

mbar

Mar 30 07:00:00 Mar 30 08:30:00 Mar 30 10:00:00 Mar 30 11:30:00 Mar 30 13:00:00

100.0 %



0.0 %

◀ 07:00:00 ▶

13:00:00 ▶

L1_BHKW1_IW_An_Gen_P

117.67 ← Trend → 124.00

L1_HVG1_IW_An_vKFilter_dp

36.83 ← Trend → 36.00

L1_BHKW1_IW_An_Mo_O2

9.1 ← Trend → 8.7

L1_BHKW1_IW_An_ZuluTKL_Stg

87.8 ← Trend → 88.3

L1_HVG1_IW_An_KFilter_dp

31.0 ← Trend → 23.5

L1_HVG1_IW_An_vKFilter_GasTemp

404.0 ← Trend → 403.9

L1_BHKW1_IW_An_Mo_MK_RLTemp

83 ← Trend → 86

L1_BHKW1_IW_An_Mo_Ladedruck

483 ← Trend → 458

Trend Zeitbereich

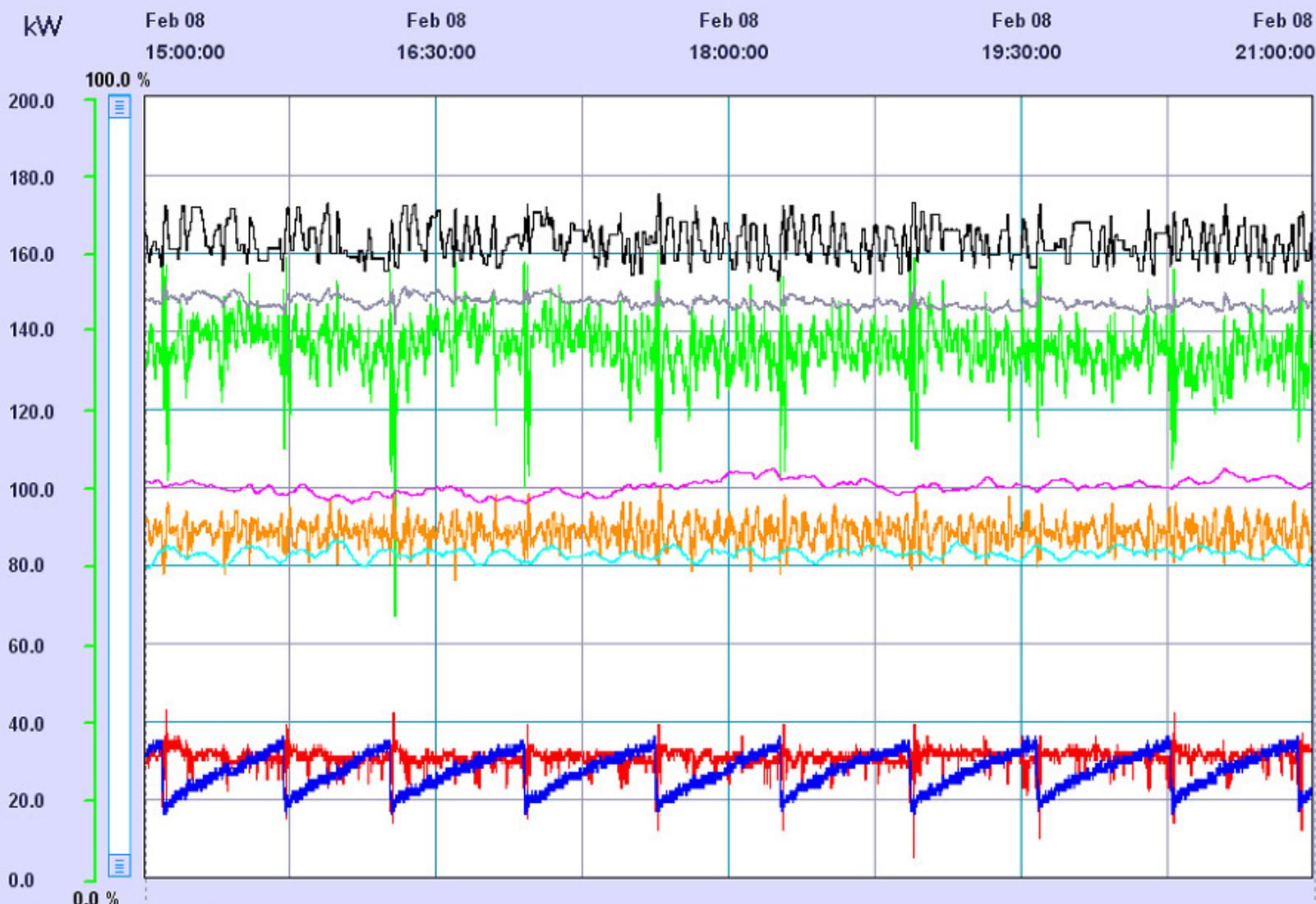
1 min	10 min	30 min
1 h	6 h	12 h
1 Tag	2 Tag	5 Tag
1 Wo	2 Wo	1 Mo

◀▶ Trend Laufzeit

▶ Trend Aktualisieren

🖨️ Trend Drucken

100.0 Startzeit



- L1_BHKW1_IW_An_Gen_P
131.67 ← Trend → 138.20
- L1_HVG1_IW_An_vKFilter_dp
30.00 ← Trend → 32.50
- L1_BHKW1_IW_An_Mo_O2
9.7 ← Trend → 8.8
- L1_BHKW1_IW_An_ZuluftKL_Stg
82.8 ← Trend → 82.5
- L1_HVG1_IW_An_KFilter_dp
32.2 ← Trend → 22.0
- L1_HVG1_IW_An_vKFilter_GasTemp
380.6 ← Trend → 379.5
- L1_BHKW1_IW_An_Mo_MK_RLTemp
79 ← Trend → 82
- L1_BHKW1_IW_An_Mo_Ladedruck
483 ← Trend → 476

Trend Zeitbereich

1 min	10 min	30 min
1 h	6 h	12 h
1 Tag	2 Tag	5 Tag
1 Wo	2 Wo	1 Mo

⏪ Trend Laufzeit

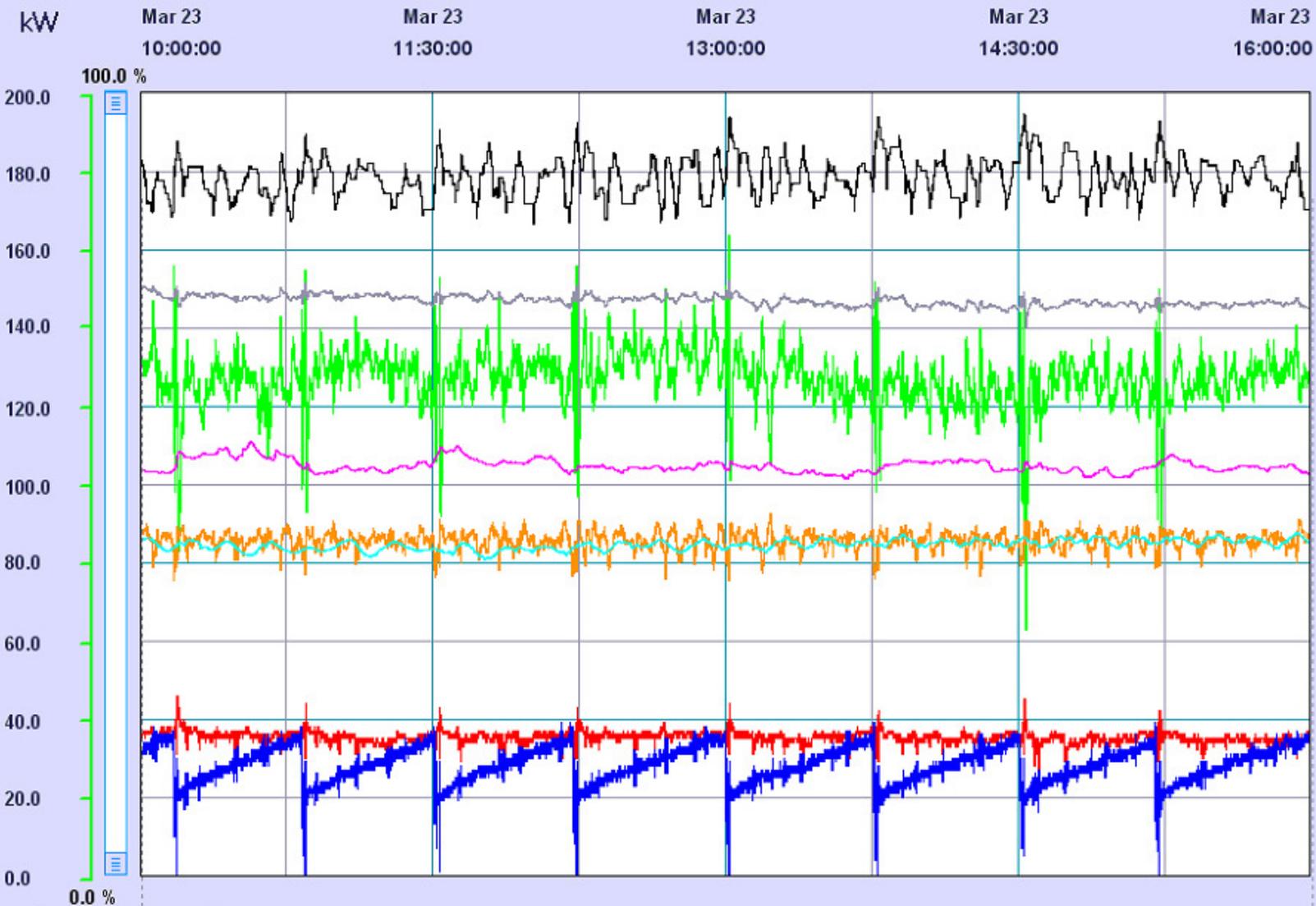
🔄 Trend Aktualisieren

🖨️ Trend Drucken

15:00:00

21:00:00

◀ 100.0 Startzeit ▶



- L1_BHKW1_IW_An_Gen_P
131.00 ← Trend → 128.13
- L1_HVG1_IW_An_vkFilter_dp
35.50 ← Trend → 35.50
- L1_BHKW1_IW_An_Mo_O2
9.2 ← Trend → 9.1
- L1_BHKW1_IW_An_ZuluftKL_Stg
91.6 ← Trend → 85.3
- L1_HVG1_IW_An_KFilter_dp
32.4 ← Trend → 35.0
- L1_HVG1_IW_An_vkFilter_GasTemp
388.5 ← Trend → 385.4
- L1_BHKW1_IW_An_Mo_MK_RLTemp
86 ← Trend → 85
- L1_BHKW1_IW_An_Mo_Ladedruck
509 ← Trend → 454

Trend Zeitbereich

1 min	10 min	30 min
1 h	6 h	12 h
1 Tag	2 Tag	5 Tag
1 Wo	2 Wo	1 Mo

◀▶ Trend Laufzeit

▶ Trend Aktualisieren

🖨️ Trend Drucken

◀ 10:00:00 ▶

◀ 16:00:00 ▶