

hochschule mannheim

Institut für
Energie- und
Umwelttechnik



Praktikum zur Vorlesung Umweltüberwachung (UMU)

Praktikumsversuch: Emissions- und Leistungsmessung an
einem gasbefeuelten Brennwertkessel

Inhaltsverzeichnis:

0. Allgemeines	3
Aufgabenstellung:	3
Vorbereitung:	3
Mitzubringen sind:	3
1. Versuchsdurchführung	4
1.1 Starten der Apparatur	4
1.2 Hinweise zur Apparatur	4
1.3 Hinweise zur Messung	4
2. Auswertung	6
2.1 Heiz- und Brennwert	6
2.2 Reaktionsgleichungen	6
2.3 Emissionskonzentration	6
2.4 E_B in Abhängigkeit von λ	6
2.5 Abgasverlust	6
2.6 Heizleistung	7
2.7 Optimaler Betriebspunkt	7
2.8 Diskussion	7
2.9 Beurteilung	7
2.10 Emissionserklärung	7
3. Informationen zum Emissionsmeßstand	8
3.1 Brennwertkessel	8
3.2 Meßgasaufbereitung	10
3.3 Meßgeräte	11
3.4 Emissionsmessung	12
3.5 Auswertungsmenü	15
3.5.1 Auswertung/ Meßdatentabelle	16
3.5.2 Auswertung/ Meßdatendiagramm	17
3.5.3 Auswertung/ Ergebnistabelle	20
3.5.4 Auswertung/ Ergebnisdiagramm	21
4. Emissionserklärung	22
4.1 Anlagen	22
4.2 Emissionserklärung: Quellen (QUE)	23
4.3 Betriebseinheiten (BE)	24
4.4 Gehandhabte Stoffe	25
4.5 Emissionsverursachende Betriebsvorgänge (EBV)	26
4.6 Emissionserklärung: Emissionen	27
4.7 Kürzel bzw. Code	28
5. Empfohlene Literatur und Quellen:	29

0. Allgemeines

Aufgabenstellung:

- Kennenlernen des Aufbaus und der Funktionsweise (Verfahren) einer Heizungsanlage mit Gasbrennkessel, eines Emissionsmeßstandes mit Analytoren und Sensoren (Temperatur, Volumenstrom, Luftdruck, Luftfeuchte) sowie der Überwachung in Form einer Leitwarte.
- Variation der Gas- und Luftzufuhr und Aufnahme der Emissionskonzentrationen der Abgase CO, CO₂, NO, NO₂, CH₄ und O₂ sowie der Heizungsparameter (Temperaturen, Volumenströme als Funktion der Luftzahl).
- Interpretation der Meßdaten
- Tieferes Verständnis des Verbrennungsprozesses und der dabei relevanten Verbrennungskenngrößen; Einführung in die Verbrennungsrechnung
- Durchführung einer Emissionserklärung nach 11. BImSchV, so als wäre die vorliegende Anlage genehmigungspflichtig.

Vorbereitung:

Literaturhinweise siehe Kapitel 5

Was ist die BImSchV?

Was ist eine Emissionserklärung?

Mitzubringen sind:

Praktikumsskript bearbeitet, Taschenrechner, USB-Stick, Datenblatt

1. Versuchsdurchführung

1.1 Starten der Apparatur

Der Emissionsmeßstand ist von den autorisierten Personen des Instituts eingeschaltet (kein Ein- und Ausschalten des Versuchsstandes durch Studenten!).

Zu Beginn des Versuches ist die zur Emissionsmessung eingerichtete Software am PC zu starten (Benutzername/Kennwort: Praktikum, Programmname: Emission). Nach dem Programmstart sind die Umgebungstemperatur und der Umgebungsdruck einzugeben. Die Funktion des Gasbrennwertkessels und der dazugehörigen Meßgeräte ist zu überprüfen.

1.2 Hinweise zur Apparatur

Die Konzentrationen der einzelnen Schadstoffkomponenten sind jeweils unter Berücksichtigung der Tot- und Anstiegszeiten an den Meßgeräten und am Bildschirm ablesbar. Auch die Ergebnisse der Temperatur- und Durchflußmessungen werden am Bildschirm angezeigt. Aus der eingesetzten Gas- und Luftmenge wird die Luftüberschußzahl λ automatisch nach folgender Gleichung ermittelt:

$$\lambda = \frac{\dot{V}_{Luft}^0}{L_{min} \cdot \dot{V}_{Gas}^0}$$

Hierbei stellt L_{min} die zur vollständigen Verbrennung notwendige Luftmenge dar. Das Programm „Emission“ bietet die Anzeige der Zusammensetzung des verwendeten Verbrennungsgases und aller verbrennungsrelevanter Kenngrößen. Zur Kontrolle der anzufertigenden Auswertung können diese Werte ausgedruckt werden.

1.3 Hinweise zur Messung

Zur Emissions- und Leistungsmessung werden am Gasbrennwertkessel die Einstellungen der Gas- und Luftzufuhr variiert. Dazu sind die Luftzufuhr an der Einlaufdüse des Brenners mit der Drosselklappe und die Gaszufuhr durch das Kombiventil so einzustellen, daß verschiedene Lambdawerte erreicht werden. Dabei werden für die Gaszufuhr zwei Werte zwischen 1,6 m³/h und 2,0 m³/h gewählt. Bei jeder Einstellung ist die Luftzufuhr in Schritten von ca. 0,5 m³/h bis zum automatischen Abschalten des Kessels zu drosseln. Die Emissionsmessungen sollten das Spektrum von

circa $\lambda = 1,1$ bis zu $\lambda = 1,7$ abdecken. Die Schritte zwischen den einzelnen Lambda-werten sind hierbei möglichst so zu wählen, daß sich stetige Kurvenverläufe ergeben.

Zu jedem Lambda-wert sind alle Meßwerte aufzunehmen. Dies geschieht durch Drücken der Schaltfläche „*Meßdaten schreiben*“. Daten können in tabellarischer Form über den Menüpunkt *Auswertung/Meßdatentabelle* überprüft werden. Hier ist es auch möglich, einzelne Datensätze wieder zu löschen und alle Daten auf dem Drucker auszugeben (Die Daten werden für die spätere Auswertung benötigt).

Sind alle Messungen beendet, können die Daten über den Menüpunkt *Datei/Speichern/Meßdaten* gesichert werden.

Die Darstellung der Meßergebnisse in Form eines Diagramms erfolgt über den Menüpunkt *Auswertung/Meßdatendiagramm*. Dieses Diagramm beinhaltet alle Emissionskomponenten oder kann wahlweise auch für einzelne Emissionskomponenten erstellt werden (diese Werte sind nicht auf den Bezugssauerstoffgehalt umgerechnet) Die so erhaltenen Diagramme werden ausgedruckt und zur Auswertung verwendet.

2. Auswertung

2.1 Heiz- und Brennwert

Zu berechnen sind Heiz- und Brennwert aus der Gaszusammensetzung des Brennstoffs. Die Zusammensetzung des Gases ist aus den Zusatzinformationen des Programms zu entnehmen. (Angabe der Formel und des Rechenweges nicht vergessen)

2.2 Reaktionsgleichungen

Die Reaktionsgleichungen für die Gaskomponenten sind anzugeben. Ausführlich berechnet werden sollen folgende Parameter: Mindest-Sauerstoffbedarf O_{\min} , Mindest-Luftbedarf L_{\min} , Wasserdampfmenge, feuchte und trockene Abgasmenge $V_{A,tr,\min} / V_{A,f,\min}$ (theoretisch für $\lambda = 1$)

(siehe Literatur: Cerbe/Hoffmann und Recknagel).

2.3 Emissionskonzentration

Die Meßwerte sind gemäß der TA-Luft auf einen Bezugssauerstoffgehalt $O_2 = 3$ Vol.-% zu beziehen:

$$E_B = E_M \cdot \frac{21 - O_{2,B}}{21 - O_{2,M}}$$

Hierbei sind:

E_B : Emissionskonzentration, bezogen auf den Bezugssauerstoffgehalt

E_M : gemessene Emissionskonzentration

$O_{2,M}$: gemessener Sauerstoffgehalt

$O_{2,B}$: Bezugssauerstoffgehalt

2.4 E_B in Abhängigkeit von λ

Erläuterung des Zusammenhangs zwischen Schadstoffkonzentration und Luftüberschuß anhand der im Versuch erstellten Diagramme (Emissionskonzentration in Abhängigkeit von λ).

2.5 Abgasverlust

Der Abgasverlust ist für alle Messungen nach folgender Formel zu berechnen (Fehler < 1%) und in Abhängigkeit der Luftzahl λ in einem Diagramm einzutragen:

$$q_A = (\vartheta_A - \vartheta_u) \cdot \left(\frac{A_1}{CO_2} + B \right)$$

Hierbei sind:

v_A : Abgastemperatur

v_U : Umgebungstemperatur

A_1 : 0,37 für Erdgas

B : 0,009 für Erdgas

CO_2 : gemessener CO_2 – Gehalt

2.6 Heizleistung

Die Heizleistung des Gasbrenners ist für alle λ -Werte zu ermitteln und in einem Diagramm aufzutragen.

$$P = m_w \cdot c_{p,w} \cdot \Delta\vartheta_w$$

Hierbei sind:

P = Heizleistung (Einheit in kWh angeben)

m_w = Wassermassenstrom

V_G = Gasvolumenstrom (kg/h)

$c_{p,w}$ = spezifische Wärmekapazität ($c_{p,w}=4,183$ kJ/kgK zwischen 20°C und 60°C)

$\Delta\vartheta$ = Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauftemperatur des Kreislaufwassers

2.7 Optimaler Betriebspunkt

Unter Gewichtung der betrachteten Emissionen, Abgasverluste und Leistungsdaten ist einen optimaler Betriebspunkt zu wählen und zu begründen.

2.8 Diskussion

Ganzheitliche Diskussion der Emission und der Heizleistung als Funktion der Luftzahl im Vergleich zu der Theorie der Verbrennungsrechnung

2.9 Beurteilung

Vergleich des Brennwertkessels mit anderen Emittenten (beispielsweise Feuerungsanlagen ohne Brennwertnutzung, Ölfeuerungen). Wie lässt sich der vorliegende Gasbrenner nach 1. BImSchV (Kleinfeuerungsanlagen) beurteilen?

2.10 Emissionserklärung

Durchführung einer Emissionserklärung nach 11. BImSchV. Der vorliegende Versuchsstand ist zwar nach 4. BImSchV nicht genehmigungspflichtig, soll aber hier als solcher behandelt werden. Dazu sind die Energie- und Massenbilanzen (Konzentration und Volumenstrom) der etwa zweistündigen Messung auf eine jährliche Messung hochzurechnen und die Formblätter gemäß Anlage auszufüllen.

3. Informationen zum Emmissionsmeßstand

3.1 Brennwertkessel

Verwendet wird ein Gasbrennwertkessel GB220 (S) E der Firma Paradigma, dessen Nennwärmeleistung von 19,6 auf 11 kW gedrosselt ist. Betrieben wird der Brenner mit Erdgas H, welches von der Stadtwerke Mannheim AG geliefert wird. Als Verbrennungsluft wird die Umgebungsluft des Umweltmeßtechniklabors verwendet. Zur Abführung der Verbrennungswärme wird Leitungswasser benutzt. In Abbildung 1 ist der verwendete Gasbrennwertkessel mit seinen wichtigsten Funktionselementen dargestellt:

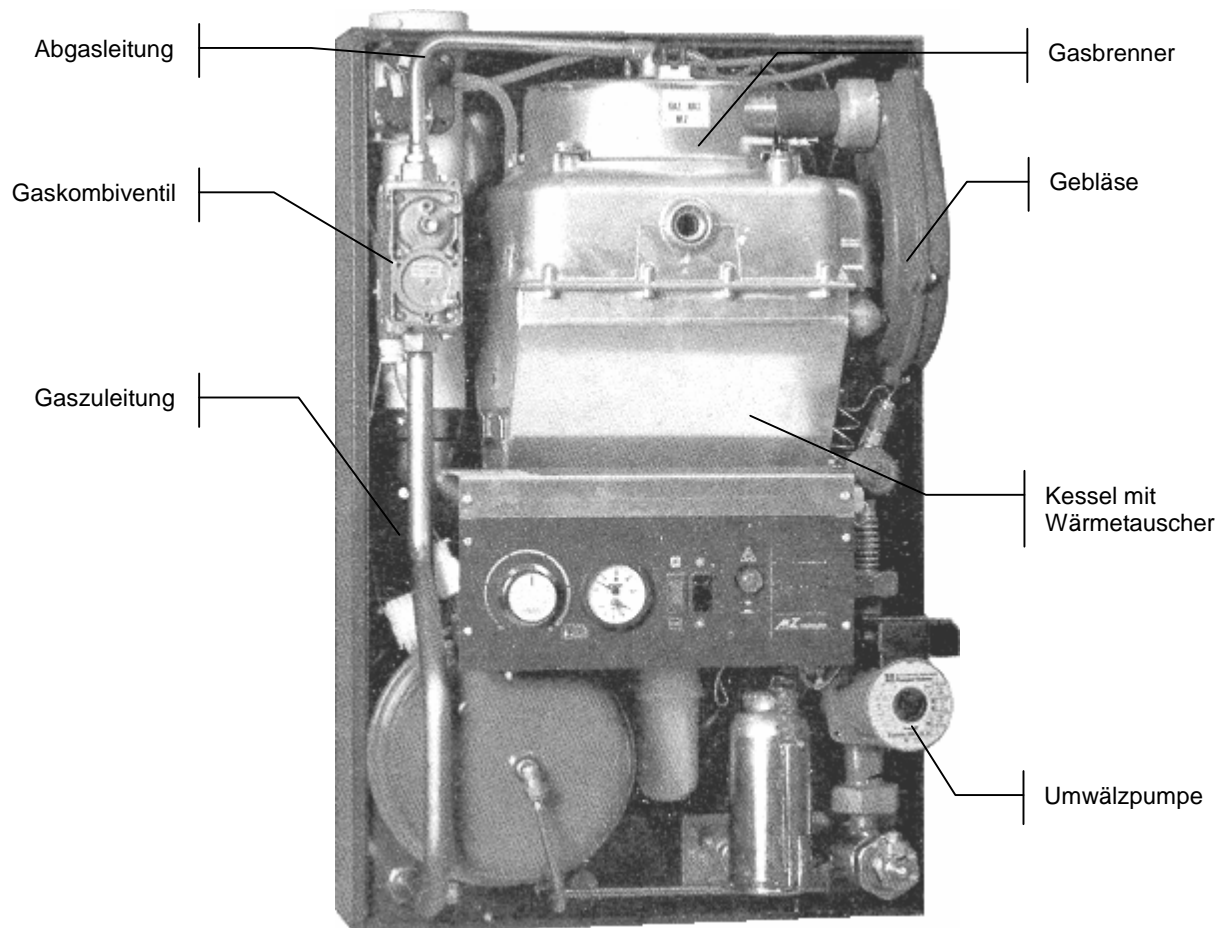


Abbildung 1: Gasbrennwertkessel GB 220(S)E der Fa. Paradigma

Das Gas zur Verbrennung gelangt in eine Vormischkammer, wo es mit der durch das Gebläse angesaugten Umgebungsluft vermischt wird; durch eine Zündelektrode/ Ionisationselektrode wird das Gasgemisch im überkopf angeordneten Gasbrenner entzündet.

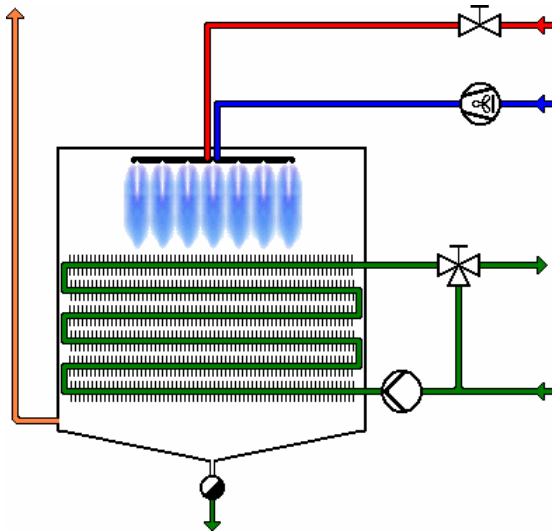


Abbildung 2: R & I - Fließbild Brennwertkessel

In Abbildung 2 ist ein vereinfachtes R & I – Fließbild des Gasbrennwertkessels dargestellt. Die Dosierung der Gasmenge zur Verbrennung kann durch das Gas kombiventil eingestellt werden. Ebenso ist es möglich den Luftstrom in die Brennkammer zu regulieren, indem man eine vor das Gebläse montierte Drosselklappe betätigt. Beide Gasströme lassen sich jedoch nur bis zu einem gewissen Grad manipulieren, über die das Sicherheits-system des Brennwertkessels wacht,

um eine gefahrlose Verbrennung zu garantieren. Das bis zu $\sim 750\text{ }^{\circ}\text{C}$ heiße Rauchgas strömt vom Brenner nach unten auf den Rippenrohrwärmetauscher, der nach dem Gegenstromprinzip das Durchlaufwasser erhitzt. An dem leistungsfähigen Wärmetauscher werden die Abgase bis unter den Taupunkt abgekühlt, um den Heizwert H_o (Brennwert) nutzbar zu machen. Das dabei entstehende Kondensat wird in die Kanalisation abgeleitet. Das Kondensat ist auch der Grund dafür, daß der Brenner überkopf angeordnet ist, da sonst herabtropfendes Kondensat die Flamme im Brenner beeinträchtigen würde.

Der Wasserdurchfluß ist beim regulären Einbau in einem Heizsystem ein reines Kreislaufsystem, bei dem die einzelnen Heizkörper die erzeugte Energie wieder an die Umgebung abgeben. Da es bei der im Umweltmeßtechniklabor vorhandenen Anlage nicht möglich ist, die freiwerdende Energie durch Heizkörper abzuführen, wird als Rücklauf des Kessels Frischwasser verwendet. Der überwiegende Teil des Wasservorlaufs wird durch ein Dreiwegeventil im Kreislauf geführt um den Frischwasserverbrauch gering zu halten. Der übrige Teil des Vorlaufs gelangt in die Kanalisation. Die im Kreislauf geführte Wassermenge läßt sich durch das Dreiwegeventil einstellen. Das Rauchgas wird durch den Wärmetauscher bis auf eine Temperatur zwischen circa $+ 25$ und $+ 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ heruntergekühlt und strömt durch die ins Freie führende Abgasleitung.

3.2 Meßgasaufbereitung

Einen Überblick über die Meßgasaufbereitung am Emissionsmeßstand ist in Abbildung 3 als R & I – Fließbild dargestellt. Das Meßgas zur Analyse der Emissionen beim Betrieb des Gasbrennkessels kann direkt dem Brennraum oder der Abgasleitung entnommen werden. Direkt an der Entnahmestelle befindet sich jeweils ein beheizter Staubabscheider (mit einem Ringheizkörper ummantelter Zyklon der Fa. Hartmann & Braun), welcher die Aufgabe hat, Ruß aus dem Abgas zu filtern, damit keine Ablagerungen in den danach angeordneten Einrichtungen entstehen und die Emissionsmeßgeräte in ihrer Funktion nicht beeinträchtigt werden.

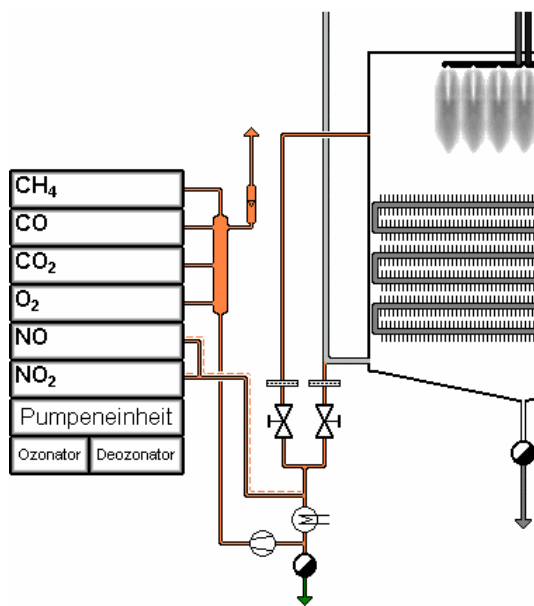


Abbildung 3: R & I - Fließbild Meßgasaufbereitung

Nach der Staubabscheidung gelangt das Meßgas in einen Elektrogaskühler des Typs EC der Firma M & C Analysetechnik GmbH. Dieser Gaskühler funktioniert nach dem Kompressorkühlprinzip und hat die Aufgabe, das Meßgas auf die Arbeitstemperatur der Emissionsmeßgeräte abzukühlen und die Restfeuchte auszukondensieren. Die Restfeuchte muß dem Meßgas entnommen werden, damit die Emissionsmeßgeräte in ihrer Funktion nicht beeinträchtigt werden. Das hierbei anfallende Kondensat gelangt in ein Kondensatsammelgefäß. Zur automatischen Kondensatentleerung ist eine Schlauchpumpe angebracht. Nach der Kondensatabscheideeinheit ist eine Kolbenpumpe angeordnet, welche für den Unterdruckbetrieb (Saugbetrieb) der vorangehenden Apparaturen sorgt. Am Ausgang der Pumpe (Überdruckseite) wird das Meßgas in eine kleine Mischkammer geleitet. An dieser Mischkammer befinden sich die einzelnen Anschlüsse für die Zuleitungen zu den jeweiligen Emissionsmeßgeräten.

Nach der Staubabscheidung gelangt das Meßgas in einen Elektrogaskühler des Typs EC der Firma M & C Analysetechnik GmbH. Dieser Gaskühler funktioniert nach dem Kompressorkühlprinzip und hat die Aufgabe, das Meßgas auf die Arbeitstemperatur der Emissionsmeßgeräte abzukühlen und die Restfeuchte auszukondensieren. Die Restfeuchte muß dem Meßgas entnommen werden, damit die Emissionsmeßgeräte in ihrer Funktion nicht beeinträchtigt werden. Das

hierbei anfallende Kondensat gelangt in ein Kondensatsammelgefäß. Zur automatischen Kondensatentleerung ist eine

Das Emissionsmeßgerät CLD 700 EL ht der Firma Tecan zur Messung von NO_x - Emissionen wird jedoch nicht über die beschriebene Meßgasaufbereitung versorgt. Dieses Gerät arbeitet in einem zulässigen Feuchtigkeitsbereich des Meßgases zwischen 5 und 95%, wobei das Meßgas nicht kondensieren darf¹. Hierzu ist eine separate beheizte Leitung vorhanden, welche das Meßgas auf eine Temperatur von ca. + 150 °C erwärmt. Da in dem Gerät intern auch eine Pumpe integriert ist, wurde die beheizte Leitung zwischen den Rußabscheider und den Meßgeräteeingang gelegt.

3.3 Meßgeräte

Alle bei der Emissionsmessung zum Einsatz kommenden Meßprinzipien wurden in der Umweltmeßtechnik-Vorlesung besprochen und werden im Rahmen dieser Praktikumsanleitung nicht behandelt. Zur Vorbereitung auf das Praltikum dient die nachfolgende Tabelle:

Meßkomponente	Meßprinzip	Hersteller / Typ
CH ₄	NDIR / Einstrahlanalysator	Siemens/Ultramat 22P
CO	NDIR / Zweistrahl-Gegen-taktverfahren	Siemens/Ultramat 5E-2R
CO ₂	NDIR / Zweistrahl-Gegen-taktverfahren	Siemens/Ultramat 5E
O ₂	Paramagnetismus (Drehwaage)	Hartmann&Braun / Magnos 6G
NO _x	Chemolumineszens	Tecan/CLD 700 EL ht

3.4 Emissionsmessung

Nach dem erfolgreichen Programmstart erscheint das Hauptfenster der Software „Emission“, wie in Abbildung 5 dargestellt, mit dem R & I – Fließbild der gesamten Anlage mit der dazugehörigen Meßtechnik:

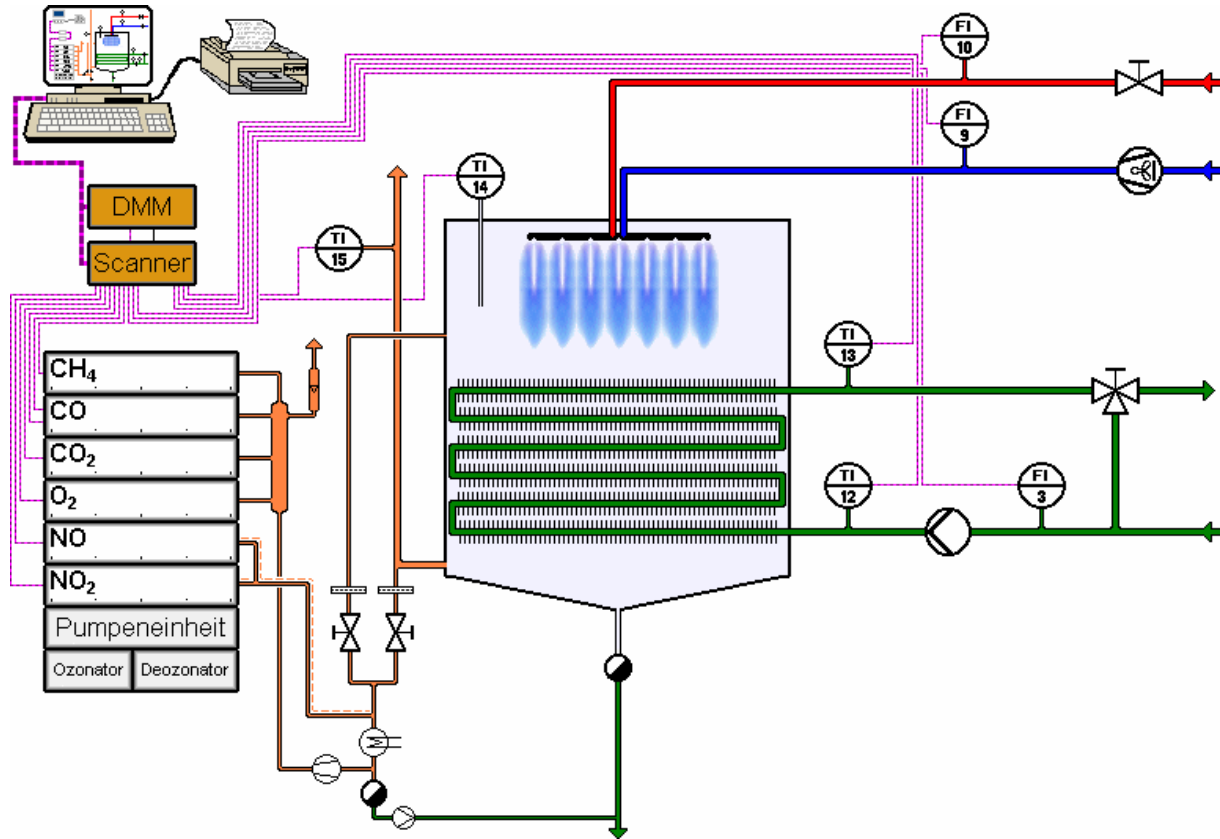


Abbildung 5: Meßfenster der Software „Emission“

Im R & I - Fließbild sind alle Meßstellen verzeichnet. An den Meßstellen werden die Werte dieser Messungen direkt angezeigt. Hierbei werden nach dem Einlese-schema die Daten aller Meßkomponenten eingelesen. Diese Daten, welche als Spannungen vorliegen, werden darauf programmintern durch die jeweilige Kalibrierfunktion in die gewünschte Meßgröße umgerechnet. Die Spannungen an den Thermoelementen werden durch Aproximationsfunktionen in die entsprechenden Temperaturen umgewandelt.

Der Lambdawert wird ermittelt, wobei die normierten Volumenströme von Luft und Gas Verwendung finden. Ist die Anzeige von normierten Daten im Konfigurationsmenü aktiviert, so werden die Meßdaten der Komponenten CO, NO und NO₂ auf den Bezugssauerstoffgehalt von drei Volumenprozent umgerechnet und der auf Normbe-

dingungen ($v = 273,15 \text{ K}$, $p = 1013 \text{ mbar}$) gebrachte Gas- und Luftvolumenstrom wird ausgegeben. Ist die Anzeige der Energiedaten aktiv, so sind diese berechneten Werte im Rahmen „Energiedaten“ sichtbar. Ebenso werden nach den Näherungsformeln für die Luftüberschusszahl λ bei aktiv gesetztem Menüpunkt *Lambdanäherung* Werte neu ermittelt

Alle gezeichneten Fließbildkomponenten werden durch eine direkt im Fenster eingeblendete Kurzhilfe benannt, wenn man sich mit der Maus darüber bewegt.

Zusätzlich sind im Fließbild Funktionalitäten integriert, die vielfältige Funktionen ermöglichen. Wenn eine Funktion für die Komponente unter dem Mauszeiger verfügbar ist, so wechselt er sein Aussehen von einem Pfeil zu einem Zeigefinger.

Im Folgenden werden alle Komponenten im R & I - Fließbild benannt, bei welchen Funktionen integriert sind:

- Brennerflammen und Gasleitung

Ein Mausklick auf diesen beiden Symbolen führt zur Anzeige der Gasdaten. Diese Funktion wird ebenso beim Anwählen des Menüpunktes *Konfiguration/Gasdaten* ausgeführt.

- Wärmetauscher

Wird die Funktion auf dem Wärmetauscher ausgeführt, so entspricht dies dem Menüpunkt *Konfiguration/Energiedaten* und *aktiviert/deaktiviert* so die Anzeige der Energiedaten.

- Volumenstromeinheiten

Ein doppelter Mausklick auf den Einheiten der Volumenstromanzeigen bewirkt eine Umrechnung zwischen verschiedenen Einheiten. So wird die Einheit von m^3/h in l/min und umgekehrt geändert; der Meßwert wird ebenso umgerechnet.

- **Meßwertanzeige**

Alle Meßkomponenten können durch einen doppelten Mausklick auf der Anzeige des jeweiligen Meßwertes in einem erscheinenden Fenster (siehe Abbildung 6) aktiviert/deaktiviert werden:



Abbildung 6: Aktivieren/ Deaktivieren von Meßkomponenten

In diesem Fenster kann die gewählte Meßkomponente bei Ausfall eines Meßgerätes deaktiviert werden, so daß keine Meßwerte von diesem Gerät angefordert werden. Bei Bedarf kann der Meßwert mit einem konstanten Wert durch manuelle Eingabe belegt werden. Wird der Lambdawert deaktiviert, so werden die Näherungswerte für Lambda verwendet.

- Emissionswerteinheiten

Wird ein doppelter Mausklick auf dem Symbol einer Einheit bei den Emissionsmeßgeräten durchgeführt, so wechselt die Anzeige von ppm in Vol% und umgekehrt. Der Meßwert wird entsprechend umgerechnet.

- PC

Die Funktion der Schaltfläche „Meßdaten schreiben“ wird beim Anklicken des Symbols des PC ausgeführt.

- Drucker

Durch einen Mausklick auf dem Symbol des Druckers ist es möglich, das gesamte Fließbild zu Dokumentationszwecken auf einem frei wählbaren Drucker auszugeben.

- Umgebungstemperaturwert

Bei aktiver Anzeige der Umgebungsdaten im R & I - Fließbild führt ein Doppelklick auf die Anzeige des Temperaturwertes zu einer erneuten Eingabe der Umgebungstemperatur. Diese Funktion entspricht dem Menüpunkt *Konfiguration/Umgebungsdaten/Temperatur*.

- Umgebungsdruckwert

Ebenso nur bei aktiver Anzeige der Umgebungsdaten, führt ein doppelter Mausklick auf dem Wert des Umgebungsdruckes zu einer Neueingabe dieses Wertes. Dies entspricht dem Menüpunkt *Konfiguration/Umgebungsdaten/Druck*.

Die Aufnahme von Meßdaten geschieht durch Drücken der Schaltfläche „*Meßdaten schreiben*“. Hierbei werden alle Emissionswerte, Volumenströme und Temperaturen in der Tabelle Meßdaten in eine Zeile eingetragen. Ebenso werden Daten in die Tabelle Ergebnisdaten geschrieben.

Am oberen Bildschirmrand des Fensters ist das Programmenü angeordnet, welches in den folgenden Kapiteln beschrieben wird.

3.5 Auswertungsmenü

Wurden Meßdaten aufgenommen oder wurde eine Datei geöffnet, so ist es über diesen Menüpunkt möglich, die Daten in tabellarischer Form oder als Diagramm anzuzeigen:

3.5.1 Auswertung/ Meßdatentabelle

Abbildung 7 zeigt die tabellarische Darstellung der Meßdaten:

	Datum	Uhrzeit	Lambda	CH4	CO	CO2	O2	NO	NO2	Wasser	Luft	Gas	Rücklauf	Vorlauf	Brennraum	Abgas
	TT.MM.JJJJ	hh:mm:ss	-	ppm	ppm	Vol%	Vol%	ppm	ppm	m³/h	m³/h	m³/h	°C	°C	°C	°C
1	06.03.1998	13:15:48	1.02	162.29	28575	8.89	0.24	22.57	0.97	1.30	20.72	2.13	23.99	36.22	709.36	28.63
2	06.03.1998	13:18:49	1.04	69.41	22493	9.14	0.30	24.85	1.37	1.31	21.13	2.13	23.59	36.32	717.44	29.16
3	06.03.1998	13:21:46	1.05	170.96	22783	9.19	0.33	24.96	1.27	1.30	21.32	2.12	24.07	36.92	716.28	28.98
4	06.03.1998	13:26:12	1.07	1.17	16500	9.48	0.45	27.22	1.87	1.29	21.67	2.13	26.18	39.35	707.90	31.07
5	06.03.1998	13:32:12	1.08	1.12	14532	9.60	0.46	28.22	1.47	1.29	21.91	2.13	25.82	39.21	710.02	31.02
6	06.03.1998	13:37:28	1.09	1.17	11415	9.69	0.57	28.12	2.06	1.29	22.12	2.12	25.07	38.57	719.96	30.51
7	06.03.1998	13:42:05	1.10	1.17	9149.4	9.78	0.64	28.61	2.26	1.29	22.32	2.12	23.96	37.73	719.86	30.67
8	06.03.1998	13:48:19	1.10	1.17	8177.5	9.79	0.66	28.41	2.32	1.31	22.35	2.13	23.58	38.48	722.99	31.44
9	06.03.1998	13:54:07	1.11	1.22	6680.4	9.85	0.84	28.06	3.26	1.29	22.48	2.13	26.64	40.27	730.22	32.11
10	06.03.1998	14:02:12	1.13	1.17	4665.1	9.84	1.00	27.32	4.06	1.31	22.76	2.12	23.98	38.58	733.89	32.01
11	06.03.1998	14:08:31	1.13	1.17	4339.1	9.82	1.07	27.22	3.96	1.32	22.97	2.13	24.44	39.43	733.67	32.35
12	06.03.1998	14:14:30	1.14	1.01	3739.1	9.80	1.14	26.72	4.66	1.32	22.91	2.13	25.81	40.59	718.42	32.55
13	06.03.1998	14:22:54	1.15	1.17	2758.9	9.79	1.25	26.72	4.56	1.30	23.34	2.13	24.10	38.41	715.41	31.62
14	06.03.1998	14:28:24	1.16	1.17	1697.3	9.72	1.51	25.93	6.06	1.32	23.57	2.13	24.96	40.15	704.74	32.95
15	06.03.1998	14:35:32	1.17	1.12	1498.7	9.72	1.55	25.74	5.86	1.29	23.73	2.13	24.46	38.41	703.05	31.69
16	06.03.1998	14:54:04	1.18	1.06	565.53	9.49	2.03	25.03	6.55	1.32	23.93	2.13	25.28	40.52	695.34	33.41
17	06.03.1998	14:58:24	1.20	1.12	468.47	9.48	2.10	24.86	6.85	1.28	24.26	2.13	26.09	39.86	694.15	32.80
18	06.03.1998	15:06:27	1.20	1.28	319.52	9.40	2.27	24.56	7.15	1.29	24.42	2.13	26.61	40.68	690.39	33.57
19	06.03.1998	15:22:05	1.22	1.12	224.10	9.28	2.52	24.35	7.15	1.30	24.75	2.13	24.62	39.11	689.08	33.68
20	06.03.1998	15:34:20	1.22	1.17	190.56	9.24	2.58	24.16	7.35	1.32	24.83	2.13	25.14	40.43	690.69	34.18
21	06.03.1998	15:41:58	1.23	1.17	132.93	9.13	2.82	23.76	7.45	1.31	24.98	2.13	24.43	38.92	681.14	33.71
22	06.03.1998	15:50:50	1.25	1.12	100.17	9.04	3.05	23.66	7.52	1.29	25.35	2.14	25.77	39.77	684.88	33.78
23	06.03.1998	15:58:19	1.24	1.17	87.85	9.00	3.12	23.36	7.45	1.29	25.31	2.14	26.23	40.15	683.56	34.09
24	06.03.1998	16:01:24	1.26	1.22	67.53	8.90	3.30	22.57	7.31	1.31	25.50	2.13	25.83	40.95	685.58	35.03
25	06.03.1998	16:08:31	1.27	1.22	72.45	8.92	3.27	22.56	7.35	1.30	25.91	2.14	24.45	38.98	682.30	34.24
26	06.03.1998	16:24:22	1.28	1.17	66.24	8.88	3.39	22.67	7.45	1.29	25.54	2.13	25.58	39.52	682.42	33.83
27	06.03.1998	16:31:08	1.28	1.28	52.39	8.77	3.45	22.07	7.44	1.29	25.96	2.13	25.63	39.78	680.81	33.96
28	06.03.1998	16:40:29	1.29	1.06	52.99	8.78	3.54	21.98	7.15	1.28	26.16	2.13	26.80	40.84	679.15	34.88
29	06.03.1998	16:45:19	1.30	1.22	45.90	8.67	3.63	21.48	7.45	1.29	26.45	2.13	25.69	39.71	676.66	34.21
30	06.03.1998	16:54:15	1.31	1.17	35.49	8.64	3.85	20.59	7.45	1.28	26.57	2.13	26.82	40.79	674.48	35.10

Abbildung 7: Tabellarische Darstellung der Meßdaten

In dieser Tabelle befindet sich neben einem Meßreihenindex, dem Meßdatum und der Meßuhrzeit auch der berechnete Lambdawert. In den Spalten daneben sind die Meßdaten der Emissionsmeßgeräte (CH₄ / ppm, CO / ppm, CO₂ / Vol%, O₂ / Vol%, NO / ppm, NO₂ / ppm), der Volumenstrom- (Wasser, Luft, Gas jeweils in m³/h) und der Temperaturmessungen (Rücklauf-, Vorlauf-, Brennraum-, Abgastemperatur jeweils in °C) eingetragen.

Mit der Maus oder mit der Tastatur kann man einzelne Zeilen der Tabelle auswählen. Durchs Drücken der Entf-Taste läßt sich ein Datensatz nach vorheriger Sicherheitsabfrage löschen. Dieselbe Funktion wird ausgeführt mit der Schaltfläche „Zeile löschen“. Der Button „Sortieren nach Lambda“ ermöglicht es, die Datensätze aufsteigend nach der Luftüberschußzahl λ (Spalte 4) zu sortieren. Wird der Schalter „Drucken“ betätigt, so erscheint ein Fenster zur Auswahl des Druckers, an den die

Meßdatentabelle gesendet werden soll. Es liegt damit ein schriftliches Protokoll der Messung vor. Mit „OK“ wird die Anzeige der Meßdatentabelle beendet.

3.5.2 Auswertung/ Meßdatendiagramm

Dieser Menüpunkt bietet den Zugang zur Diagrammansicht der Meßdaten (siehe Abbildung 8). Hier ist es möglich alle Emissionskonzentrationen (CH_4 , CO , CO_2 , O_2 , NO , NO_2) über Lambda in einem Diagramm darzustellen:

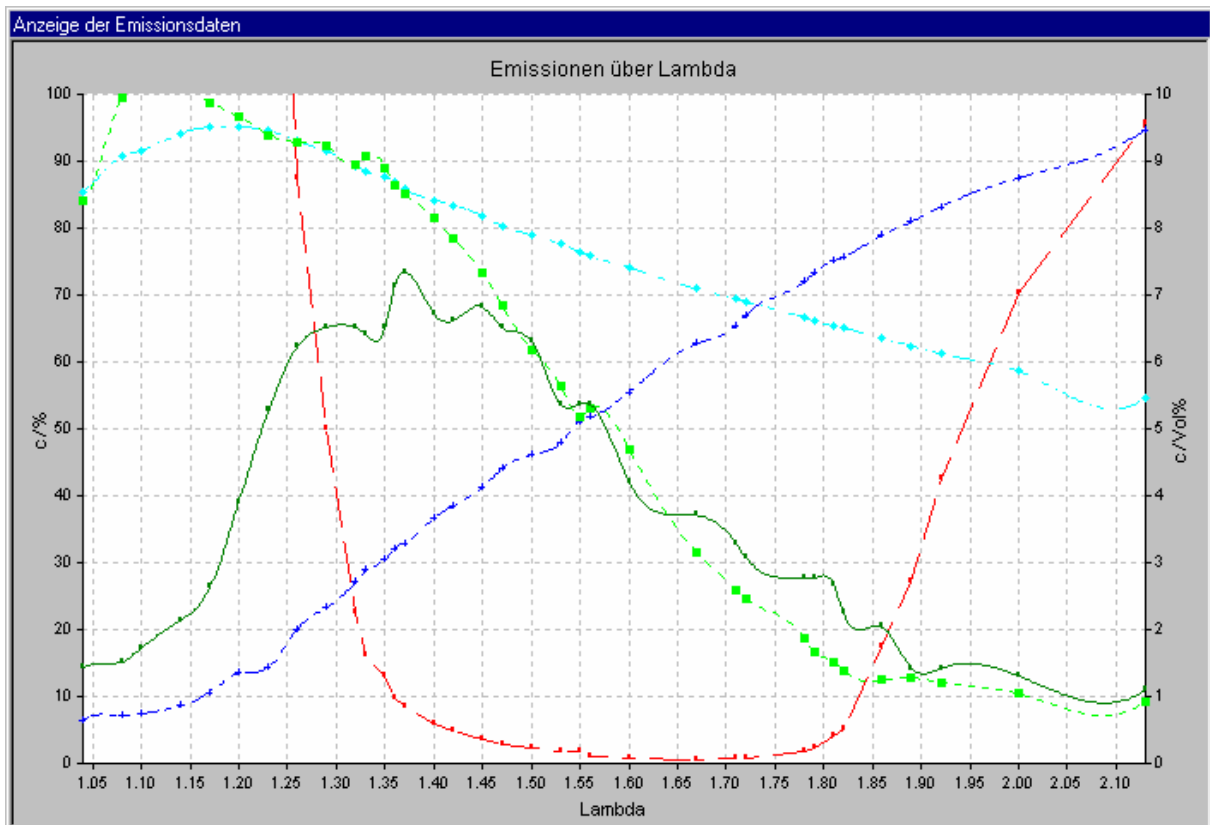


Abbildung 8: Diagrammdarstellung der Meßwerte

Das Diagramm ist mit zwei Konzentrations-Achsen ausgestattet: Die linke Achse zeigt die Konzentration von 0 bis 100 Prozent vom jeweiligen Maximalwert (im Fenster „Diagrammkonfiguration“ abzulesen) der Emissionskomponenten. Die rechte Achse erstreckt sich von Null bis zum Maximalwert der gerade aktiven Emissionskomponente im Fenster „Diagrammkonfiguration“ (siehe nächste Seite), in der entsprechenden Einheit. Die Lambdaachse reicht vom kleinsten bis zum größten gemessenen Lambdawert.

Das Diagramm ist mit einer Fangfunktion ausgestattet. Das heißt, daß durch Drücken der Maustaste auf dem Diagramm der nächstgelegene Punkt als Wertepaar (Lambda und zugehöriger Konzentration) am rechten oberen Rand des Diagramms angezeigt wird. Man kann die Maustaste gedrückt halten und sich über das ganze

Diagramm hinwegbewegen, so daß alle Punkte einer Kurve angezeigt werden. Es ist dabei zu beachten, daß wegen der Übersichtlichkeit nur Punkte der gerade im Fenster „Diagrammkonfiguration“ ausgewählten Komponente angezeigt werden.

Es sind zwei Fenster auf der Oberfläche sichtbar: Das eine zeigt das eben beschriebene Diagramm „Emissionen über Lambda“ und das andere beinhaltet Legende und die Konfiguration des Diagramms. Beide Fenster können beliebig auf der Oberfläche angeordnet werden.

Das Fenster „Diagrammkonfiguration“ beinhaltet in tabellarischer Form die verfügbaren Komponenten und deren Darstellungsart, wie in Abbildung 9 dargestellt:

Komponente	Minimum	Maximum	Einheit	Linie	Symbol	Trendkurve
CH4	0	100	ppm	—	Kreis	Punkte verbinden
CO	0	3000	ppm	—	Quadrat	Punkte verbinden
CO2	0	10	Vol%	- - - -	Raute	
O2	0	10	Vol%	- - - -	Kreuz	Linear
NO	0	30	ppm	- - - -	Kreis	Kurve
NO2	0	10	ppm	—	Quadrat	Kurve

The screenshot also shows a control panel on the right with buttons for 'Diagramm drucken', 'Diagramm speichern', 'OK', 'Hilfe', and 'Abbrechen'.

Abbildung 9: Diagrammkonfigurationsfenster

Die erste Spalte beinhaltet die Kurzbezeichnung der jeweiligen Komponente. In den beiden nächsten Spalten befinden sich die Darstellungsbereiche im Diagramm (Minimal- und Maximalwerte). Die Einheit des Darstellungsbereiches ist in der vierten Spalte eingetragen. Als fünfte Spalte ist die Linienart definiert, mit welcher die einzelnen Meßpunkte im Diagramm verbunden werden; die nächste Spalte kennzeichnet die Darstellung der einzelnen Meßpunkte. Als letztes ist den Typ der Trendkurve, die durch die Meßreihe gelegt ist, ersichtlich.

Mit einem Doppelklick auf eine Zeile in dieser Tabelle können die Eigenschaften der dargestellten Meßkomponente bearbeitet werden.

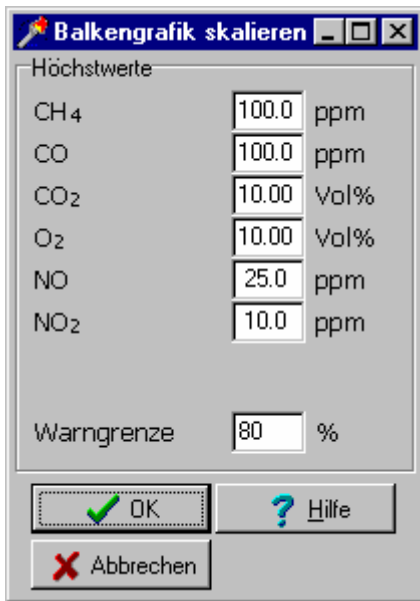


Abbildung 10: Eingabefenster Diagrammkonfiguration bearbeiten

Das Fenster „Diagrammkonfiguration bearbeiten“ in Abbildung 10 zeigt alle Eigenschaften, die in der Tabelle im Konfigurationsfenster für die gewählte Meßkomponente enthalten sind. Der Linientyp kann dadurch geändert werden, indem auf dem Feld, auf dem die Linie dargestellt ist, ein Doppelklick mit der Maus ausgeführt wird. Ebenfalls nach einem Doppelklick, kann die Farbe der Linie und der Meßpunkte geändert werden. Es erscheint hierbei ein Fenster welches eine uneingeschränkte Farbauswahl gestattet. Als zusätzlicher Auswahlpunkt ist das Feld Aktiv

vorhanden. Wird die Eigenschaft Aktiv auf Nein gesetzt, so wird die Komponente im Diagramm nicht angezeigt. Im Fenster „Diagrammkonfiguration“ wird die entsprechende Zeile schattiert dargestellt. Wird Aktiv wieder auf Ja gesetzt, ist die Komponente im Diagramm und in dem Konfigurationsfenster wieder sichtbar.

Wird das Fenster „Diagrammkonfiguration bearbeiten“ mit „Abbrechen“ beendet, so werden die durchgeführten Änderungen verworfen. Übernommen werden die Änderungen durch Betätigen der Schaltfläche „OK“. In dem Fenster „Diagrammkonfiguration“ ist es möglich, durch Drücken der Taste „Diagramm drucken“ ein weiteres Fenster (Abbildung 11) zur Auswahl des Druckvorgangs anzuzeigen:

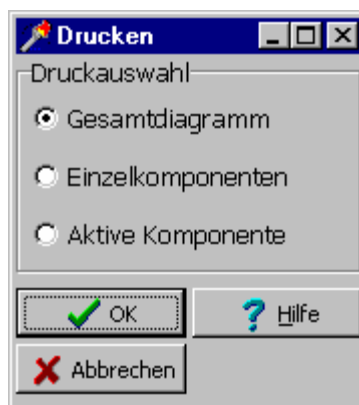


Abbildung 11: Druckmöglichkeiten des Diagramms

Dieses Fenster bietet drei Optionen:

- Gesamtdiagramm

Diese Option bietet die Möglichkeit, das Diagramm in der vorliegenden Konfiguration mit allen sichtbaren Meßkomponenten auf einem Blatt auszudrucken.

- Einzeldiagramme

Durch diese Wahl werden einzelne Diagramme für alle aktiven Meßkomponenten ausgedruckt. Der Ausdruck erfolgt mit den im Fenster „Diagrammkonfiguration“ gewählten Einstellungen.

- Aktive Komponente

Wird zum Drucken diese Option ausgewählt, so wird lediglich für die in dem Fenster „Diagrammkonfiguration“ ausgewählte Komponente ein Diagramm gedruckt. Alle anderen Meßkomponenten werden nicht dargestellt.

Der Button „OK“ veranlaßt das Drucken mit der gewählten Option. Der Ausdruck erfolgt nach Auswahl eines Druckers in einem Druckerkonfigurationsfenster. Wird „Abbrechen“ gedrückt, so wird kein Ausdruck an den Drucker gesendet.

Im Fenster „Diagrammkonfiguration“ ist zusätzlich möglich, durch Drücken der Taste „Diagramm speichern“, das Diagramm in der vorliegenden Ansicht als Grafik abzuspeichern, so daß eine weitere Verwendung zum Beispiel in einem Textverarbeitungssystem erfolgen kann. Nach Drücken dieser Taste erscheint ein Fenster zur Eingabe oder Auswahl eines Dateinamens und Pfades, unter dem die Diagrammgrafik gespeichert werden soll. Der Typ der Grafik entspricht dem Grafikformat Bitmap (BMP).

Beendet wird das Fenster „Diagrammkonfiguration“ durch „OK“. Hiernach wird die aktuelle Konfiguration in der Windowsregistrierung automatisch gesichert, so daß diese beim nächsten Programmaufruf wieder zur Verfügung steht. Wird das Fenster durch „Abbrechen“ beendet, so werden alle Konfigurationseinstellungen verworfen.

3.5.3 Auswertung/ Ergebnistabelle

Hier werden die Ergebnisdaten tabellarisch dargestellt. Gegenüber den oben genannten Daten in der Meßdatentabelle sind die Emissionsdaten CO, NO und NO₂ in dieser Tabelle auf den Bezugssauerstoffgehalt von drei Prozent umgerechnet. Die Volumenströme von Gas und Luft sind in dieser Tabelle auf Normbedingungen

korrigiert. Zusätzlich finden sich in dieser Tabelle aus den Meßdaten berechnete Werte: Temperaturdifferenz im Wärmetauscher (in °C), Heizleistung Q (in kW), spezifische Heizleistung q_{spez} (in kWh/m³), Abgasverlust (in %), Dichte ρ (in kg/m³) des Wassers im Wärmetauscher bei mittlerer Temperatur und die spezifische Wärmekapazität

c_p (in kJ/kgK) des Wassers bei mittlerer Temperatur. Diese zusätzlichen Werte können bei einer weiterführenden Auswertung der Daten hilfreich sein.

Wie auch in der Meßdatentabelle sind hier die Funktionen „Sortieren nach Lambda“ und „Datensatz löschen“ verfügbar. Beendet wird das Fenster mit den Ergebnisdaten durch Betätigen der Schaltfläche „OK“. Die Einsicht der Ergebnisdaten ist unter der Benutzerebene „Praktikum“ nicht möglich.

3.5.4 Auswertung/ Ergebnisdiagramm

Dieser Menüpunkt zeigt die Diagrammansicht der Ergebnisdaten. Alle Inhalte und Funktionalitäten entsprechen denen des Menüpunktes Auswertung/Meßdatendiagramm. Es sind jedoch wenige Unterschiede zu nennen: Die Emissionskonzentrationen CO, NO und NO₂ sind in der Tabelle Ergebnisdaten auf den Bezugssauerstoffgehalt von drei Volumenprozent umgerechnet. Diese Werte werden auch in diesem Diagramm dargestellt. Als weitere Komponenten können die spezifische Heizleistung q_{spez} und der Abgasverlust q_A über Lambda dargestellt werden. Die Anzeige des Ergebnisdatendiagramms ist unter der Benutzerebene „Praktikum“ nicht gestattet.

4. Emissionserklärung

4.1 Anlagen

Arbeitsstätten-Nummer:

Anlage				
1. Nummer	2. Bezeichnung	3. 4. BimschV	Nr./Spalte	4. TA – Luft – Nr.
5. Letzte vorliegende Genehmigung bzw. Anzeige				
5.1 Behörde	5.2 Az	5.3 Datum	5.4 Genehmigung / Anzeige	
6. Installierte Leistung / Kapazität der Anlage				
6.1 Maßzahl	6.2 Einheit	6.3 Bezug	7. Auslastung / %	
8. Schichtbetrieb (Anzahl)				
9. Arbeitstage pro Woche		10. Betriebsstunden / h/a		
11. Betriebszeitraum				
vom	.	bis	.	vom
.	bis	.	vom	.
.	bis	.	vom	.
.	bis	.	vom	.
.	bis	.	vom	.
12. Erst- / Folge- / Letzterklärung		13. Erklärungsart		

4.2 Emissionserklärung: Quellen (QUE)

Arbeitsstätten-Nummer:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Beschreibung der Quelle			Lage der Quelle			Angaben zur Quellenabmessung				
Quellen- Nummer	Quellenbezeichnung	Art	Rechts- wert / m	Hoch- wert / m	Geod. Höhe / m	Fläche / m ²	Geom. Höhe / m	Länge / m	Breite Höhe / m	Winkel / Grad

4.3 Betriebseinheiten (BE)

Arbeitsstätten-Nummer:

Anlagen-Nummer:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
AN – Nummer	Betriebseinheit		Abgasreinigungsart *)					Verbunden mit QUE-Nr. *)
	Nummer	Bezeichnung	Art/Typ	Bezeichnung	Nr.	Nr.	Nr.	

*) Nur bei Emissionserklärungen gem. §4 Abs. 2 anzugeben, entfällt bei Emissionserklärungen gem. §4 Abs. 1

4.4 Gehandhabte Stoffe

Arbeitsstätten-Nummer:

Anlagen-Nummer:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Gehandhabter Stoff		Verwendung	Heizwert (H _u) / kJ/kg	Massenstrom / t/a	Zusammensetzung des gehandhabten Stoffes		
Nummer	Bezeichnung				Nummer	Bezeichnung	Massengehalt / %

4.5 Emissionsverursachende Betriebsvorgänge (EBV)

Arbeitsstätten-Nummer:

Anlagen-Nummer:

AN-Nummer:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
BE Nr.	Quellen- Nummer	Emissionsverursachende Betriebsvorgänge			Abgas Volumenstrom / m _N ³ /h	Feuchte / Vol%	Temp / °C	Ermitt.-Art Volumenstrom
		Nr.	Art	Bezeichnung				

10.												11.		12.			13.	14.	15.
Zeitliche Lage / Stunden/Monat												Ges.-dauer / h/a		Abgasreinigungsart					
Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Summe	V	Bezeichnung	Nr.	Nr.	Nr.		

4.6 Emissionserklärung: Emissionen

Arbeitsstätten-Nummer:

Anlagen-Nummer:

AN-Nummer:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
BE Nr.	QUE Nr.	EBV Nr.	Emittierter Stoff							
			Nr.	Bezeichnung	Aggregat- zustand Nr/Klartext	Konzentration / mg/m ³	Massen- strom / kg/h	Gesamt- auswurf / kg/a	Max. Kon- zentration / mg/m ³	Ermitt.-Art Massenstrom Konzentration

4.7 Kürzel bzw. Code

Die Angabe der Stoffverwendungsart bei gehandhabten Stoffen erfolgt in codierter Form:
für Rheinland-Pfalz

EINSATZ = Einsatz-, Rohstoffe
RECYSTO = Einsatzstoffe aus Recycling
PRODUKT = Produkte, Nebenprodukte
BRENNST = Stoffe, die in der Anlage
verbrannt werden
ABFALL = Reststoffe, die entsorgt
werden

für Baden-Württemberg

0 = Einsatz = Endprodukt
1 = Einsatz
2 = Zuschlag
3 = Endprodukt
4 = Nebenprodukt
5 = Brennstoff
6 = Zusatzbrennstoff
7 = Zwischenprodukt = Einsatzstoff
8 = Einsatzstoff = Zwischenprodukt
9 = Verunreinigung
10 = Energieträger
11 = Reststoff
12 = Abfall
13 = Abgas zur zentralen Abgasrein.

Die Züge der Quellen werden in codierter Form angegeben.

für Rheinland-Pfalz

0 = Auslaß, einzügig
2 = Auslaß, 2-zügig
3 = Auslaß, 3-zügig
4 = Auslaß, 4-zügig
5 = Auslaß, 5-zügig
6 = Auslaß, mehr als 5 Züge

für Baden-Württemberg

1 = vertikaler Abzug mit freier Abströmung
2 = vertikaler Abzug ohne freie Abströmung
3 = horizont. Abzug ohne freie Abströmung
4 = diffuse Quelle
5 = Fackel
6 = Linienquelle
7 = Flächenquelle
8 = Ersatzquelle für mehrere Einzelquellen
9 = Drucksicherung/Entspannungseinrich-

tung

Die Arten der emissionsverursachenden Betriebsvorgängen werden unter Verwendung folgenden Schlüssels angegeben:

Rheinland-Pfalz

NO = Normalbetrieb
AN = Anfahrzustand
AB = Abfahrzustand
ST = Störung (Betriebsstörung)
LE = Leckagen,
diffuse Emissionen
SO = Sonstige Betriebszustände

Baden-Württemberg

1 = Normalbetrieb
2 = Anfahrbetrieb
3 = Abfahrbetrieb
4 = Betriebsstörung
5 = Stillstand
6 = Reinigungsbetrieb
7 = Störfall (nach Störfall-VO)

Emissionen von gleichartigen Betriebsvorgängen, die zu verschiedenen Zeiten aufgetreten sind, können zu einer Angabe zusammengefaßt werden z.B. werden die kurzen Einzelbrennzeiten einer Fackel übers Jahr aus dem Fackelbuch zu einer Gesamtbrenndauer zusammengefaßt. Wird eine Vielzahl von Gasabgängen aus verschiedenen Anlageteilen über einen gemeinsamen Auslaß geführt, so wird i.A. eine so konstante Emission auftreten, daß für den Auslaß nur ein mittlerer Betriebsvorgang angegeben werden kann.

Die Ermittlungsart des Volumenstromes des Abgases bei emissionsverursachenden Betriebsvorgängen ist codiert anzugeben.

für Rheinland-Pfalz:

MEA = kontinuierliche Messung
ME = Einzelmessung
SVA = Schätzung anhand von
Messungen vergleichbarer
Anlagen
EFA = Berechnung mit Emissionsfaktoren
EMB = Berechnung anhand von Energie- und Massenbilanz
ANA = Berechnung anhand von Analyseergebnissen
BNO = Berechnung anhand von Normen oder Richtlinien
S = Schätzung (nur in Abstimmung mit der Behörde !)

für Baden-Württemberg:

1 = Messung
2 = Messung (O₂-Bezug nach TA-Luft)
3 = Rechnung
4 = Schätzung
5 = keine Aussage möglich

5. Empfohlene Literatur und Quellen:

& **Einführung in die Wärmelehre**

Cerbe G., Hoffmann H.-J.

Carl Hanser Verlag, München Wien

& **Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik**

Recknagel H., Sprenger E., Hönnmann W.

R. Oldenburg Verlag, München Wien

& **Umwelt-Recht**

Verlag C. H. Beck München

: **Internet: Brigon Meßtechnik**

<http://www.brigon.de>

: **Internet: IKZ - Haustechnik**

<http://www.ikz-haustechnik.de>

: **Internet: Paradigma**

<http://www.paradigma.de>

: **Internet: Umweltbundesamt**

<http://www.umweltbundesamt.de>