

# Untersuchungen zur Emission von Luftschadstoffen aus Hausbrandfeuerstätten beim Einsatz von Braunkohlenbriketts

Berichte des  
Landesamtes für Umweltschutz  
Sachsen-Anhalt

1998 - Sonderheft 5/98

## Inhalt

1	Einleitung, Problemstellung	1
2	Aufgabenstellung	5
3	Beschreibung der Versuchsstände	5
4	Versuchsplanung, Meßstrategie	8
5	Beschreibung Meßgeräte und -verfahren	11
6	Meßergebnisse	22
7	Zusammenfassung	27
8	Danksagung	27
9	Literatur	28
	Tabellen, Abbildungen	



## Untersuchungen zur Emission von Luftschadstoffen aus Hausbrandfeuerstätten beim Einsatz von Braunkohlenbriketts

### 1 Einleitung, Problemstellung

Der Anteil von Schadstoffemissionen aus Klein- und Haushaltsfeuerungen an den Gesamtemissionen in der Bundesrepublik Deutschland war noch Anfang der 90er Jahre erheblich. Auswirkungen auf die Belastung der Außenluft waren und sind bedingt durch die Anordnung von Hausbrandfeuerstätten entlang von Straßenzügen und durch die Ableitung der Abgase in relativ niedrigen Höhen in den Städten und Gemeinden für die Bevölkerung direkt spürbar und meßbar. Austauscharme Wetterlagen in der Heizperiode führten zur Überschreitung von Schwefeldioxid-Schwellenwerten der SMOG-Verordnung und zur Auslösung von SMOG-Alarm. Die Schadstoffemissionen aus den Kleinfeuerungsanlagen des Gewerbes und des Haushalts hatten daran großen Anteil.

Die bisher vorliegenden Untersuchungen zur Schadstoffbildung in Hausbrandfeuerstätten betreffen die Verbrennung von Gas, Öl, Holz oder Festbrennstoffen wie z.B. rheinische Braunkohlenbriketts bei Anwendung verschiedener auch moderner Ofentypen. Eine bloße Übernahme oder Anpassung der für rheinische Braunkohle ermittelten Zusammenhänge scheidet im Detail an der Andersartigkeit der ostdeutschen Kohlen. Eine ungeprüfte Übernahme von Ergebnissen von Untersuchungen zu den Massenschadstoffen aus der Zeit vor 1989 ist auch nicht sinnvoll, da sich die Kohlequalität und damit das Brenn- und Emissionsverhalten seitdem wesentlich verändert und verbessert haben. Erkenntnisse über die Emissionen bei Hausbrandfeuerstätten und Festbrennstoffen, die spezifisch für

ihren Einsatz in den neuen Bundeslän-

dern sind, liegen nur in geringem Umfang, begrenzt auf wenige Ofentypen und einzelne Massenschadstoffe vor.

Aus den genannten Gründen sind neue Untersuchungsprogramme notwendig. In verschiedenen Projekten und Publikationen sind für Kleinfeuerungsanlagen die Gesamtemissionen sogenannter Massenschadstoffe wie Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>), Kohlenmonoxid (CO) oder anderer Schadstoffe wie z.B. die der polychlorierten Dibenzop-dioxine/-furane (PCDD/F), die im Spurenbereich im Abgas enthalten sind, regional oder für die Bundesrepublik Deutschland insgesamt berechnet worden. Diese Berechnungen basieren auf einer Vielzahl von statistischen Datenerhebungen, die u.a. den aktuellen Bestand an Feuerstätten, eingesetzte Brennstoffarten (feste, gasförmige und flüssige) sowie Heizgewohnheiten beschreiben sollen und nicht zuletzt auf der Kenntnis der massenspezifischen Emissionen der bilanzierten Schadstoffe. Da aus Aufwandsgründen nicht jede einzelne Klein- und Hausbrandfeuerungsanlage hinsichtlich ihres Anteils am Gesamteintrag von Schadstoffen in die Umgebung untersucht bzw. betrachtet werden kann, ist die Güte der Hochrechnung z.B. im Rahmen der Aufstellung von Luftreinhalteplänen in entscheidendem Maße von der Güte und Tiefe der Datenerhebungen abhängig.

Dies betrifft Angaben zum Ofenbestand, zur Ofenstruktur, zur verfeuerten Brennstoffart und -sorte, wenn möglich zu den Heizgewohnheiten der Feuerstättenbetreiber sowie eine gesicherte Datenbasis zu den massenspezifischen Emissionen der einzelnen Schadstoffe.

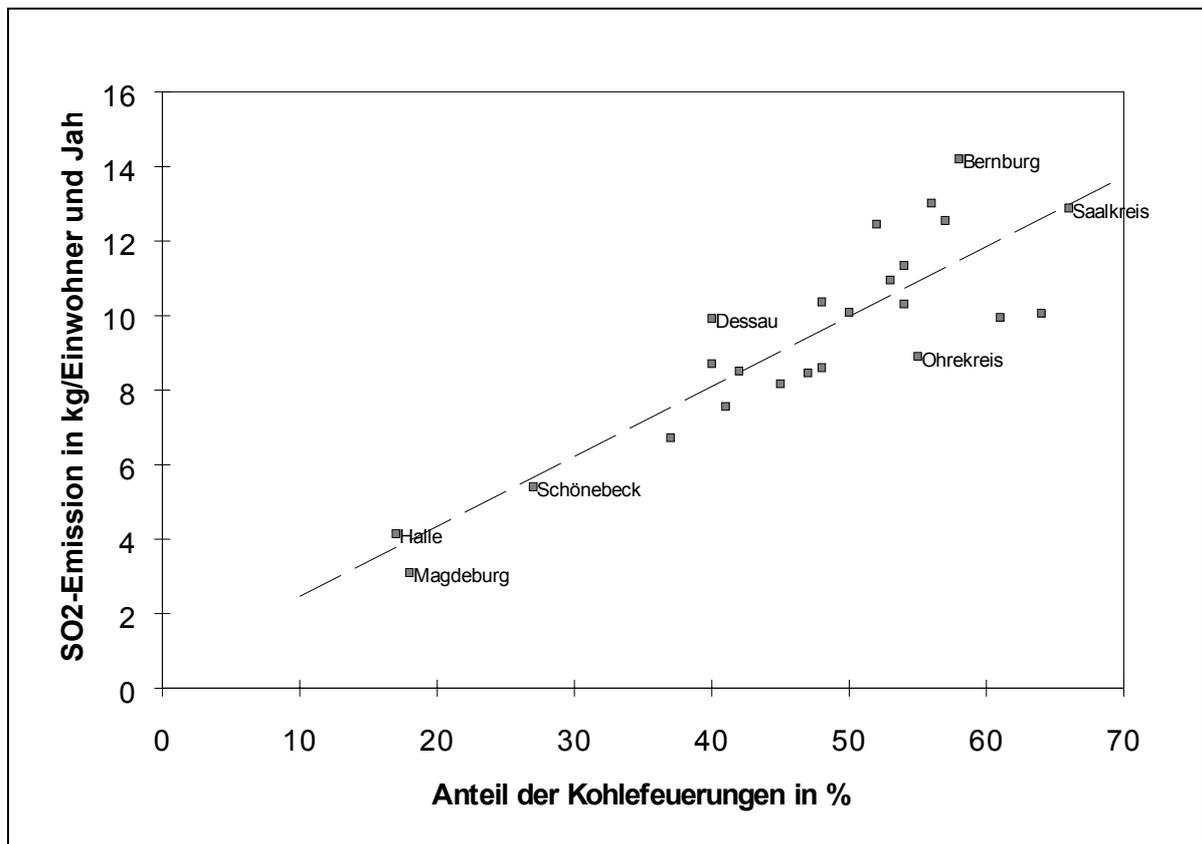
Letztere spielen bei der Abschätzung von

Schadstoffemissionen aus dem Bereich der Klein- und Haushaltsfeuerungen eine wesentliche Rolle und müssen meßtechnisch ermittelt werden. Dabei ist festzustellen und bekannt, daß die Höhe der Schadstoffemissionen von vielen Faktoren abhängig ist und diese Faktoren schadstoffspezifisch unterschiedlich relevant sind. Zur Bereitstellung einer gesicherten und breiten Datenbasis von Emissionsmeßwerten sind also Untersuchungen zum Emissionsverhalten von Klein- und Hausbrandfeuerstätten unter Beachtung aller wesentlichen Einflußfaktoren auf die Emissionshöhe notwendig. Je vielfältiger und tiefergehend Untersuchungen ofen- und brennstoffspezifisch zu den Schadstoffbildungsprozessen und der daraus resultierenden Schadstoffemission durchgeführt werden, um so gesicherter sind Hochrechnungen auf bestimmte geographische Regionen möglich. In der Vergangenheit sind vielfach Untersuchungsprogramme mit in der Regel hohem sachlichen und personellen Aufwand zur meßtechnischen Ermittlung der

Emissionen aus Hausbrandfeuerstätten durchgeführt worden /1, 2, 3, 6, 7, 8/. Den Untersuchungen lagen unterschiedliche Zielstellungen zugrunde. Umfangreiche Ergebnisse liegen z.B. für die Brennstoffe Erdgas, Heizöl, naturbelassenes Holz und Steinkohle- sowie Braunkohlenbriketts aus dem Rheinischen Revier vor. Die Emissionsermittlungen erfolgten für Ofentypen und Brennstoffe, die regional von Bedeutung sind bzw. waren. Hier ist anzumerken, daß in den neuen Bundesländern historisch bedingt im Hausbrandbereich Ofenarten eingesetzt und sicher noch über Jahre hinaus betrieben werden, die hinsichtlich ihres Emissionsverhaltens nicht optimal konstruiert worden sind.

In /4/ wird für das Bundesland Sachsen-Anhalt dargelegt, daß die Kohleheizung vor allem in den Altstadtgebieten der mittleren und größeren Städte, aber auch in Gemeinden in Tallagen oder Talkessellagen eine große Bedeutung für die Luftverunreinigung hatte (Bild 1). Auch Bild 2 verdeutlicht das.

*Bild 1: SO<sub>2</sub>-Emission pro Einwohner und Jahr in Abhängigkeit vom Anteil der Kohlefeuerungen im Bereich Haushalte/Kleinverbraucher für die einzelnen Landkreise in Sachsen-Anhalt (Stand 1994) /4/*



Nach flächendeckenden Erhebungen wurden im Jahr 1994 im Land Sachsen-Anhalt immerhin noch 44% der Wohnungen (im Jahr 1990 waren es in den neuen Bundesländern 63% /5/ ) mit Kohlefeuerungen beheizt. Der Endenergieverbrauch im Bereich der Haushalte wurde zu 43% durch Festbrennstoffe und hier insbesondere durch Braunkohlenbriketts abgedeckt. Ergebnisse aus den ersten Luftreinhalteplänen der neuen Bundesländer /2,3/ zeigen z.B. für das Untersuchungsgebiet Weißenfels-Naumburg-Zeit, daß je nach Schadstoff 80 bis 100% der von Kleinfeuerungsanlagen verursachten Emissionen aus Kohlefeuerungen stammen.

Die Fortsetzung der Heizungsmodernisierung und der Energieträgerumstellung auf die emissionsärmeren Energieträger Heizöl und Gas sowie die Senkung des Energieverbrauches, vor allem durch Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudesubstanz, hat in den Jahren 1995, 1996 und 1997 zu einem weiteren Rückgang der Emissionen geführt.

Dies kann anhand der im Bereich Haushalt/Kleinverbraucher eingesetzten Braunkohlenbriketts belegt werden. Nach Angaben der Statistik der Kohlewirtschaft e.V. Köln stellt sich die Entwicklung des Brikettabsatzes in Sachsen-Anhalt für die Jahre 1994-1997 wie folgt dar (Tabelle 1):

*Tabelle 1: Entwicklung des Braunkohlenbrikettabsatzes in Sachsen-Anhalt für den Bereich Haushalt und Kleinverbraucher (Quelle: Statistik der Kohlewirtschaft e.V. Köln)*

	Braunkohlenbrikettabsatz in t			
	1994	1995	1996	1997
Gesamt	679.824	456.675	297.833	189.523
davon Revier: -Mitteldeutschland	313.854	158.203	90.396	72.022
-Lausitz	365.596	297.805	207.298	117.449
-Rheinland	374	667	139	52

Die Absatzzahlen weisen einen eindeutigen Rückgang aus. Dabei ist zu bemerken, daß in diesen Absatzzahlen nicht die Braunkohlenbrikettimporte aus Polen, der Tschechischen Republik, aus

Rußland und anderen nicht ermittelbaren Ländern enthalten sind. Nach statistischen Angaben der Kohlewirtschaft betragen diese für die neuen Bundesländer insgesamt:

1994:	812 802 t
1995:	315 684 t
1996:	345 088 t
1997:	226 590 t

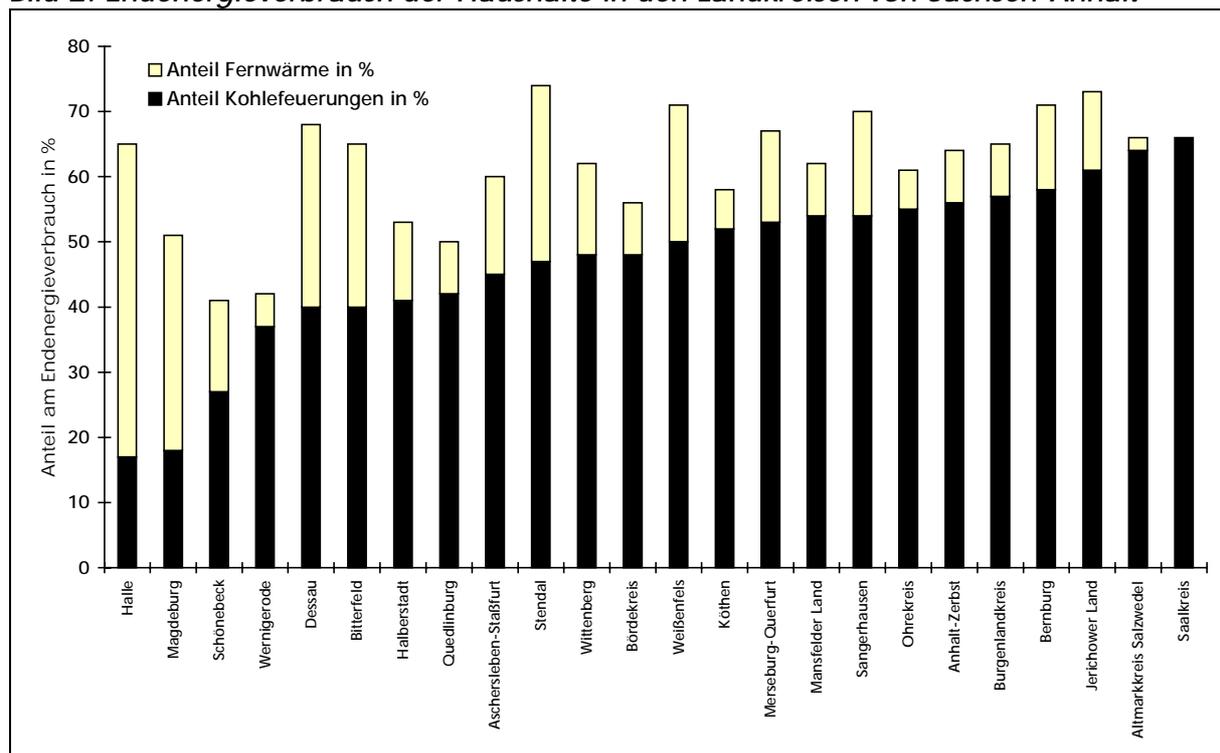
Infolge der offensichtlichen Bedeutung der Importbriketts muß diesen größere Beachtung bei der Ermittlung der Emissionen im Hausbrandbereich geschenkt werden.

Seit 1990 ist ein dynamischer Modernisierungsprozeß in Gang gekommen, der nach Prognoserechnungen im Jahr 2002 zu einem ausgewogenen Energiemix im Bereich der Kleinfeuerungsanlagen und damit zu nachhaltigen Emissionssenkungen führen wird. Bis dahin werden entsprechende Umrüstungsmaßnahmen in der Größenordnung von etwa 5% des Bestandes pro Jahr durchgeführt. Die Heizungsmodernisierung führt dabei gleichzeitig zum Energieträgerwechsel, wobei als umweltverträglichere Brenn-

stoffe Erdgas und Heizöl EL eingesetzt werden. Die Kohlefeuerungen werden aber vorrangig in Mehrfamilienhäusern in den Zentren größerer Städte länger erhalten bleiben, insbesondere dann, wenn die Eigentumsverhältnisse nicht geklärt sind. Dagegen sind in Stadtrandgebieten und im ländlichen Bereich bei Einfamilienhäusern höhere Modernisierungs- und Umstellungsraten zu beobachten.

Ein regional differenziertes Bild bezüglich des Anteils von Kohlefeuerungen im Bereich der Haushalte und Kleinverbraucher /5/ ergibt sich auch aus den unterschiedlichen Fernwärmeversorgungsanteilen, die im wesentlichen vor 1990 entstanden sind (Bild 2):

*Bild 2: Endenergieverbrauch der Haushalte in den Landkreisen von Sachsen-Anhalt*



Die unterschiedliche Zusammensetzung der Briketts im Vergleich bedingt Unterschiede in den Schadstoffemissionen. Beispielsweise weisen Braunkohlenbriketts aus dem mitteldeutschen Revier sehr hohe Schwefelgehalte auf (Gesamtschwefelgehalt, trocken:  $S_t = 2,5..3,5 \%$ ). Nach Wirksamwerden der strengen Anforderungen der Ersten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Kleinfeuerungsanlagen-1. BImSchV) zum 1.1.1995 bezüglich des Massegehaltes an Schwefel von 1,0 % der zulässigen Braunkohlenbrennstoffe drohte den mitteldeutschen Briketts mit den gegebenen bedingten hohen Schwefelgehalten das Aus.

Durch entsprechende Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen ist es der Mitteldeutschen Braunkohlengesellschaft mbH (MIBRAG) gelungen, ein vorbehandeltes Brikett durch Zugabe von Calciumhydroxid und Anthrazit so herzustellen, daß eine höhere Schwefeleinbindung in die Asche erfolgt und damit eine den Anforderungen der Verordnung über Kleinfeuerungsanlagen - 1.BImSchV gleichwertige Begrenzung der Emissionen im Abgas sichergestellt werden

## 2 Aufgabenstellung

Das Ziel der vom Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt durchgeführten Untersuchungen bestand in der meßtechnischen Ermittlung von Emissionsfaktoren relevanter Luftschadstoffe an mit Braunkohlenbriketts gefeuerten Hausbrandfeuerstätten. Dies sollte vorrangig für Feuerstätten erfolgen, die in den neuen Bundesländern weit verbreitet sind und auch in den folgenden Jahren noch einen Beitrag zur Luftverschmutzung vor allem in Ballungsgebieten leisten werden. Die Ermittlungsergebnisse sollten vergleichbar sein und die Untersuchungen sollten unter möglichst praxisnahen Bedingungen durchgeführt

kann.

- Durch das Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (LAU) wurden mit dem Ziel der Ermittlung von Emissionsfaktoren für Luftschadstoffe seit 1992 Emissionsmessungen an einer Kachelofenluftheizung und an einem Durchbrandofen bei Verbrennung von in Sachsen-Anhalt gehandelten Braunkohlenbriketts durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse sollen einen Beitrag zur Vergrößerung der Datenbasis für die laut Bundes-Immissionsschutzgesetz von den Ländern geforderte
  - Feststellung schädlicher Umwelteinwirkungen in Untersuchungsgebieten (§ 44),
  - Aufstellung eines Emissionskatasters (§46) sowie
  - die Aufstellung von Luftreinhalteplänen als Sanierungspläne (§47)liefern und werden hier erstmals zusammengefaßt dargestellt.

werden.

Die zu Beginn der Untersuchungen im Jahre 1992 im Handel erhältlichen Braunkohlenbrikett sind teilweise heute nicht mehr auf dem Markt. Mit Erhöhung der Anforderungen der Verordnung über Kleinfeuerungsanlagen-1. BImSchV zum 1.1.1995 bezüglich des Massegehaltes an Schwefel wurde im mitteldeutschen

Raum ein durch Zugabe von Calciumhydroxid und Anthrazit vorbehandeltes Brikett (MIBRAG-Brikett) angeboten und verfeuert. Braunkohlenbriketts aus dem Ausland, vor allem aus Tschechien, Polen und Rußland drängen auf den Markt. Entsprechend hat sich der Schwerpunkt der Untersuchungen in jüngster Zeit auch auf diese Kohlesorten verlagert. Dagegen waren bei den 1992 und 1993

durchgeführten Versuchen an der Kachelofenluftheizung vorbehandelte und russische, polnische sowie böhmische Briketts nicht im Handel. Aus diesem Grund konnten lediglich Versuchskomplexe mit Briketts aus dem Lausitzer und dem mitteldeutschen Revier durchgeführt werden. Zusätzlich kamen an der Kachelofenluftheizung sogenannte "Salz-

kohle"-Briketts zum Einsatz. Diese wurden in der Vorwendezeit vor allem im mitteldeutschen Raum vorrangig in Hausbrandfeuerstätten eingesetzt und zeichnen sich durch hohe Salzgehalte aus. Restbestände durch private Lagerhaltung dürften mittlerweile aufgebraucht sein.

### 3 Beschreibung der Versuchsstände

#### 3.1 Versuchsstand Kachelofenluftheizung

Die Versuchskomplexe zur Untersuchung des Emissionsverhaltens der Kachelofenluftheizung konnten dank der Unterstützung des Landesinnungsverbandes des Schornsteinfegerhandwerks Sachsen-Anhalt an einer von der Schornsteinfeger-

Innung Halle betriebenen Anlage durchgeführt werden. Unbürokratisch wurden dazu von der Schornsteinfegerinnung Halle alle erforderlichen Voraussetzungen für eine sachgerechte Versuchsdurchführung geschaffen. Dies betraf insbesondere die Bereitstellung der benötigten Infrastruktur wie z.B. den Einbau von Probenahmestutzen in erforderlicher Anordnung und Anzahl in den gemauerten Kamin, die Versorgung mit Strom und Wasser im gesamten Versuchszeitraum und die Bereitstellung von Räumlichkeiten, die zur Probenahme benötigt wurden. Das Emissionsmeßfahrzeug des LAU, in dem kontinuierliche Emissionsmeßgeräte fest eingebaut sind, konnte in unmittelbarer Nähe zum Probenahmeort (Entfernung ca. 5m) für den gesamten Versuchszeitraum abgestellt werden.

Bei der hier untersuchten Kachelofenluftheizung handelt es sich um ein, in den neuen Bundesländern noch vielfach eingesetztes Heizungssystem. Neben den direkt und indirekt beheizten Kachelflä-

chen wird im wesentlichen die Luft als Wärmeträger benutzt. 80 % des Gesamtwärmebedarfs wird durch den Heizeinsatz, im vorliegenden Fall ohne Regler, gedeckt, die restlichen 20 % durch den sogenannten Abwärmeofen, in dem die Rauchgase über drei Züge geführt werden (Bild 3). Im Abwärmeofen wird einströmende Raumluft erwärmt.

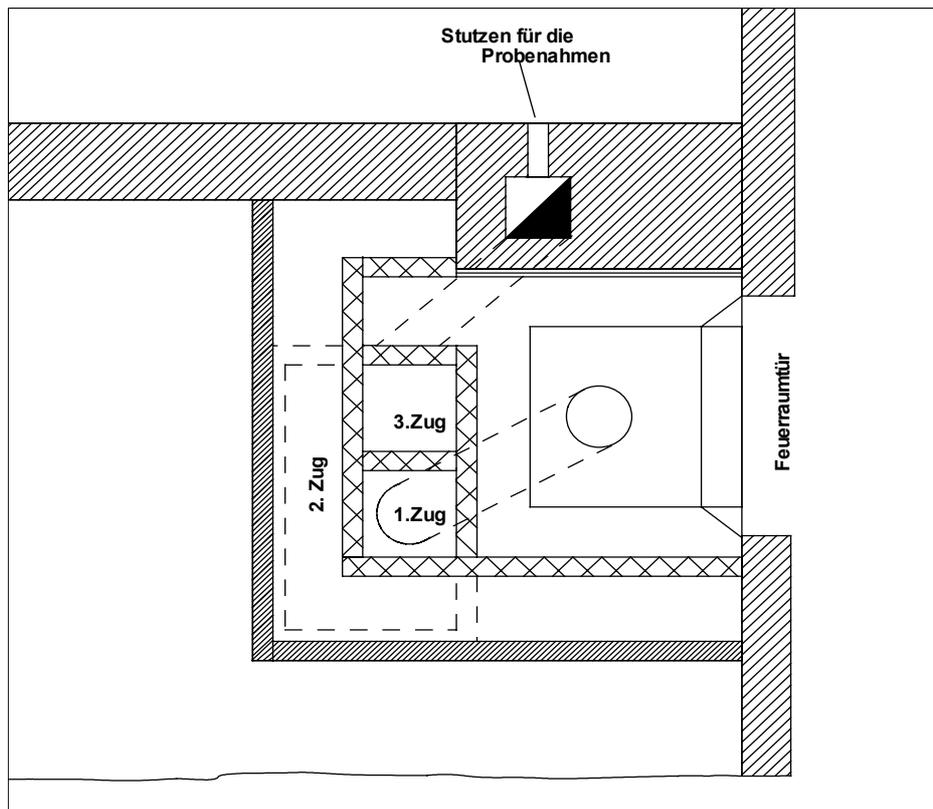
In der Energiebilanz ist diese Technik der Raumheizung durchaus positiv zu bewerten, da durch die spezielle Ofentechnik (Züge, Wärmespeicherung) günstige Wirkungsgrade erreicht werden. Die wichtigsten Vorteile der Kachelofenluftheizung sind:

- kurze Anheizzeiten,
- keine Verschmutzung von Räumen bei Bedienung vom Nebenraum aus, sowie bei Mehranlagen gegenüber mehreren ortsfesten Kachelöfen gleicher Leistung:
- geringer Aufwand für Bedienung und Entaschung,
- geringere Deckenbelastungen durch geringere Eigenmasse,
- geringerer Materialaufwand und geringere Kosten,
- Möglichkeit der wechselseitigen Beheizung durch Zu- oder Abschalten der durch Warmluftschächte verbundenen Räume,

Nachteile bestehen in:

- geringer Speicherfähigkeit (etwa 60 % gegenüber ortsfesten Kachelöfen)
- Schallübertragung durch Luftschächte in Nebenräume
- Vermehrter Staubablagerung in den Räumen durch Luftumwälzung

*Bild 3: Kachelofenluftheizung (Schnittzeichnung von oben)*



Die in den zwei Jahrzehnten vor 1990 in wachsendem Umfang angewendete Kachelofenluftheizung stellte -von der technischen und der ökonomischen Seite her betrachtet -einen guten Mittelweg dar zwischen der Einzelofen- und der Zentralheizung. Sie wurde gebaut als Einraum- oder Mehrraumheizung in einem oder auch in mehreren Geschossen. Die Bedienung und Entaschung kann vom beheizten Raum selbst, vom nicht be-

heizten Nebenraum aus erfolgen. Überall dort, wo der Einbau von Zentralheizungen oder örtlichen Heizungen mit Gas oder Elektroenergie nicht möglich oder unzweckmäßig war, wurden Kachelofenluftheizungen eingebaut. Die Heizleistung der untersuchten Kachelofenluftheizung beträgt 7,5 kW . Die Verbrennung erfolgt nach dem Prinzip des oberen Abbrandes.

### 3.2 Versuchsstand Durchbrandofen

Bei Beginn der Untersuchungen zum Emissionsverhalten eines Durchbrandofens des Typs 812 DGH/N, Hersteller OHRA Rathenow war schon konzipiert, in den Technikumsräumen des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (LAU) zu Versuchszwecken verschiedener gebräuchlicher Ofentypen für Festbrennstoffe - vorrangig ostdeutsche Braunkohlenbriketts -eine Technikumsanlage zu errichten. Der erste Versuchskomplex am Durchbrandofen wurde noch an ei-

ner realen Anlage in einem stillgelegten Werkstattgebäude mit freundlicher Unterstützung des Eigentümers durchgeführt.

Bei dem, in den neuen Bundesländern weit verbreiteten Ofentyp handelt es sich um einen sogenannten Füllschachtofen, der nach dem Prinzip des unteren Abbrandes und des Durchbrandes arbeitet. Der Ofen ist mit einem automatisch arbeitenden Leistungsregler (Bimetallregler) ausgerüstet. Mit steigender Oberflächentemperatur verschließt der Schieber dieses Bimetallreglers die Öffnung für die Verbrennungsluftzufuhr. Bei Absinken der Temperatur wird die Öff-

nung wieder automatisch geöffnet. Dadurch wird eine höhere Ausnutzung der Brennstoffwärme erreicht. Der große Füllschacht trägt in Verbindung mit dem Leistungsregler zu einer langen Brenndauer bei und der Raumheizer wird so bei einmaliger Brennstoffaufgabe zum lang anhaltenden Wärmespeicher. Durch die Auslegung des Feuerungsraumes mit Schamottesteinen erfolgt eine gleichmä-

### 3.2.1 Versuchstand 1

Der Durchbrandofen wurde in einem Raum im Erdgeschoß eines nicht mehr genutzten Werkstattgebäudes aufgestellt. Ausreichend Platz zur Handhabung mit Sonden und Probenahmevorrichtungen war vorhanden. Der Standort des Meßwagens, in dem kontinuierliche Emissionsmeßtechnik installiert ist, war ca. 8m vom Probenahmestandort entfernt. Der

### 3.2.2 Kleinf Feuerungs-Emissionsversuchsanlage

Die in den Technikumsräumen des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt seit 1994 betriebene Kleinf Feuerungs-Emissionsversuchsanlage (KEVA) wurde mit dem Ziel konzipiert, Ofentypen, die in den neuen Bundesländern in Haushalten verbreitet sind und mit festen Brennstoffen betrieben werden, unter praxisnahen Bedingungen hinsichtlich ihres Emissionsverhaltens zu untersuchen (Bild 4).

In der Projektierungsphase und bei Errichtung wurden folgende Anforderungen an die KEVA gestellt und berücksichtigt:

- Gewährleistung des Anschlusses verschiedener Ofentypen,
- Ausreichende Schornsteinhöhe zur Realisierung eines natürlichen Zuges,
- Mindestens drei Probenahmeöffnungen (drei Meßebenen) zur Emissionsermittlung,
- Gestaltung der ungestörten Ein- und Auslaufstrecken jeder Meßebene entsprechend VDI-Richtlinie 2066 Bl. 1,

Bige Erwärmung und eine Verzögerung des Wärmeabfalls. Maximal werden beim Betrieb mit Braunkohlenbrikett Feuerraumtemperaturen von ca. 800 °C erreicht.

Der untersuchte Durchbrandofen besitzt eine Nennwärmeleistung von 6,0 kW. Dies entspricht in Abhängigkeit von der Gebäudebauweise einem Raumheizvermögen von 65 bis 165m<sup>3</sup>.

Einbau der erforderlichen Anzahl Meßstutzen erfolgte durch den Gebäudeeigentümer nach Vorgaben. Als schwierig erwies sich die Bereitstellung der notwendigen Hilfsmittel Strom und Wasser über den gesamten Versuchszeitraum von mehreren Tagen. Mehrere Unterbrechungen mußten in Kauf genommen werden und führten letztendlich zur zeitlichen Verlängerung des Versuchskomplexes insgesamt.

- Berücksichtigung des für die Durchführung der Probenahmen und für den Aufbau der Meßtechnik erforderlichen Platzbedarfs,
- Räumliche Nähe zum LAU-Emissionsmeßfahrzeug.

Durch die räumliche Nähe des Versuchstandes zum Arbeitsplatz des Meßpersonals ist eine besonders effektive und flexible Versuchsdurchführung möglich. Abhängigkeiten von Betreibern bzw. Eigentümern bzgl. der Versuchsplanung bestehen nicht. Die verwendeten kontinuierlichen Emissionsmeßgeräte können stationär betrieben werden und müssen nicht vor jedem Versuchskomplex aufgebaut werden. Die Versuchs- und Verbrennungsbedingungen sind bis auf meteorologische Parameter stets die gleichen und gewährleisten eine bessere Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse.

Die im Bild 4 angegebenen Größen der Stutzenöffnungen der einzelnen Meßebenen sind als maximale Öffnungsgrößen zu verstehen. Durch Adapter können die Öffnungen der Meßebenen 1, 3 und

4 auf die im allgemeinen ausreichende und auch verwendete Stutzengröße von 2 Zoll verkleinert werden. Der 1-Zoll-Stutzen der 2. Meßebene wurde ausschließlich zur kontinuierlichen Tempe-

raturmessung verwendet.

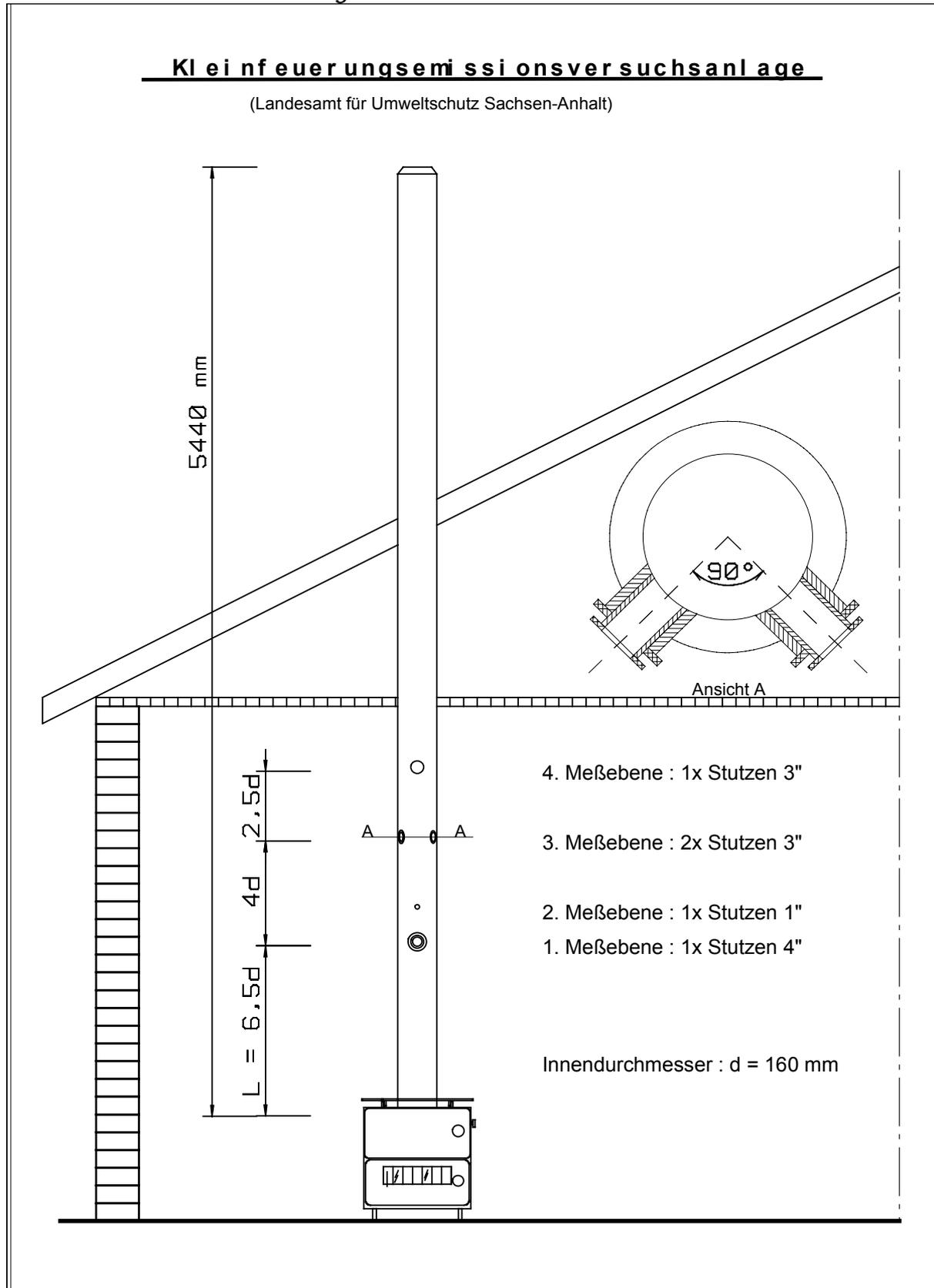
Voruntersuchungen bestätigten die Wirksamkeit der Isolierung des Stahlblech-Schornsteins. Die Schornsteinhöhe beträgt ca. 5,5m.

## 4 Versuchsplanung, Messstrategie

Im Rahmen der Untersuchungen wurden folgende Schadstoffe im Abgas meßtechnisch ermittelt :

- Gesamtstaub
- Staubinhaltsstoffe: Arsen, Blei, Cadmium, Vanadium, Nickel, Mangan, Cobalt, Chrom, Palladium, Tellur, Selen, Thallium, Kupfer, Zinn, Zink, Eisen
- Kohlenmonoxid, Stickstoffoxide, Schwefeldioxid, Chlorwasserstoff,
- Fluorwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Schwefeltrioxid, Kohlendioxid, Gesamtkohlenstoff
- Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol
- Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
- Polychlorierte Biphenyle
- Polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine und -Furane

Bild 4: Schematische Darstellung der KEVA



Im jeweiligen Meßzeitraum wurden Parameter, die das Betriebs- und Emissionsverhalten des Ofens beschreiben und für die Aufstellung von Massenbilanzen sowie für die regelgerechte Probenahme bestimmter Schadstoffe erforderlich sind, meßtechnisch erfaßt. Letzteres trifft insbesondere auf die Einhaltung isokinetischer Bedingungen für die Teilstromentnahme zur Staubprobenahme und zur Probenahme aller partikelgebundenen Schadstoffe zu. Hier ist die genaue Kenntnis der Abgasgeschwindigkeit und deren zeitlicher Verlauf während des Abbrandzyklusses erforderlich. Meßtechnisch erfaßt wurden:

- Rauchgastemperatur
- Zugstärke
- Rauchgasgeschwindigkeit
- Brennstoffmenge
- Ofenklappenstellung
- Aschemenge (Rostasche)
- Feuchte des Rauchgases
- Luftdruck

Zur Charakterisierung der Brennstoffe wurden folgende Parameter bestimmt:

- Gesamtwassergehalt (106 °C)
- Aschegehalt (815 °C)
- Gesamtkohlenstoffgehalt
- Gesamtwasserstoffgehalt
- Stickstoffgehalt
- Sauerstoffgehalt
- Gesamtschwefelgehalt
- Ascheschwefelgehalt
- Gehalt an verbrennlichem Schwefel
- oberer und unterer Heizwert
- Gesamtfluorgehalt
- Gesamtchlorgehalt
- Gehalt an Arsen, Cadmium, Cobalt, Chrom, Mangan, Nickel, Blei, Vanadium

Zur Charakterisierung der Aschen wurden folgende Parameter bestimmt:

- Gesamtwassergehalt
- Glühverlust
- Gesamtschwefelgehalt
- Gesamtfluorgehalt

- Gesamtchlorgehalt
- Gehalt an Arsen, Cadmium, Cobalt, Chrom, Mangan, Nickel, Blei, Vanadium

Die Vielzahl der zu ermittelnden Schadstoffe im Abgas erforderte die Anwendung unterschiedlichster Probenahme- bzw. Meß- und Analyseverfahren. Eine gleichzeitige Emissionsermittlung mehrerer Schadstoffe ist jedoch aus Platz- bzw. Gründen der Handhabbarkeit nur begrenzt möglich. Dies bedingt, gemeinsam mit dem Ziel, durch Mehrfachmessungen statistisch gesicherte Meßergebnisse zu erhalten, für jeden Brennstoff einen Untersuchungszeitraum über mehrere vollständige Abbrandzyklen und somit über mehrere Versuchstage. Um die Vergleichbarkeit und Repräsentativität der ermittelten Emissionsmeßwerte zu gewährleisten, wurde besonderer Wert auf ein gleichmäßiges und reproduzierbares Beschickungs- und Betriebsregime gelegt.

Für alle Schadstoffe wurde ofenspezifisch der gleiche Bilanzzeitraum (Integrationszeitraum und Probenahmezeitraum für die Meßwerte) gewählt. Diese Bilanzzeiträume, nachfolgend Abbrandzyklus genannt, wurden im Rahmen von Vorversuchen so festgelegt, daß innerhalb dieser Zeiten die Bildung und Emission der Schadstoffe aus dem Verbrennungsprozeß nahezu vollständig abgeschlossen bzw. erfolgt sind. Meßbare Ausnahmen betreffen die Kohlenmonoxid - Emissionen. CO wird noch über einen längeren Zeitraum gebildet. So weisen über den Bilanzzeitraum hinausgehende Langzeitversuche noch meßbare CO- Konzentrationen aus, wenn andere Schadstoffe im Abgas nicht mehr nachweisbar sind.

Um den zeitlichen Aufwand für das Untersuchungsprogramm insgesamt zu minimieren, wurde dennoch festgelegt, die Zeit für den Abbruch der Meßwertaufnahme bzw. Probenahme zu begrenzen. Kriterium für die Beendigung der Probenahmen war eine abgeschlossene Schadstoffbildung kontinuierlich meßbarer Schadstoffe (Schwefeldioxid, Stick-

stoffoxide) und der konstante Verlauf von Abgasbestandteilen, die das Verbrennungsverhalten charakterisieren (Sauerstoff, Kohlendioxid) sowie als Hauptkriterium der Zeitpunkt, ab dem sinkende Kohlenmonoxidkonzentrationen auftreten. Für jede Kohlesorte und jeden Ofentyp wurde im Rahmen von Vorversuchen diese Zykluszeit bestimmt.

In den Fällen, in denen das schadstoffspezifische Meßverfahren kürzere oder auch längere Probenahmezeiten als die Zykluszeit erforderte, wurden Probenahmezeiten in Konformität zum Meßverfahren gewählt. Dies ist z.B. bei den Schadstoffen Schwefeltrioxid, Benzol, Toluol, Xylol (kürzere Probenahmezeit) sowie bei den Schadstoffgruppen Polychlorierte Dibenzop-Dioxine und -Furane, Polychlorierte Biphenyle und Polzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (längere Probenahmezeit) der Fall gewesen.

Der Betrieb des Ofens erfolgte entsprechend den Anweisungen des Herstellers. Zum Anzünden wurden Papier (ohne Farbdruck) und Anzündholz (naturbelassen, trocken) verwendet. Auf das Papier

wurde Anzündholz geschichtet und dieses nach vollständigem Anbrennen mit der Hälfte der Braunkohlenbrikettmenge pro Zyklus belegt. Die zweite Hälfte des Brennstoffes wurde in Abhängigkeit vom Ofentyp nach festgelegter Zeit aufgelegt. Die für jeden Abbrandzyklus insgesamt zugeführte Brennstoffmenge entsprach den Herstellerangaben für den Nennlastbetrieb. Mit der Meßwertaufnahme bzw. Probenahme wurde unmittelbar nach der ersten Brikettaufgabe begonnen.

Die Zufuhr von Verbrennungsluft wurde stufenweise über das Schließen der Luft Eintrittsklappe unter Rost nach einem bestimmten Regime gedrosselt. Ein Schüren des Glutbettes im Abbrandzyklus erfolgte nicht.

Tabelle 1 im Anhang gibt einen Überblick über die Anzahl der durchgeführten Schadstoffermittlungen an der Kachelofenluflheizung bzw. am Durchbrandofen bei Einsatz der einzelnen Brikettsorten.

## 5 Beschreibung Meßgeräte und -verfahren

### 5.1 Ermittlung der Abgasrandbedingungen

#### 5.1.1 Abgasgeschwindigkeit, -temperatur, -feuchte, -druck

Zu Beginn jeder Meßreihe wurden vollständige Verbrennungszyklen (1 Einfachzyklus und 1 Doppelzyklus) zur meßtechnischen Ermittlung der Abgasrandbedingungen durchgeführt. Die Ermittlung der Abgasgeschwindigkeit und der Abgastemperatur erfolgte dazu über den Abbrandzeitraum in der Kernströmung (in der Regel die Mitte des Abgaskanals). Bei diesen Versuchen wurden im 5-Minutentakt die Abgasgeschwindigkeit, der statische Druck und die Abgasfeuchte ermittelt. Die Messung der Ab-

gastemperatur und in einigen Versuchskomple-

ten auch die der Abgasfeuchte erfolgte kontinuierlich.

Der barometrische Druck, die Klappenstellung der Lüfterklappe des Ofens und die Raum- und Außenlufttemperatur wurden erfaßt. Aus den erhaltenen Daten wurde der zeitliche Verlauf des Abgasvolumenstromes während des Abbrandes ermittelt. Damit konnten dann die für die isokinetische Probenahme benötigten Absaugvolumenströme bestimmt werden.

Während der nachfolgend durchgeführten Schadstoffprobenahmen wurde die Abgastemperatur kontinuierlich ermittelt, der statische Druck im Abgaskamin und die Ofenklappenstellung im 15-Minutentakt erfaßt. Der barometrische Druck und die Raum- und Außentemperatur wurden alle 3 Stunden gemessen und

aufgezeichnet.

Um eine Verdünnung des Abgases durch ständiges Öffnen der Meßstutzen zu vermeiden, wurde während der nachfol

genden Verbrennungsversuche keine Messung der Abgasgeschwindigkeit durchgeführt und der brennstoffspezifische Geschwindigkeitsverlauf aus den Vorversuchen zugrundegelegt. Begründet wurde diese Vorgehensweise damit, daß das zur Geschwindigkeitsmessung verwendete Flügelradanemometer im Dauerbetrieb zur kontinuierlichen Erfassung der Abgasgeschwindigkeit bei den vorherrschenden Abgastemperaturen und Staubkonzentrationen nicht geeignet ist. Andere Geschwindigkeitsmeßverfahren (z.B. Staurohrmessungen) genügen bei der vorherrschenden geringen Abgasgeschwindigkeit von 0,5 bis 1,5 m/s nicht den Anforderungen an die Meßgenauigkeit.

Zur Geschwindigkeitsmessung wurde ein Flügelradanemometer der Fa. Höntzsch mit elektronischem Anzeigerät des Typs FT 30/32 in Verbindung mit  $\mu$ p-Flowtherm verwendet. Der statische Druck im Kamin wurde mit Staurohr und Mikromanometer unter Berücksichtigung der entsprechenden Anschlüsse aufgenommen.

Der Luftdruck in Höhe der Probenahmestelle wurde mit einem Digitalbarometer

des Typs Digima FP (Meßbereich: 950 ... 1050 mbar) der Fa. Special Instruments gemessen.

Die Temperaturmessung erfolgte kontinuierlich mit dem Widerstandsthermometer Technoterm 56, Pt 100 (Meßbereich: - 50 ... + 400 °C) der Fa. Testo in einem als repräsentativ erkannten Meßpunkt (Kern der Abgasströmung). Das Meßsignal wurde von einer Registrier-einrichtung aufgezeichnet.

Der Wasserdampfanteil im Abgas (Abgasfeuchte) wurde mit Hilfe der Adsorption an Molekularsieben der Fa. Merck und nachfolgender gravimetrischer Bestimmung ermittelt.

In Vorversuchen erfolgte die Ermittlung auch kontinuierlich mit Prallstrahl - Psychrometer des Typs Hygrophil - h, 4220 der Fa. Ultrakust electronic GmbH.

Die Abgasdichten wurden berechnet aus den Abgasanteilen an Sauerstoff ( $O_2$ ), Kohlendioxid ( $CO_2$ ), Luftstickstoff ( $N_2$ ), Kohlenmonoxid ( $CO$ ) und der Abgasfeuchte sowie der Abgastemperatur und den Druckverhältnissen im Kanal.

### 5.1.2 Durchführung der isokinetischen Probenahme

Für die Festlegung der Abgasteilvolumenströme bei Meßverfahren, die eine isokinetische Probenahme erfordern, wurden die Ermittlungsergebnisse der Vorversuche zu den Abgasrandbedingungen (s. Nr. 5.1.1) verwendet. Hier wurde u.a. der zeitliche Verlauf der Parameter Abgasgeschwindigkeit, Abgastemperatur, Abgasfeuchte, statischer Druck ermittelt. Die Geschwindigkeitsmessungen erfolgten diskontinuierlich in äquidistanten Zeitabständen von fünf Minuten. Ebenso wurde bei der Ermittlung des statischen Druckes verfahren.

Aus den erhaltenen Daten wurde der zeitliche Verlauf der Geschwindigkeit des trockenen Rauchgases im Normzustand berechnet. Die Zeitdauer des jeweiligen Abbrandzyklusses wurde in Zeitab-

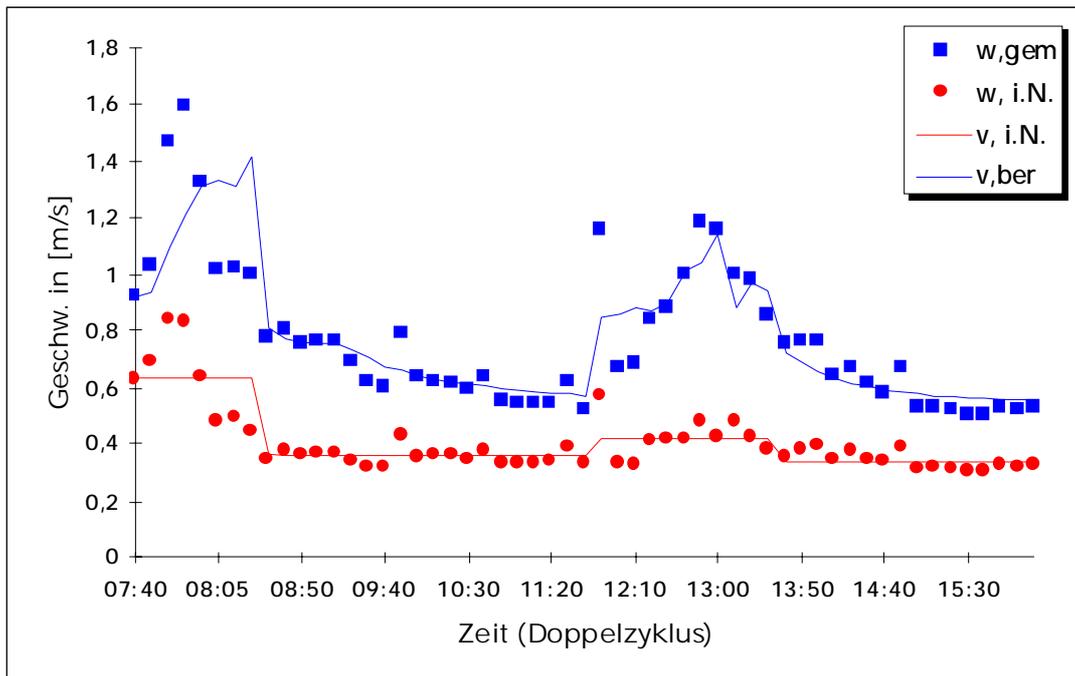
schnitte unterteilt, für die eine relativ konstante mittlere Geschwindigkeit im Normzustand angenommen werden konnte (Beispiel in Bild 5 mit den Bezeichnungen:

- $w_{gem}$ : *gemessene Geschwindigkeit im Betriebszustand*
- $w_{i,N}$ : *gemessene Geschwindigkeit umgerechnet in den Normzustand*
- $v_{ber}$ : *gemittelte Geschwindigkeit im Betriebszustand*
- $v_{i,N}$ : *gemittelte Geschwindigkeit im Normzustand für Berechnung der Teilgasvolumenströme*.

Daraus konnten dann die für die isokinetische Probenahme erforderlichen Teilgasvolumenströme im Normzustand, trocken berechnet werden. Die Förderung der Teilgasvolumina erfolgte mit thermischen Massendurchflußmessern des Typs MPN der Fa. Breitfuss, deren Meßprinzip die Volumenabsaugung im

Normzustand erlaubt.

Bild 5: Gemessene und berechnete Geschwindigkeitsverläufe über einen Verbrennungszyklus (Beispiel: böhmische Braunkohlenbriketts)



## 5.2 Probenahme und Analyse von Staub, Staubinhaltsstoffen

### 5.2.1 Staub

Grundlage des angewandten Emissions-

meßverfahrens für Gesamtstaub war das technische Regelwerk der VDI-Richtlinien 2066 Bl. 1 und 2. Dementsprechend erfolgte im Kernstrom der Abgasleitung (Durchmesser 160 mm) die isokinetische Entnahme eines staubbeladenen Teilgasvolumens aus dem Hauptvolumenstrom und die Abscheidung des im Teilgasvo-

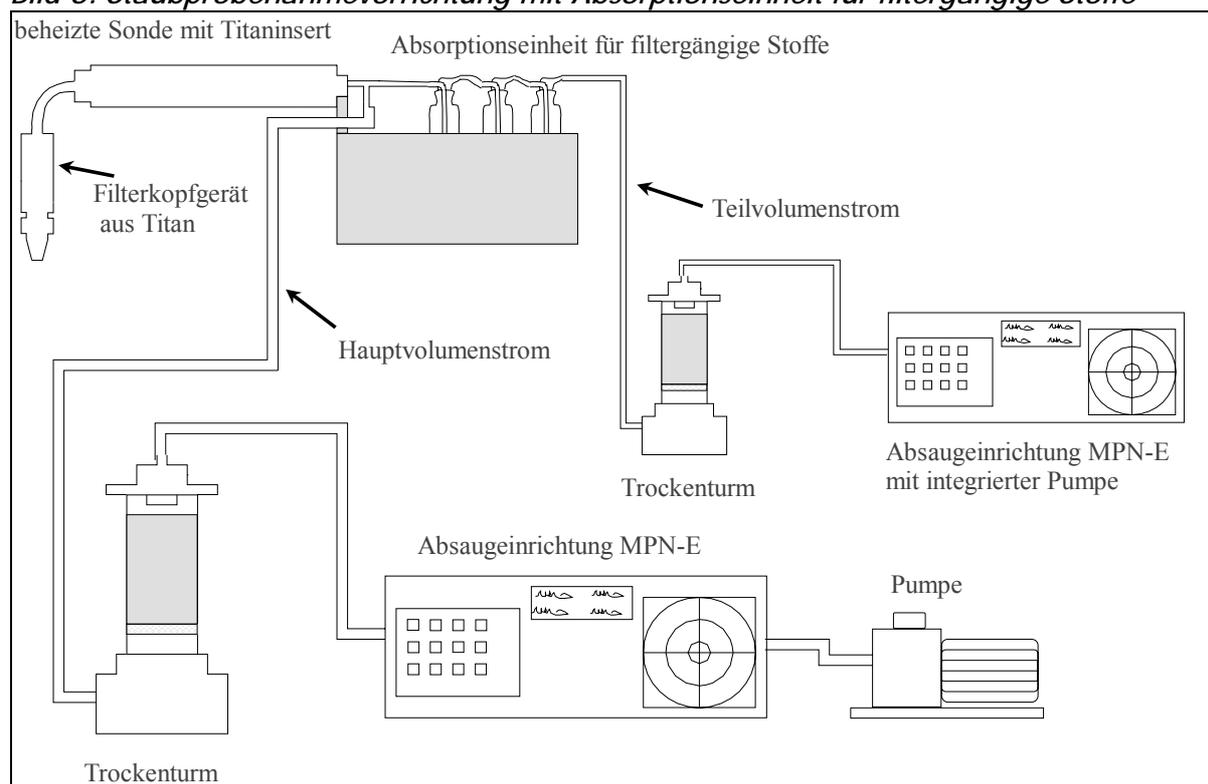
lumen enthaltenen Staubes durch ein geeignetes Filtersystem (mit Quarzwatte gestopfte Titanhülse, teilweise mit zusätzlichem Planfilter). Anschließend wurde die Staubmasse zeit- und volumenbezogen gravimetrisch bestimmt.

Das Filter zur Staubabscheidung befand sich innenliegend im Kanal und mußte demnach nicht beheizt werden (Bild 6). Zum Einsatz kam ein Filterkopfgerät aus Titan der Fa. Gothe.

In Vorbereitung der Staubprobenahmen wurden die mit Quarzwatte gestopften Hülsen entlüftet (Dauer: 15 min.; Entlüftungsstrom: 3000 l/h), anschließend bei 130 °C drei Stunden lang getrocknet, nach Abkühlung im Exsikkator (12 h) er-

neut wie oben entlüftet und wiederum im Exsikkator getrocknet. Daran anschließend erfolgte die gravimetrische Bestimmung der Filterleermasse mit einer Halbmikrowaage des Typs AT 260 Deltarange der Fa. Mettler in einem klimatisierten Wägeraum. Die mit Staub belegten Filterhülsen wurden nach den Probenahmen der gleichen Trocknungs- und Wägeprozedur wie bei der Filtervorbereitung, allerdings ohne Entlüftung unterzogen. Die Differenz der Auswägen (Masse belegtes Filter minus Filterleermasse) bezogen auf das Normvolumen des Teilgases, das dem Abgasstrom im Staubprobenahmezeitraum (Zykluszeit) entnommen wurde, liefert die mittlere Gesamtstaubkonzentration im Abbrandzyklus.

**Bild 6: Staubprobenahmeverrichtung mit Absorptionseinheit für filtergängige Stoffe**



### 5.2.2 Toxische Staubinhaltsstoffe (partikelförmige und filtergängige Stoffe)

Staubinhaltsstoffe wie Metalle und Halbmetalle wurden nach VDI-Richtlinie 2066 Bl. 1 und 3868 Bl. 1 bestimmt.

Auch hier ist Grundlage des Verfahrens die isokinetische Entnahme eines staubbeladenen Teilgasvolumens aus dem Hauptvolumenstrom und die Abscheidung des im Teilgasvolumen enthaltenen Staubes durch ein Filtersystem. Zur Sorption der filtergängigen Staubinhaltsstoffe

wurde aus dem Teilgasvolumen der Gesamtpartikelmessung nach Passieren des Filters ein kleineres Teilgasvolumen über in Reihe geschaltete Frittenwaschflaschen, die mit einer Absorptionslösung, bestehend aus 1 Volumenteil Salpetersäure, 1 Volumenteil Wasserstoffperoxid, 13 Volumenteile Wasser, gefüllt sind, geleitet (Bild 6). Verwendet wurden drei in Reihe geschaltete Waschflaschen mit je 40 ml Absorptionslösung. Zur Bestimmung der filtergängigen Inhaltsstoffe wurden die Absorptionslösungen definiert aufgefüllt und aufkonzentriert sowie anschließend unmittelbar analysiert. Der Aufschluß und die Analyse der partikelgebundenen Staubinhaltsstoffe erfolgte nach DIN 2268/1 wie nachfolgend beschrieben:

- Einengen nahe der Trockne (unter Zusatz von NiCl<sub>2</sub>-Lösung 0,1 g/l als Modifizier zur Verhinderung von As-Verlusten) auf 20 ml Endvolumen,
- Analyse mit Atomadsorptionsspektrometer des Typs H 4000 der Fa. Thermo Jarrel Ash.

Im Anschluß der gravimetrischen Ermittlung der Gesamtstaubkonzentrationen (siehe oben) wurden die Filterhülsen zur Bestimmung der partikelgebundenen Inhaltsstoffe entsprechend VDI 2268, Bl. 1 bis 4 aufgeschlossen und analysiert. Der Aufschluß und die Analyse der parti-

kelgebundenen Staubinhaltsstoffe erfolgte wie nachfolgend beschrieben:

- Nach Auffüllen mit 10 ml bidestilliertem Wasser, 10 ml HNO<sub>3</sub> (Konz. 65%, Suprapur) und 20 ml Flußsäure (40%) bei einer Heizplattentemperatur von 150°C bis fast zur Trockne abrauchen
- Aufnehmen mit 10 ml HNO<sub>3</sub> und 1 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> und wieder bis fast zur Trockne eindampfen
- Auffüllen auf 50 ml-Maßkolben mit 1-%iger HNO<sub>3</sub>
- Zugabe von 10 ml NiCl<sub>2</sub>-Lösung 1 g/l (nur bei Arsenbestimmung)
- Analyse mit Atomadsorptionsspektrometer des Typs H 4000 der Fa. Thermo Jarrel Ash

Die Kalibrierung wurde nach dem Standardkalibrierverfahren durchgeführt.

Die Förderung der Teilgasvolumina erfolgte mit thermischen Massendurchflußmessern des Typs MPN der Fa. Breitfuß (5 m<sup>3</sup> i.N./h für das Teilgas Gesamtstaub und partikelförmige Staubinhaltsstoffe sowie 400 l i.N./h für das Teilgas filtergängige Staubinhaltsstoffe). Vor dem Passieren der Absaugvorrichtungen wurden die Teilgase mit Blaugel getrocknet.

### 5.3 Ermittlung anorganischer Gase und organisch-chemischer Verbindungen

#### 5.3.1 Kontinuierliche Meßverfahren

Für die Messungen der Abgaskonzentrationen einiger anorganischer Gase (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) sowie für Gesamt-

kohlenstoff standen eignungsgeprüfte kontinuierliche Gasanalysatoren zur Verfügung (Ausnahme: für CO<sub>2</sub>-Meßgeräte existiert kein Eignungsprüfverfahren). Dabei kamen die in der folgenden Tabelle 2 aufgelisteten Meßgeräte zum Einsatz:

*Tabelle 2: Kontinuierliche Meßverfahren und -einrichtungen*

Anlage		Kachelofenluftheizung und Durchbrandofen Versuchsstand 1	Durchbrandofen KEVA
Schadstoff	Meßverfahren, VDI	Meßprinzip / Meßgerät	Meßprinzip / Meßgerät
SO <sub>2</sub>	2462 Bl. 4	NDIR / URAS 4G	NDIR / UNOR 6N

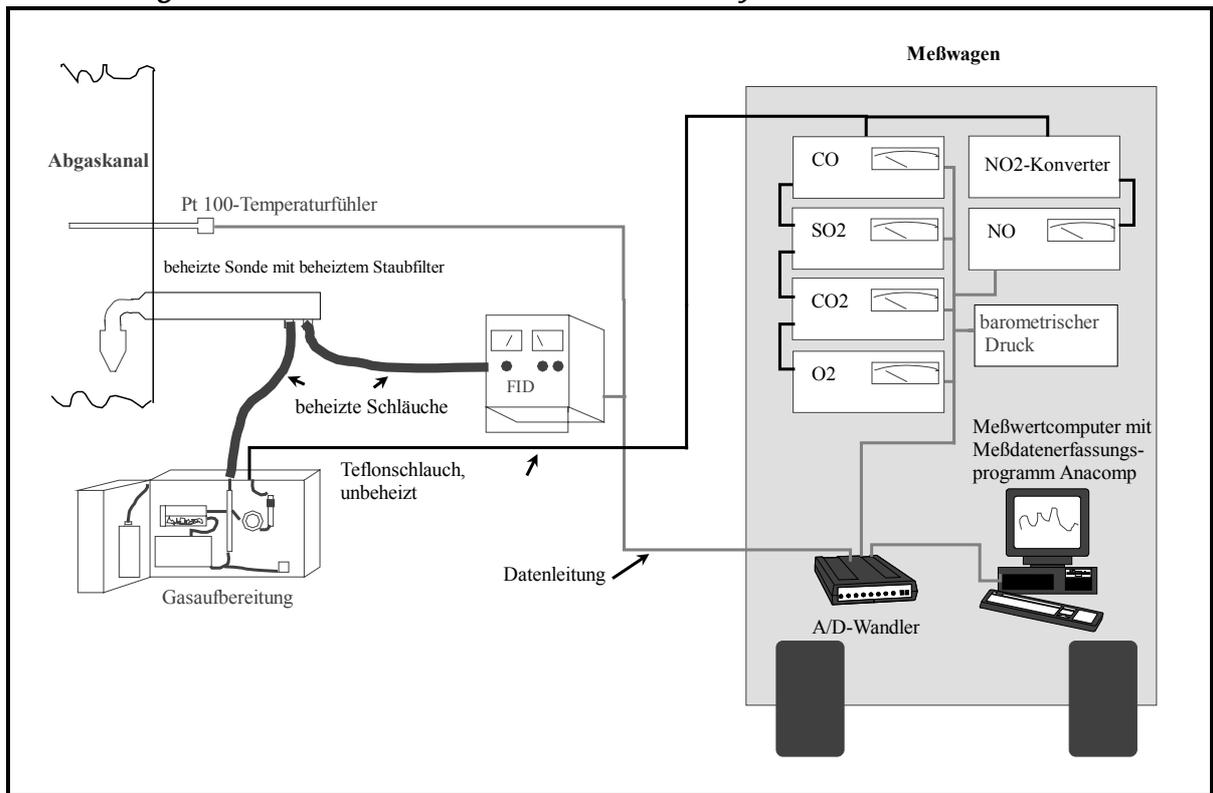
NO <sub>x</sub>	2456 Bl. 6	Chemilumineszens/Beckmann 951A	NDIR / UNOR 6N
CO	2459 Bl. 6	NDIR / URAS 4G	NDIR / UNOR 6N
CO <sub>2</sub>	-	NDIR / URAS 4G	NDIR / UNOR 6N
O <sub>2</sub>	-	Magnetomechanisch / MAGNOS 6G	Magnetomechan./ OXOR 6N
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	3481 Bl.1	Flammenionisation / BA 3005*	Flammenionisation / BA 3002

\* BA 3005 nicht eignungsgeprüft, aber baugleich mit dem eignungsgeprüften BA 3002

Prinzipiell erfolgte die Probenahme zur kontinuierlichen Gasanalyse entsprechend Bild 7 mit Aufteilung des Teilgasstromes nach Passieren der beheizten Sonde in einen Teil, der über die Gasaufbereitung (Trocknung durch zweistufige Kühlung) und dann durch die Analy-

satoren für NO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub> geleitet wird und einen zweiten Teilgasstrom, der über einen beheizten Schlauch direkt dem Flammenionisationsdetektor (FID) zur Messung der Gesamtkohlenstoffkonzentration zugeführt wird (Bild 7).

Bild 7: Meßgeräteaufbau zur kontinuierlichen Gasanalyse



### 5.3.2 Diskontinuierliche Meßverfahren

Die Probenahme und anschließende Laboranalyse zur Ermittlung der Emissionen anorganischer Schadstoffkonzentrationen im Abgas (Chlorwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Schwefeltrioxid, Fluorwas-

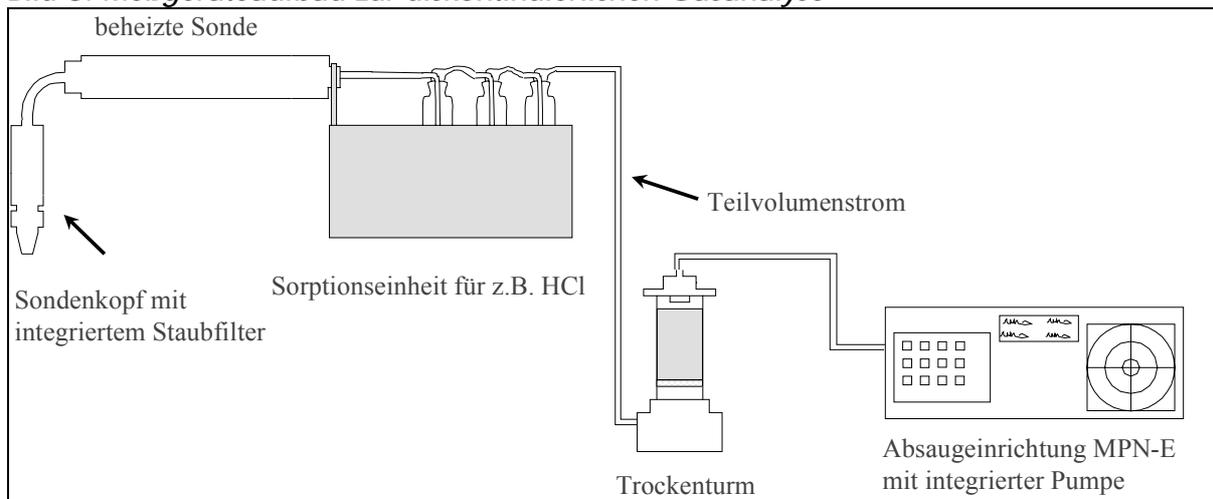
serstoff) sowie organischer Einzelkomponenten wie Benzol, Toluol, Xylole mit diskontinuierlichen Verfahren erfolgte ent-

sprechend dem technischen Regelwerk. Die in der Tabelle 3 nachfolgend aufgelisteten Meßverfahren kamen zur Anwendung. Der prinzipielle Meßgeräteaufbau zur Probenahme von H<sub>2</sub>S, HCl und HF ist in Bild 8 dargestellt.

Tabelle 3: Meßverfahren

Schadstoff	Meßprinzip	Richtlinie	Sorption	Analyse
HCl	Absorption in dest. Wasser	VDI 3480 Bl. 1	Frittenwaschflasche	Potentiometrische Titration
HF	Absorption in 0,5 n NaOH und H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	VDI 2470 Bl. 1	Frittenwaschflasche	Ionensensitive Elektrode
H <sub>2</sub> S	Absorption in 20%iger NaOH	VDI 3486 Bl. 1	Frittenwaschflasche	Potentiometrische Titration
SO <sub>3</sub>	Absorption in 80%igem Isopropanol	VDI 2462 Bl. 7	Adsorptionsapparat der Fa. Lange & Rehberg	Fällungstitration
BTX	Adsorption an Aktivkohle	Anlehnung an VDI 3482 Bl. 4 u.5	Dräger-Röhrchen	Elution mit CS <sub>2</sub> und GC-Analyse

Bild 8: Meßgeräteaufbau zur diskontinuierlichen Gasanalyse



#### 5.4 Ermittlung der Emissionen hochtoxischer und organisch-chemischer Verbindungen in geringen Konzentrationen

Die Probenahme für PCDD/F, PAH und PCB erfolgte als Sammelprobe mit einer Probenahmeapparatur. Aus diesem Grund werden in diesem Kapitel die Verfahren dieser drei Stoffgruppen zusammenhängend beschrieben.

Die Proben der einzelnen Versuchsserien wurden durch 3 verschiedene Analysela-

bors analysiert. Bei den ersten Messungen erfolgte die Analyse durch die GfA Münster. Bei den späteren Versuchen erfolgte die Analyse auf Dioxine/Furane, PAH und PCB durch das Dioxinlabor des LAU. Bei einer weiteren Versuchsserie erfolgte die Analyse im Rahmen eines Forschungsförderprojektes durch das Umweltforschungszentrum Leipzig. Im nachfolgenden werden beispielhaft die vom LAU verwendeten Analysenver-

fahren näher erläutert und ansonsten auf die VDI-Richtlinienreihe 3499 bzw.

auf die EN 1948 Bl. 1 bis 3 verwiesen.

#### 5.4.1 Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F)

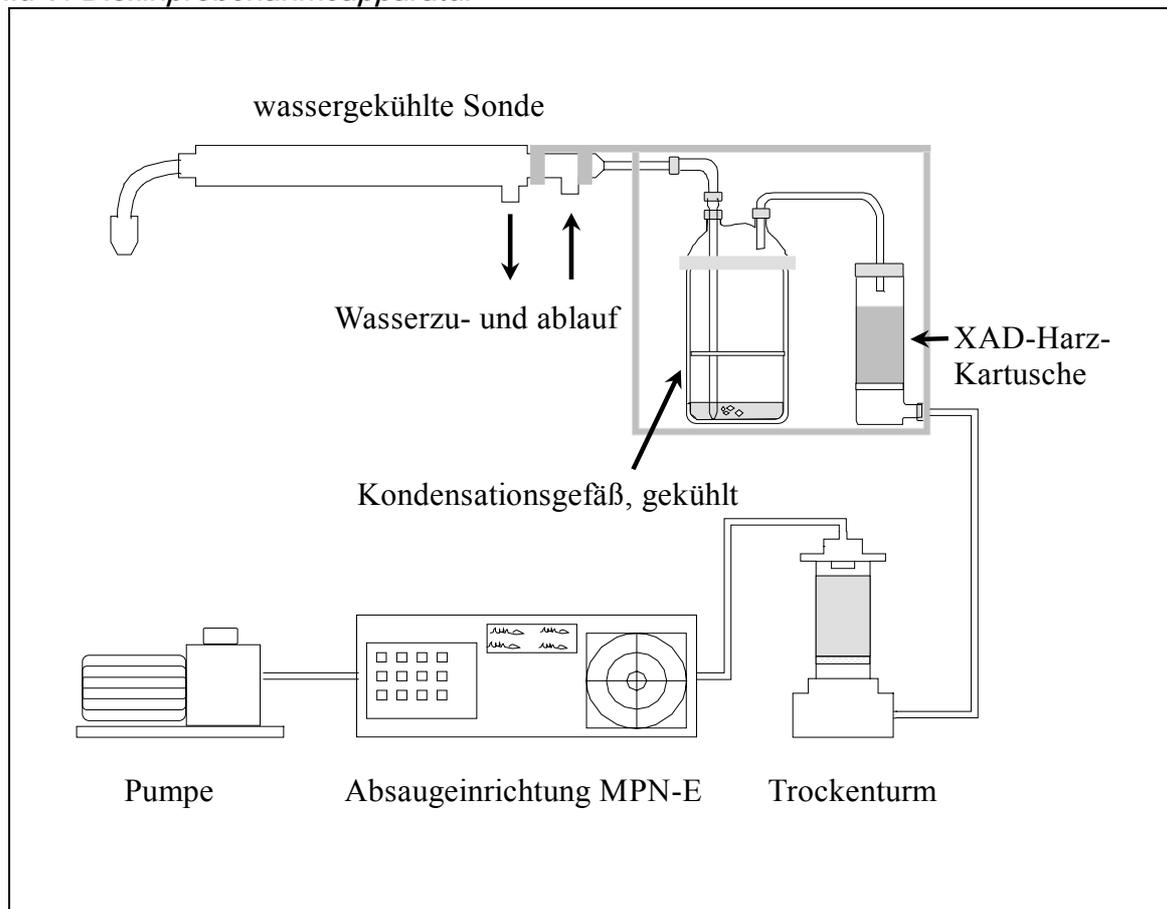
Bei den ersten Versuchen zur Ermittlung der PCDD/F-Emissionen kam ein Probenahmeverfahren nach VDI 3499 Bl. 3 (siehe Bild 9) zur Anwendung. Das isokinetisch abgesaugte Teilgas wird bei Eintritt in eine wassergekühlte Sonde schockartig abgekühlt. Eine weitere Abkühlung des Probegases erfolgt in einem mit Hilfe eines Wärme/Kälte-Thermostaten gekühlten Kondensationsgefäß. In einer nachgeschalteten, mit XAD2-Harz-gefüllten Adsorptionskartusche werden gasförmige PCDD/F abgeschieden. Der XAD2-Harz-Kartusche wurde eine Kartusche mit Quarzwatte

vorgeschaltet. Die Probenahmeapparatur ist so aufgebaut, daß alle vor der letzten Adsorptionsstufe mit dem Abgas in Berührung kommenden Teile aus Glas oder Titan bestehen.

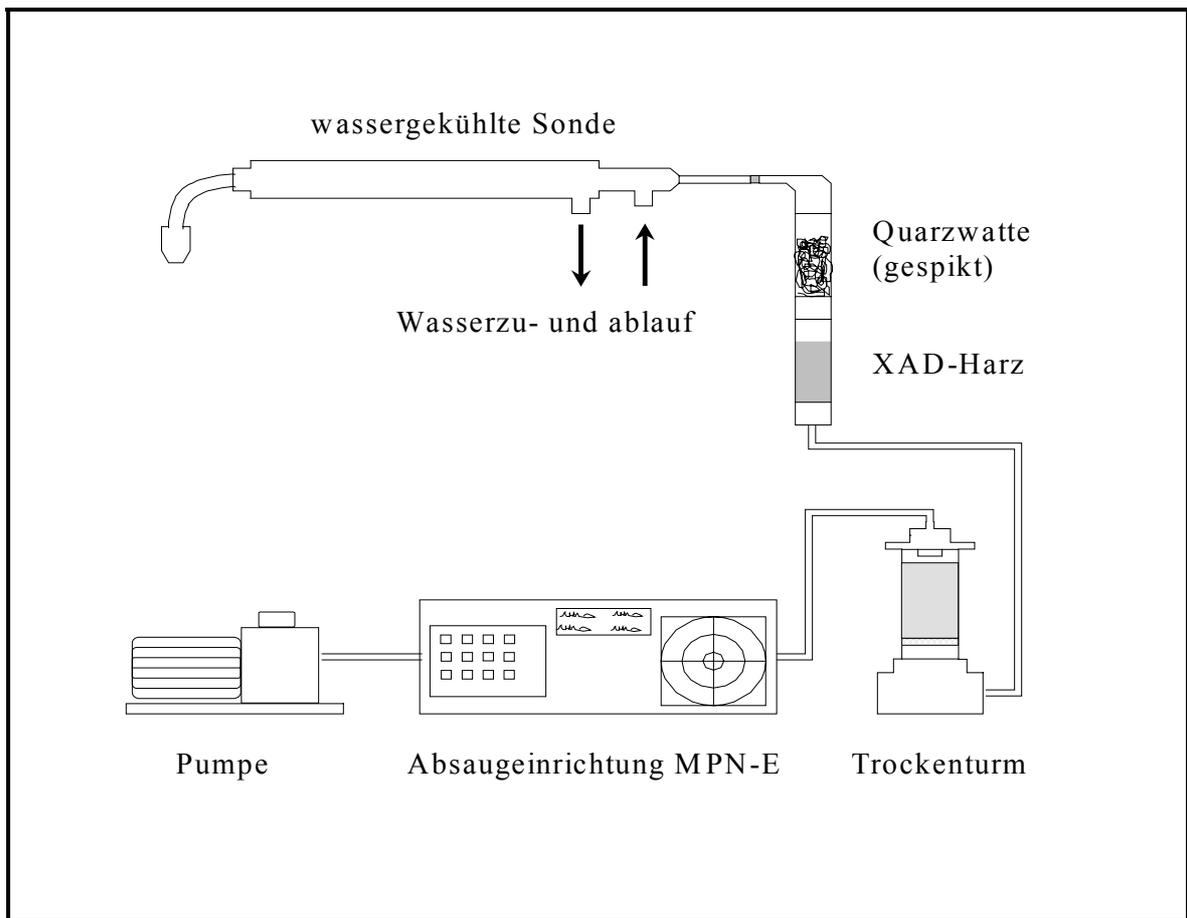
Die Probenahme erfolgte mit einer wassergekühlten Entnahmesonde der Fa.Gothe, Sondenkopf und Krümmer aus Titan, Insert aus Duranglas. Das verwendete Kondensationsgefäß und die Adsorptionskartusche sind außen braun-gefärbte Maßanfertigungen.

Als Adsorptionsmittel wurden ca. 35 g vom AnalySELabor vorbehandeltes XAD2-Harz verwendet. Die isokinetische Teilstromentnahme erfolgte mit einer Absaugeinrichtung des Typs MPN-E der Fa. Breitfuss (thermischer Massendurchflußmesser).

*Bild 9: Dioxinprobenahmeapparatur*



*Bild 10: Dioxinprobenahmeapparatur (Bauart GfA Münster)*



Bei den späteren Versuchen am Durchbrandofen kam das von der Gesellschaft für Arbeitsplatz- und Umweltanalytik mbH Münster in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3499 Bl. 3 entwickelte Probenahmeverfahren zur Anwendung (Bild 10).

Bei diesem Verfahren werden das Teilgas und entstehendes Kondensat nach dem Passieren der wassergekühlten Sonde durch eine mit Quarzwolle gestopfte Filterkartusche geleitet. Danach werden in einer nachgeschalteten Adsorptionskartusche, die mit vorbehandeltem XAD2-Harz gefüllt ist, die PCDD/F quantitativ abgeschieden. Die erforderlichen Kenngrößen zum Verfahren liegen vor.

Alle mit der Probe in Berührung kommenden Teile wurden vor der Probenahme entsprechend der Reinigungsvorschrift nach VDI 3499 Bl.3 gereinigt. Vor jeder Probenahme wurde die Quarzwatte zur Qualitätssicherung der Probenahme mit einem Spikestandard gespikt. Die Probenahmedauer betrug in der Regel >5 Stunden und erfolgte deshalb über den Zeitraum von zwei aufeinander

folgenden vollständigen Abbrandzyklen. Dabei wurden ca. 10 m<sup>3</sup> Abgas i. N. abgesaugt. Nach Abschluß aller PCDD/F-Probenahmen einer Versuchsserie wurden die Proben unverzüglich zum Analyselabor überführt. In der Zwischenzeit wurden die Proben kühl gelagert. Zum Analyselabor gelangten das zersägte Glasinsert, das Kondensationsgefäß bzw. die Filterkartusche, die XAD-

Kartusche und die Spüllösung (Toluol) des Sondenkopfes.

Das Clean-up und die Analyse auf PCDD/F wurde entsprechend der VDI-Richtlinie 3499 Bl. 2 durchgeführt. Zum Analyselabor gelangten das zersägte Glasinsert, die Quarzwattekartusche, die XAD-Kartusche und die Spüllösung (Toluol) des Sondenkopfes. Diese vier Probenbestandteile wurden anschließend mit Toluol extrahiert. Nach der Vereinigung der vier Extrakte wurden anschließend entsprechende Anteile für die Bestimmung der PCDD/F, PAH und/oder PCB entnommen und getrennt aufgear-

beitet.

Nachfolgend sind die verwendeten Analysengeräte und Verfahrensschritte erläutert.

Analysengerät: Kapillargaschromatograph (gekoppelt mit HRMS)

Hersteller: Hewlett Packard

Typ: GC: HP 5890 II

GC-Säule: DB Dioxin von J&W, polare Phase, Säulenlänge: 60 m

Temperatur-Aufheizprogramm:

– 5 min bei 100 °C, bis 250 °C mit 20

K/min,

– 31,5 min bei 250 °C, bis 270 °C mit 20 K/min

Injektion: on column

Trärgas: Helium 5.0

Auswertung: über inneren Standard

Analysengerät: HRMS

Hersteller: AMD Intektra

Typ: AMD 402 (im SIM-Modus)

Nachweisgrenze:  $\leq 1 \text{ pg/m}^3$  je Kongener (bei  $10 \text{ m}^3$  Probevolumen)

#### 5.4.2 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)

Die Probenahme für PCDD/F, PAH und PCB erfolgte als Sammelprobe mit einer Probenahmeapparatur. Die Beschreibung des Probenahmeverfahrens ist Nr. 5.4.1 zu entnehmen.

Die Analyse auf PAH erfolgte wie nachfolgend beschrieben:

Das Clean-up und die Analyse erfolgte entsprechend der VDI-Richtlinie 3873 Bl. 1 (Reinigung über Kieselgel 60). Zur Qualitätssicherung wurde bei den letzten Emissionsmessungen die Quarzwatte mit einem Probenahmestandard gespikt.

#### 5.4.3 Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Die Probenahme für PCDD/F, PAH und PCB erfolgte als Sammelprobe mit einer Probenahmeapparatur. Die Beschreibung des Probenahmeverfahrens ist Nr. 5.4.1 zu entnehmen.

Die Analyse auf PCB erfolgte durch das LAU wie nachfolgend beschrieben:

Das Clean-up und die Analyse wurde in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3499 Bl. 2 durchgeführt. Zur Qualitätssicherung wurde in der Regel die Quarzwatte mit einem Probenahmestandard gespikt.

Spikesubstanz: 77,4 ng PCB-Nr. 77, deuterisiert

Spikesubstanz: 1,3,5 Triphenylbenzen

Lösungsmittel: Toluol

Analysengerät: Kapillargaschromatograph

Hersteller: Hewlett Packard

Typ: HP 5890 II

GC-Säule: HP Ultra 2

Säulenlänge: 25 m

Temperatur-Aufheizprogramm:

– 1 min bei 90 °C, bis 180 °C mit 30 K/min,

– bis 310 °C mit 4 K/min,

– 1 min bei 310 °C

Injektion: Splitless (290 °C)

Trärgas: Helium 5.0

Detektor: FID (310 °C)

Auswertung: über inneren Standard

Nachweisgrenze:  $\leq 5 \text{ ng/m}^3$  je Verbindung (bei  $10 \text{ m}^3$  Probevolumen)

Lösungsmittel: iso-Octan

Analysengerät: Kapillargaschromatograph

Hersteller: Hewlett Packard

Typ: HP 5890 II

GC-Säule: SE 54

Säulenlänge: 50 m

Temperatur-Aufheizprogramm:

– 80°C 1 min,

– bis 180 °C mit 30 K/min,

– bis 210 °C mit 1 K/min,

– bis 280 °C mit 8 K/min,

– 25 min bei 280 °C

Injektion: Split/Splitless

Trärgas: Helium 5.0

Detektor: MSD

Auswertung: über inneren Standard  
Nachweisgrenze:  $\leq 2 \text{ pg/m}^3$  je Verbindung (bei  $10 \text{ m}^3$  Probevolumen)

Die Analysen durch Fremdinstitute erfolgten mit der in Tabelle 4 aufgelisteten Analysetechnik.

Tabelle 4: Geräte für die PCB-Analyse

Analyselabor	GfA Münster	UFZ Leipzig
Probenahmestandard	$^{13}\text{C}_{12}$ -1234-TCDD	$^{13}\text{C}_{12}$ -123789-HxCDD
Analysator PCDD/F	HRGC/MS HP 5890 gekoppelt mit VG AutoSpec	HRGC/HRMS HP 5890 gekoppelt mit Finnigan MAT 95
Säule (PCDD/F)	SP 2331	DB-5, Fa. J&W
Analysator PCB	HRGC/HRMS HP 5890 gekoppelt mit VG AutoSpec	nicht analysiert
Säule (PCB)	SP 2331	nicht analysiert
Analysator PAH	HRGC HP 5890 mit FID	HRGC HP 5890 mit FID
Säule (PAH)	DB-5	PTE-5, Fa. Supelco

## 5.5 Brennstoff- und Ascheanalytik

Bei jedem Verbrennungszyklus wurde ein Brikett der jeweiligen Brennstoffsorte entnommen und die so im jeweiligen

Versuchskomplex gesammelten Briketts dem Analyselabor zur Brennstoffanalyse übergeben. Im Analyselabor wurden die Briketts gemahlen und zur Gesamtprobe vereinigt und homogenisiert. Der nach erfolgter Analyse verbleibende Probenrest wurde dem LAU als Rückstellprobe wieder zugestellt.

Die Brennstoffanalytik erfolgte durch die DBI-AUA GmbH Freiberg. Folgende Analysenverfahren kamen zur Anwendung:

- Probenvorbereitung und Homogenisierung: DIN 51701, Teil 3
- Gesamtwasser: DIN 51718, Trockenschrankverfahren Analysenautomat MAC-500
- Asche: DIN 51719, Analysenautomat MAC-500
- Gesamtkohlenstoff: DIN 51721, Analysenautomat CHN-600
- Gesamtwasserstoff: DIN 51721, Analysenautomat CHN-600
- Stickstoff: Betriebsvorschrift DBI-AUA 040 (Analysenautomat CHN-600)

- Sauerstoff: Differenzberechnung
- Gesamtschwefel: DIN 51724, Teil 1, Analysenautomat SC-32
- Ascheschwefel: Betriebsvorschrift DBI-AUA 041 (Analysenautomat SC-32)
- Schwefel verbrennlich: Differenzberechnung
- Heizwert/Brennwert: DIN 51900 Teil 1 und 3 (Kalorimetersystem C 4000 A)
- Fluor: ASTM D 3761-91, Bombenmethode, Analytik mit ISE
- Chlor: Betriebsvorschrift DBI-AUA 058 (Bombenmethode, Analytik mit ISE)
- Metalle: Aufschluß mit Königswasser zur nachfolgenden Bestimmung des säurelöslichen Anteils von Metallen, DIN 38414-S7 (3000 mg/100 ml Lösung)
- Arsen: DIN EN ISO 11969: 1996
- Blei: DIN 38406-E 6-1
- Cadmium: DIN EN ISO 5961: 1995
- Chrom: DIN EN 1233: 1996
- Cobalt: DIN 38406-E 24-1
- Mangan: Betriebsvorschrift DBI-AUA 016
- Eisen: Betriebsvorschrift DBI-AUA 016
- Kupfer: DIN 38406-E 7-1
- Nickel: DIN 38406-E 11-1
- Thallium: analog DIN 38406-E 25
- Selen: DIN 38406-E 22 (ICP-OES)
- Zinn: DIN 38406-E 22 (ICP-OES)

- Vanadium: DIN 38406-E 22

Nach erfolgreichem Abbrand wurde für jeden Verbrennungszyklus die angefallene Aschemenge gravimetrisch bestimmt und eine definierte Menge der Asche entnommen und gesammelt. Die so gesammelten Ascheproben eines Versuchskomplexes wurden vereinigt und homogenisiert. Die Mischprobe wurde der Analyse durch die DBI-AUA GmbH Freiberg zugeführt. Folgende Analysenvorschriften wurden angewendet:

- Probenvorbereitung und Homogenisierung: DIN 51701, Teil 3

## 5.6 Qualitätssicherungsmaßnahmen

Die Qualitätssicherung erfolgte entsprechend den Vorgaben der DIN EN 45001.

Zur Anwendung kamen standardisierte Meßverfahren, deren Verfahrenskenngrößen in VDI- bzw. DIN/EN-Richtlinien dokumentiert sind.

Zur kontinuierlichen Gasanalyse wurden, sofern zutreffend, eignungsgeprüfte Meßgeräte eingesetzt.

In ausgewählten Einzelfällen erfolgte die Überprüfung zertifizierter Prüfgase mit Konventionsmeßverfahren.

Zu jedem Versuchskomplex erfolgte die Rückstellung von Asche- und Brennstoffproben.

## 6 Meßergebnisse

### 6.1 Umfang der Ermittlungen

Das Untersuchungsprogramm mit Angabe der Meßkomponenten und Anzahl der durchgeführten Einzelprobenahmen je Komponente ist für die beiden Ofentypen bei Verbrennung der jeweiligen Brikettsorten in der Tabelle 1 im Anhang

- Gesamtwasser: DIN 51718, Trockenschrankverfahren Analysenautomat MAC-500
- Bestimmung des Glühverlustes (Unverbranntes): wie DIN 51719, Analysenautomat MAC-500
- Gesamtschwefel : Betriebsvorschrift DBI-AUA 041 (Analysenautomat SC-32)
- Chlor : Betriebsvorschrift DBI-AUA 058 (Bombenmethode, Analytik mit ISE)
- Fluor : Betriebsvorschrift DBI-AUA 002 (Aufschlußmethode, ISE)
- Die Analyse der Metalle erfolgte analog zur Brennstoffanalytik.

Bzgl. der Analytik von PCDD/F und PCB wurden folgende zusätzliche Qualitätssicherungsmaßnahmen durchgeführt:

- Angabe der verwendeten internen Standards in den Meßberichten
- Angabe der Wiederfindungsraten der Probenahmestandards
- Ermittlung des Gesamtblindwertes des Verfahrens
- getrennte Analyse von Kontrollkartuschen (in Einzelfällen)

Sämtliche, für die Bewertung der ermittelten Emissionskonzentrationen notwendigen Parameter der Probenahme, Analyse sowie der Anlagenfahrweise wurden entsprechend den Vorgaben des bundeseinheitlichen Mustermeßberichtes angegeben. Einzelheiten sind den LAU-Meßberichten zu entnehmen.

enthalten.

Die Untersuchungen erfolgten insgesamt über einen Zeitraum von mehreren Jahren (1992-1997). Da die Untersuchungen einerseits einen hohen sachlichen, personellen und Zeitaufwand erforderten, andererseits eine ausreichende statistische Sicherheit der Meßergebnisse erreicht werden sollte, waren bzgl. der Anzahl der je Brikettsorte zu untersuchenden Abgaszyklen Kompromisse notwendig. In Anlehnung an gesetzliche Re-

gelingen zur Anlagenüberwachung wurden für jede Komponente mindestens drei Probenahmen durchgeführt, so daß mindestens drei Einzelmeßwerte zur Verfügung stehen.

Um Störungen der Strömungsverhältnisse im Abgaskamin zu minimieren und eine gegenseitige Behinderung der unterschiedlichen Probenahmesysteme zu vermeiden, wurden zeitgleich zur stets durchgeführten Ermittlung der kontinuierlich meßbaren gasförmigen Abgasbestandteile ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_2$ , Gesamt-C,  $\text{CO}_2$ ) maximal zwei weitere Probenahmesysteme (z.B. für PCDD/F und

$\text{H}_2\text{S}$ ) eingesetzt. Dies begründet bei optimierter Versuchsplanung Versuchszeiträume von ca. drei bis vier Wochen für jede Brennstoffsorte.

Im Zuge der durch die Ermittlungen fortschreitenden Erkenntnisgewinnung erfolgten Präzisierungen und Aktualisierungen des zu untersuchenden Komponentenspektrums. Dies betrifft vor allem einzelne Staubinhaltsstoffe. So wurden die Ermittlungen der Emissionen von Palladium und Tellur aufgrund zu geringer Werte (unterhalb der Nachweisgrenzen) eingestellt und dafür Ermittlungen der Staubinhaltsstoffe Zinn, Antimon bzw. teilweise von Eisen und Zink in nachfolgende Versuchsprogramme mit

## 6.2 Ermittlungsergebnisse ausgewählter Schadstoffe/ -gruppen

Tabelle 1 im Anhang gibt einen Überblick über alle durchgeführten Versuchskomplexe und die im einzelnen je Schadstoff/-gruppe durchgeführte Anzahl von Probenahmen. In den Tabellen 2-1 bis 2-12 im Anhang sind die Emissionskonzentrationseinzelnwerte der ermittelten Schadstoffe/ Schadstoffgruppen für die untersuchten Ofentypen und Brennstoffsorten aufgelistet.

Die Tabellen 3 und 4 im Anhang enthalten die Brennstoff- bzw. Ascheparameter der einzelnen Versuchskomplexe. In den Tabellen 5 und 6 sind die mittleren Schadstoffkonzentrationen bzw. Emissionsfaktoren aller Versuchskomplexe

aufgenommen.

Ebenso führten die anfangs ermittelten geringen PCB-Konzentrationen zunächst zur Einstellung der PCB-Messungen. Der später bestehende Erkenntnisbedarf zur Emission vor allem der coplanaren PCB führte zur Wiederaufnahme in die Programme.

An der Kachelofenluftheizung erfolgten Ermittlungen beim Verbrennen von Braunkohlenbriketts der Sorten/Reviere:

- Lausitz,
- Stedten,
- Salzkohle und
- Profen,

von denen lediglich Lausitzer Briketts noch im Handel erhältlich sind.

Am Durchbrandofen wurden Ermittlungen beim Verbrennen von Braunkohlenbriketts der Sorten/Reviere:

- Profen,
- Lausitz,
- MIBRAG (vorbehandelte Briketts),
- Böhmen,
- Baschkirien und
- Polen

zum Teil auch von zwei verschiedenen Chargen durchgeführt.

Außer Briketts aus dem Revier Profen sind diese Brennstoffe derzeit gebräuchlich.

zusammengefaßt enthalten.

Der verwendete Emissionsfaktor ist wie folgt definiert:

Masse des emittierten Schadstoffes/ingesetzte Brennstoffwärme.

In den Abbildungen 1-1 bis 1-12 im Anhang sind die mittleren Konzentrationsverläufe der Abgasbestandteile, die mit kontinuierlich arbeitender Meßtechnik

ermittelt wurden, für jeden Versuchskomplex dargestellt.

In den Abbildungen 2-1 und 2-2 im Anhang sind die Konzentrationsverläufe für die genannten Komponenten ofenspezifisch zusammengefaßt. Die Abbildungen 3-1 und 3-2 im Anhang beinhalten die

auf eine einheitliche mittlere O<sub>2</sub>-Konzentration von 17% (Mittelwert aller Versuchskomplexe) bezogenen Konzentrationsverläufe.

Um einen Vergleich der Auswirkungen auf die Immission zu ermöglichen, wurden Emissionsfaktoren, die vom Grad der Abgasverdünnung unabhängig sind, berechnet. Gebräuchlich ist ein Bezug der emittierten Schadstoffmasse auf die eingesetzte Brennstoffwärme. Die bei Feuerung der eingesetzten Brikettsorten

#### 6.2.1 Anorganische Gase

Die Konzentrationsverläufe der dargestellten Abgasbestandteile Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Gesamtkohlenstoff, Kohlenmonoxid, Sauerstoff und Kohlendioxid repräsentieren je nach Untersuchungsumfang (Tabelle 1 im Anhang) für die Kachelofenluftheizung 8 bis 10 und für den Durchbrandofen 13 bis 18 vollständige Abbrandzyklen (Definition in 4). Anhand der Abbildungen 2-1 und 2-2 im Anhang ist ersichtlich, daß trotz gleichbleibender Feuerungsführung ein ge-

ringfügig anderer Abbrand und damit

##### Schwefeldioxidemissionen

Schwefeldioxid wird hauptsächlich nach Erwärmung und Trocknung der Brennstoffe im Zeitraum der Verbrennung der aus thermischer Zersetzung (Pyrolyse) gebildeten Entgasungsprodukte emittiert. Nach ca. halber Zykluszeit gehen die Schwefeldioxidemissionen nahezu gegen Null. Die ermittelten Unterschiede in den Konzentrationsniveaus resultieren aus dem Schwefelgehalt der jeweiligen Brikettsorte. Die Schwefeldioxidemissionen sind vom Schwefelgehalt des Brennstoffes direkt abhängig. Insbesondere beim Einsatz der Salzkohle-Briketts, die von allen untersuchten Brennstoffen den höchsten Gesamtschwefelgehalt (4,5 %)

##### Stickstoffoxidemissionen

Stickstoffoxide entstehen hauptsächlich

an der Kachelofenluftheizung und am Durchbrandofen ermittelten maximalen, minimalen und mittleren Emissionsfaktoren sind für ausgewählte Stoffe in der Abbildung 4 grafisch dargestellt.

Die Abbildungen 2-3 und 2-4 zeigen die mittleren Verläufe der Abgastemperaturen.

Nachfolgend werden die Ermittlungsergebnisse ausgewählter Schadstoffe/Schadstoffgruppen vorgestellt und diskutiert.

Emissionsverlauf in den Zyklen der brennstoffspezifischen Versuchskomplexe erfolgt. Diese, aus z.B. unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen oder Brennstoffeigenschaften während der Probenahmezeiten resultierenden Unterschiede, sind durch Vergleich der Sauerstoffkonzentrationsverläufe des jeweiligen Versuchskomplexes feststellbar. Ein damit verbundener unterschiedlicher Grad der Abgasverdünnung ermöglicht den direkten Vergleich von Schadstoffkonzentrationen nur bedingt. Deshalb sind in den Abbildungen 3-1 und 3-2 im Anhang die auf eine einheitliche mittlere O<sub>2</sub>-Konzentration von 17% (Mittelwert aller Versuchskomplexe) bezogenen Konzentrationsverläufe zusätzlich dargestellt.

aufweisen, sowie beim Einsatz von Briketts mit höheren Schwefelgehalten (Profen, Stedten, MIBRAG) sind erwartungsgemäß die höchsten Konzentrationen ermittelt worden. Der Effekt der Absenkung der Schwefeldioxidemissionskonzentrationen durch gezielte Vorbehandlung der MIBRAG-Briketts unter Zugabe von Calciumhydroxid und Anthrazit wird gegenüber den anderen mitteldeutschen Brikettsorten (Abbildungen 3-1 und 3-2 im Anhang) deutlich. Hier macht sich der gewollte Effekt der höheren Einbindung von Schwefel in der Brennstoffasche bemerkbar.

bei hohen Temperaturen durch Reaktion

des Luftstickstoffs mit Sauerstoff, sowie durch Reaktion des Brennstoffstickstoffs. Zum weitaus größten Teil bildet sich Stickstoffmonoxid, welches erst bei niedrigen Temperaturen in der Atmosphäre

zu Stickstoffdioxid oxidiert wird. Signifikante Unterschiede in der Höhe der  $\text{NO}_x$ -Emissionen sind ofen- oder brennstoffspezifisch nicht feststellbar.

#### Kohlenmonoxidemissionen

Die Bildung von Kohlenmonoxid ist die Folge einer unvollständigen Verbrennung, und ebenso wie die Gesamtkohlenstoffemissionen kann CO im Abgas als Indikator für die Verbrennungsgüte herangezogen werden. Dies wird auch durch den prinzipiell gleichen Konzentrationsverlauf beider Schadstoffe im ersten Drittel des Verbrennungszyklusses, also in der Schwelphase, belegt. Zum Zeitpunkt der Aufgabe von Briketts erfolgt eine Absenkung der Temperaturen im Glutbett bzw. Feuerraum, der Vorgang der unvollständigen Verbrennung wird dadurch gefördert. Anders stellt sich dagegen der Kohlenmonoxidkonzentrationsverlauf nach dem ersten Drittel des Abbrandes dar. Es erfolgt ein stetiger Konzentrationsanstieg bis zum, aus

Gründen der Aufwandsbegrenzung festgelegten Zyklusende. Der dann beginnende über ca. 10 Stunden währende langsame Konzentrationsabfall war das Abbruchkriterium für die Probenahmen der Untersuchungen. Beispielhaft durchgeführte Langzeituntersuchungen ergaben, daß immerhin noch 50-60 % der gesamten CO-Emissionen auf die Zeit nach dem Abbruch fallen. Die Kohlenmonoxidemissionen bei Ofenbetrieb ohne Nachlegen von Brennstoff sind demnach ca. doppelt so hoch, wie im vorliegenden Bericht ausgewiesen. Als hauptverantwortlich für den, im Gegensatz zu den anderen Schadstoffen erfolgenden nochmaligen Konzentrationsanstieg ist lokal begrenzter Sauerstoffmangel im Glutbett anzusehen.

#### Chlorwasserstoffemissionen

Eine Abhängigkeit der HCl-Emissionskonzentration vom Gesamtchlorgehalt der Brennstoffe ist bei den insgesamt niedrigen Gesamtchlorgehalten der Brennstoffe nicht erkennbar bzw. bei Chlorwasserstoffkonzentrationen im

Abgas in der Nähe der Nachweisgrenze des Meßverfahrens nicht nachweisbar. Erst bei besonders hohen Brennstoffchlorgehalten wie sie bei der Salzkohle auftreten, sind signifikant erhöhte Emissionskonzentrationen gemessen worden.

#### Fluorwasserstoffemissionen

Auch die Fluorwasserstoffemissionen sind brennstoffabhängig. Sie bewegen sich insgesamt auf niedrigem Niveau. Erhöhte Fluorgehalte im Brennstoff, wie

etwa bei den Briketts aus Baschkirien, Böhmen, Stedten oder bei der Salzkohle, sind die Ursache für leicht erhöhte Fluorwasserstoffemissionen.

### 6.2.2 Organische Gase und Dämpfe

#### Gesamtkohlenwasserstoffemissionen

Die Gesamtkohlenwasserstoffemissionen erfolgen vorwiegend im ersten Drittel des Verbrennungszyklusses und unterliegen großen Schwankungen. Danach treten

so gut wie keine Emissionen mehr auf. Die Schwankungsbreite resultiert aus unzureichender örtlicher Luftzufuhr im Brennstoffbett, ungleichmäßiger Entzün-

dung des Brennstoffs, insbesondere nach Brennstoffzugaben sowie aus schlechter Durchmischung von Verbrennungsluft mit Pyrolysegasen und kann als Indikator

#### BTX - Emissionen

Die ausgewiesenen BTX - Emissionen beinhalten in der Summe die Aromaten Benzol, Toluol, Ethylbenzol, m-p-Xylol, o-Xylol, 1,2,4-Trimethylbenzol und 4-Ethyltoluol.

Der Vergleich der BTX-Emissionen zeigt auch, daß bei Verbrennung in der Kachelofenluftheizung gegenüber der Verbrennung im Durchbrandofen die niedrigeren Werte ermittelt wurden. Ein

#### PAH - Emissionen

Die ermittelten PAH - Emissionen weisen in Abhängigkeit von der Brennstoffsorte geringe Unterschiede auf. Relevante

#### PCDD/F - Emissionen

Die ermittelten PCDD/F-Emissionsfaktoren liegen für die untersuchten Brennstoffsorten, mit Ausnahme der Briketts "Baschkirien", "Profen 2" und "Salzkohle", in derselben Größenordnung auf niedrigem Niveau. Die festgestellte höhere mittlere PCDD/F-Emission bei Verbrennung von "Profen 2" ist auf den hohen Wert der Probe 1 zurückzuführen, während die Proben 2 und 3 we-

für die Verbrennungsgüte herangezogen werden. Deutlich sind Emissionsspitzen nach Brennstoffzugabe zu erkennen.

besserer Ausbrand dieser Stoffe, bedingt durch eine längere Verweilzeit der Abgase bei höheren Temperaturen im Ofen, scheint die Ursache dafür zu sein. Weiterhin ist auffällig, daß gegenüber den anderen untersuchten Brikettsorten deutlich höhere BTX-Emissionen beim Einsatz importierter Brikettsorten "Böhmen", "Baschkirien" und "Polen" auftreten.

Ausnahme stellen die deutlich höheren PAH - Emissionen beim Einsatz von Braunkohlenbriketts "Böhmen" dar.

sentlich niedrigere gleiche Werte ausweisen. Unter der Annahme, daß bei Probe 1 eine Kontaminaton bzw. Fehlmessung vorlag, ist "Profen 2" der Gruppe der Brikettsorten mit niedrigeren PCDD/F-Emissionsfaktoren zuzuordnen. Eindeutig höhere PCDD/F-Emissionsfaktoren weisen dagegen die Briketts "Salzkohle" und "Baschkirien" aus. Ursache ist der hohe Gesamtchlorgehalt des Brennstoffs.

### 6.2.3 Staub, Staubinhaltsstoffe

#### Emissionen an Gesamtstaub

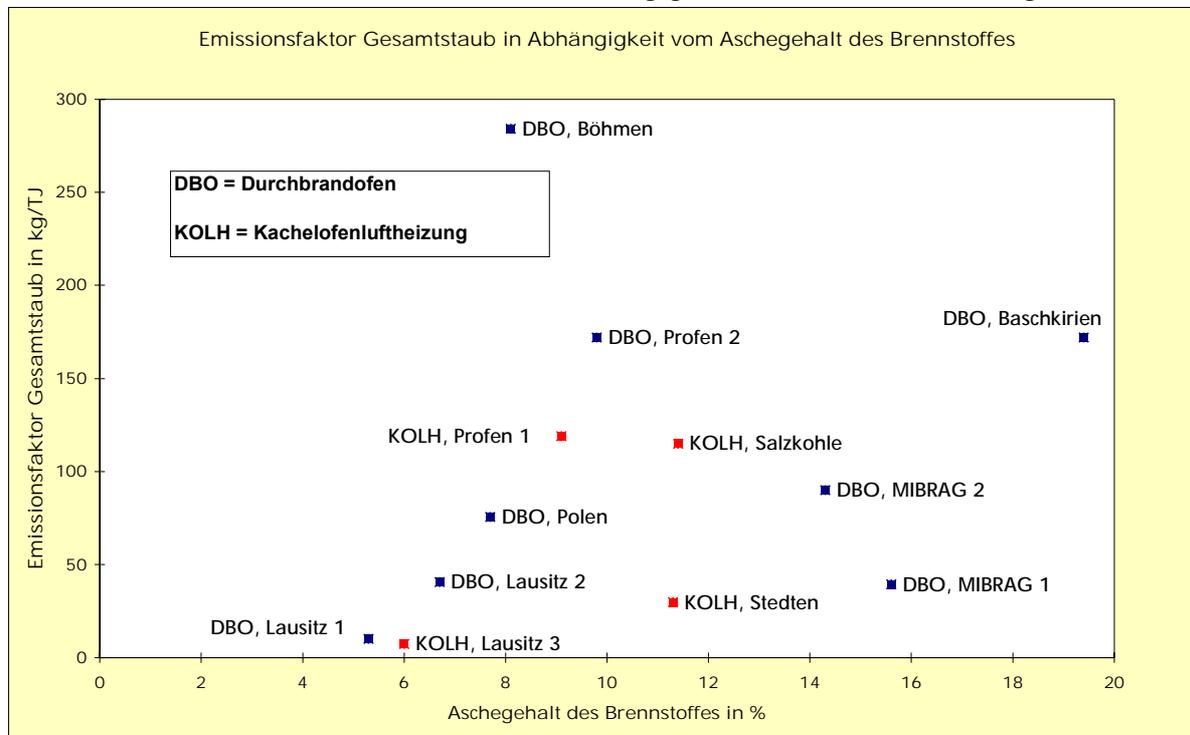
Bezüglich der Höhe der Gesamtstaubemissionen wurden brennstoffspezifisch große Unterschiede festgestellt. Wie zu erwarten war, besteht ein direkt proportionaler Zusammenhang zwischen Brennstoffaschegehalt und Höhe der Staubemission. Dieser prinzipielle Zusammenhang wird geprägt vom, vor allem im ersten Drittel des Abbrandzeit-

raumes stattfindenden Prozeß der Flugaschebildung. Dabei wird die Flugaschebildung u.a. vom Ascheschmelzverhalten, vom Bitumengehalt des Brennstoffes oder von anderen chemischen Komponenten des Brennstoffs beeinflusst. So wird z.B. bei Verfeuerung der "MIBRAG"-Additiv-Briketts, die durch Zusätze in ihrer Zusammensetzung mit dem Ziel der

höheren Schwefeleinbindung in die Asche verändert wurden, weniger Gesamtstaub emittiert wird, als dies bei den hohen Aschegehalten des Brennstoffs zu erwarten war (Siehe Bild 11). Vom A-

schegehalt her unerwartete Staubemissionen treten dagegen bei Verfeuerung der Briketts "Böhmen" (erhöhte Werte) und "Baschkirien" (niedrigere Werte) auf.

Bild 11: Emissionsfaktor Gesamtstaub in Abhängigkeit vom Brennstoffaschegehalt



Staubinhaltsstoffe (Metalle, Halbmetalle)

Die Höhe der Emission von Staubinhaltsstoffen ist, zumindestens den partikelförmigen Anteil betreffend, abhängig von der Gesamtstaubemission. Dementsprechend sind bei den Brikettsorten bei deren Verbrennung höhere Gesamtstaubemissionen auftreten, auch höhere Emissionen einiger Staubinhaltsstoffe zu

verzeichnen (z.B. "Böhmen", "Baschkirien"). Überlagert wird dieser Zusammenhang jedoch vom Eintrag der Stoffe mit dem jeweiligen Brennstoff in den Verbrennungsprozeß und deren Einbindung in die Asche, so daß diese Aussage nicht verallgemeinert werden kann.

nachhaltig negativ beeinflussen. Untersucht wurden zwei häufig verwendete Ofentypen: ein Dauerbrandofen und eine Kachelofenluftheizung. Acht verschiedene auf dem Markt verfügbare Braunkohlenbrikettsorten wurden untersucht. Insgesamt liegen Meßdatensätze für 130 komplette Abbrandzyklen von jeweils 4 Stunden vor. Gegenstand der Emissionsuntersuchungen waren neben anorganischen Gasen auch organische Stoffe bis hin zu polychlorierten Dioxinen und Furanen sowie Staub und Staubin-

## 7 Zusammenfassung

Ein umfangreiches Untersuchungsprogramm zur Ermittlung des Emissionsverhaltens von kohlegefeuerten Hausbrandfeuerstätten wurde mit dem Ziel durchgeführt, belastbare Emissionsfaktoren für diese, auch zahlenmäßig weit verbreiteten Emissionsquellen, zu bestimmen. Kohlefeuerungen in Haushalten können die Luftqualität in Wohngebieten begünstigt durch niedrige Quellhöhen und entsprechend große Anlagenanzahlen sowie durch Spitzenemissionen zu bestimmten Tageszeiten

haltsstoffe. Insgesamt wurde das Emissionsverhalten von 89 Einzelstoffen bestimmt.

Der vorliegende Bericht enthält eine umfangreiche und detaillierte Datensammlung aller wesentlichen Versuchsparameter und Analysenergebnisse sowohl für die Emissionen, als auch für Brennstoffe und die anfallenden Aschen. Die Ergebnisse zeigen, daß die Wahl des Brennstoffes durch den Verbraucher entscheidend die Emissionsverhältnisse beeinflusst. Das trifft sowohl für die auch gesetzlich geregelte Schwefeldioxidemission zu, als auch für die organischen E-

missionen, die letztlich durch die unvollständige Verbrennung in nicht unbedeutlicher Menge entstehen.

Dabei zeigten importierte Briketts, die meist zu günstigeren Preisen angeboten werden, trotz Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften hinsichtlich der Schwefeldioxidemission im Vergleich zur Feuerung von einheimischen Briketts eine beträchtlich höhere Emission an krebserzeugenden Stoffen, wie Benzo(a)pyren und Benzol.

Die ermittelten Emissionfaktoren dienen als Grundlage für Emissionskataster und Luftreinhaltepläne.

## 8 Danksagung

Die Autoren danken dem Landesinnungsverband des Schornsteinfegerhandwerks Sachsen-Anhalt für die Unterstützung bei den Messungen am Versuchsstand der Innung Halle und dem

Handwerk des Schornsteinbaus für die Unterstützung bei der Errichtung der Kleinf Feuerungsemissionsversuchsanlage. Nicht zuletzt gilt der Dank auch allen beteiligten Instituten, insbesondere den Mitarbeitern des UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH Dr. Popp, Dr. Thuß et.al..

## 9 Literatur:

/1/ Ehrlich, Chr., Kalkoff, W.-D.: Methodik und Ergebnisse der meßtechnischen Ermittlung von Emissionsfaktoren für ostdeutsche Braunkohlenfeuerungsanlagen; VDI Berichte Nr. 1059 (1993), S.183 - 208, VDI - Verlag Düsseldorf, 1993

/2/ Luftreinhalteplan 1994 des Landes Sachsen-Anhalt, Untersuchungsgebiet 10: Weißenfels-Naumburg-Hohenmölsen-Zeit, Bd. 1.1 Emissionskataster für die Emittentengruppe "nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen", Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Magdeburg, 1994

/3/ Luftreinhalteplan 1995 des Landes Sachsen-Anhalt, Untersuchungsgebiet 9: Großraum Halle - Merseburg, Bd. 1.2 Emissionskataster für die Emittentengruppe "nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen", Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung, Magdeburg, 1995

/4/ A.Hellwig, Chr. Ehrlich: Belastung der Luft durch Hausbrand auf Braunkohlebasis, VDI Berichte Nr. 1110, S.161 - 179, VDI - Verlag Düsseldorf, 1994

/5/ Energie- und Emissionskataster des Landes Sachsen-Anhalt für die Emittentengruppe "nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen" (Hausbrand/Kleinverbraucher), Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Halle(Saale), 1996

/6/ Chr.Ehrlich, A.Hellwig: House-heating emissions of carcinogenic substances - a problem of the New Lander in Germany, Proceedings of the 10th World Clean Air Congress, Vol.1 Emissions and Control, pp.023, Helsinki,Finland, 1995

/7/ U.Thuß, P.Popp, Chr.Ehrlich,W.-D. Kalkoff: Domestic lignite combustion as source of Polychlorodibenzodioxins

and -furans (PCDD/F), Chemosphere, Vol. 31, No. 2, pp 2591-2604, 1995

/8/ U.Thuß, R.Herzschuh, P. Popp, Chr. Ehrlich, W.-D.Kalkoff: PCDD/F in flue gas and bottom ash of lignite domestic combustion and the role of the salt content of the burned briquettes, Chemosphere, Vol. 34, No. 5-7, pp 1091-1103, 1997

/9/ Chr. Ehrlich, W.-D.Kalkoff: Domestic Coal Combustion- one of the Major Sources of Air Pollution, Papers of 11th World Clean Air and Environment Congress, Vol. 2, 7C-2, Durban, South Africa, 1998

## Abbildungen, Tabellen

Abbildungen 1-1 bis 1-12:	Mittlere Konzentrationsverläufe kontinuierlich gemessener Schadstoffe
Abbildungen 2-1:	Mittlere Konzentrationsverläufe Kachelofenluftheizung
Abbildungen 2-2:	Mittlere Konzentrationsverläufe Durchbrandofen
Abbildung 2-3:	Mittlere Abgastemperaturverläufe Kachelofenluftheizung
Abbildung 2-4:	Mittlere Abgastemperaturverläufe Durchbrandofen
Abbildungen 3-1:	Mittlere Konzentrationsverläufe Kachelofenluftheizung bezogen auf 17% O <sub>2</sub>
Abbildungen 3-2:	Mittlere Konzentrationsverläufe Durchbrandofen bezogen auf 17% O <sub>2</sub>
Abbildungen 4:	Spannweiten ausgewählter Emissionsfaktoren
Tabelle 1:	Versuchsprogramme
Tabellen 2-1 bis 2-12:	Einzelmeßwerte
Tabelle 3:	Brennstoffparameter
Tabelle 4:	Ascheparameter
Tabelle 5:	Mittlere Schadstoffkonzentrationen
Tabelle 6:	Mittlere Emissionsfaktoren

Abbildung 1-1 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Lausitz 3 - Brikett

Feuerstätte:

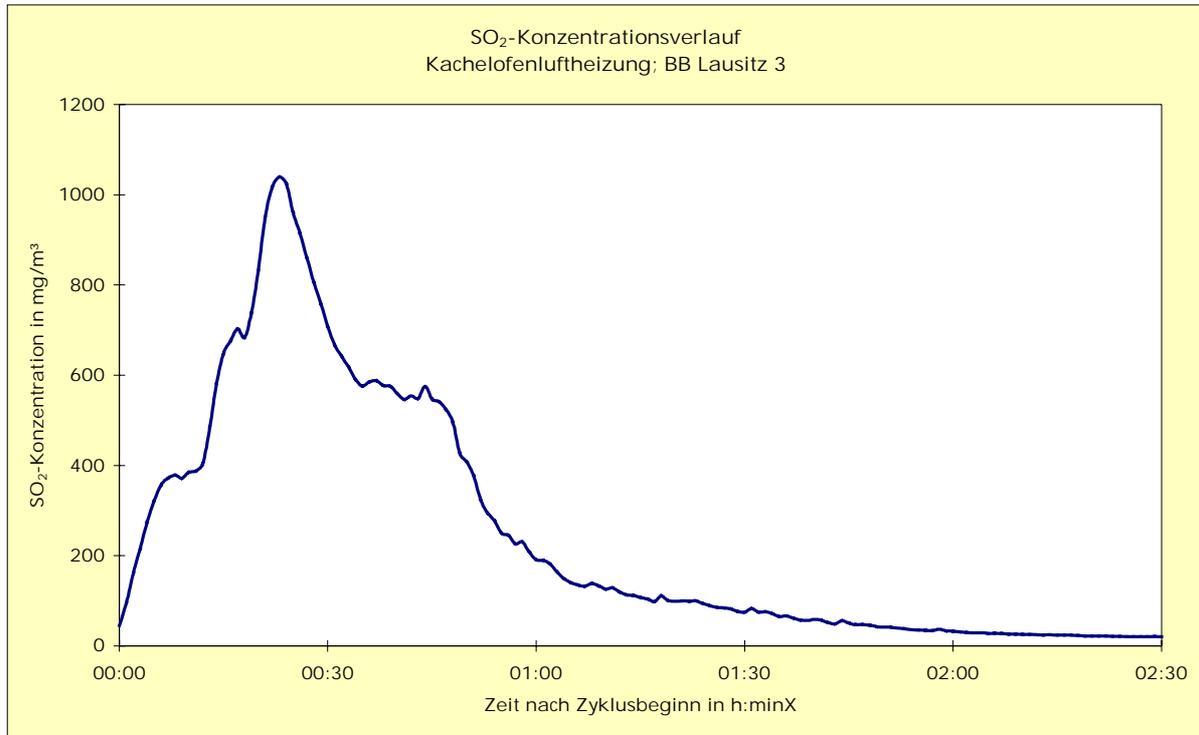
Kachelofenluftheizung

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Lausitz 3

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Schwefeldioxid



Feuerstätte:

Kachelofenluftheizung

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Lausitz 3

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Stickstoffoxide

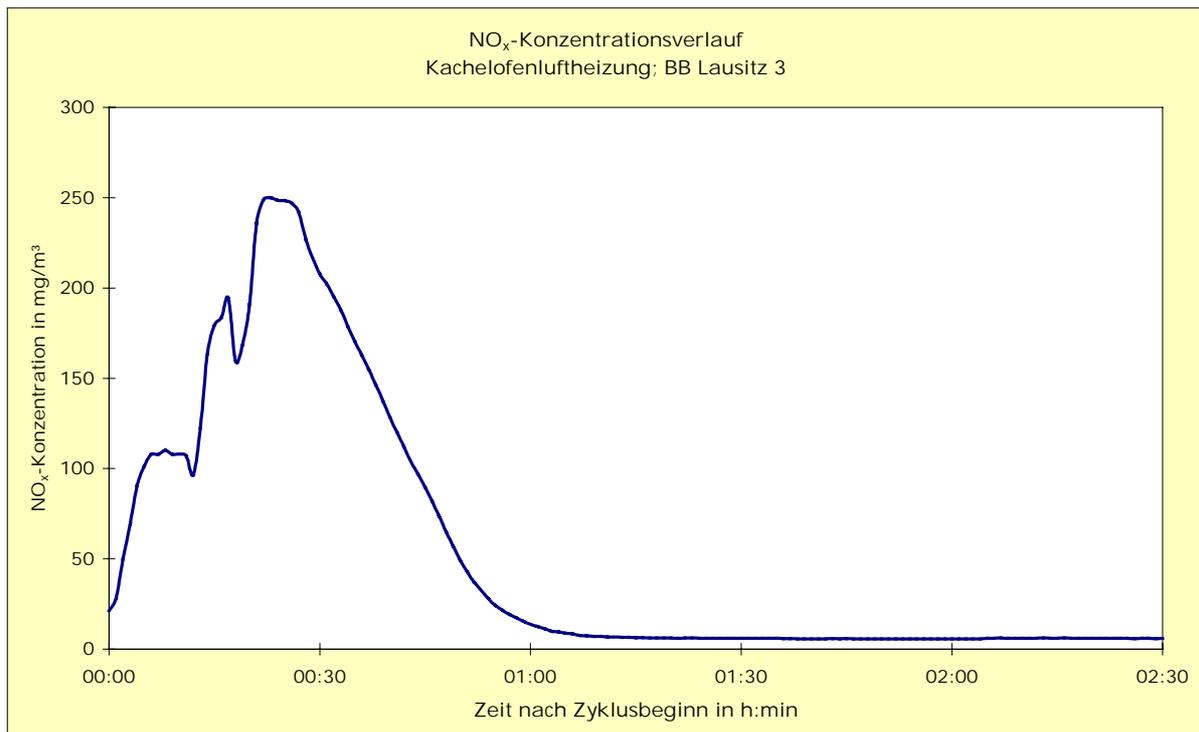


Abbildung 1-1 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Lausitz 3 - Brikett

Feuerstätte:

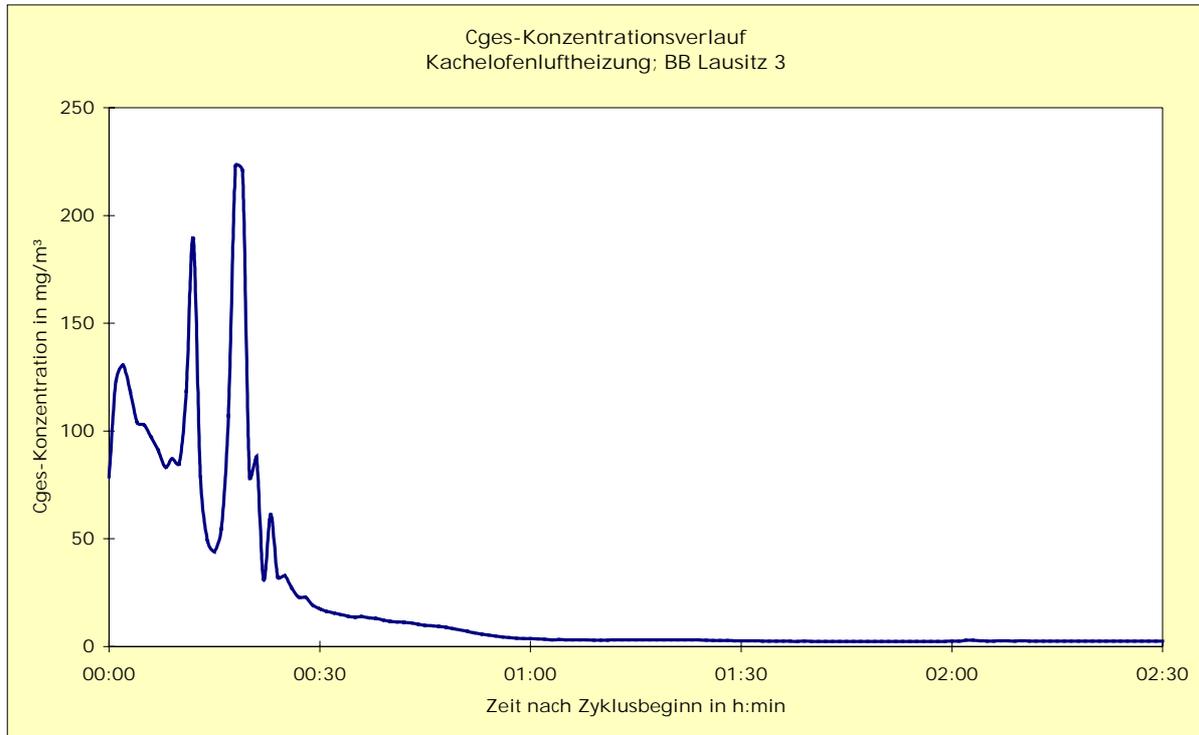
Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Kachelofenluftheizung

Braunkohlenbrikett Lausitz 3

Gesamtkohlenstoff



Feuerstätte:

Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Kachelofenluftheizung

Braunkohlenbrikett Lausitz 3

Kohlenmonoxid

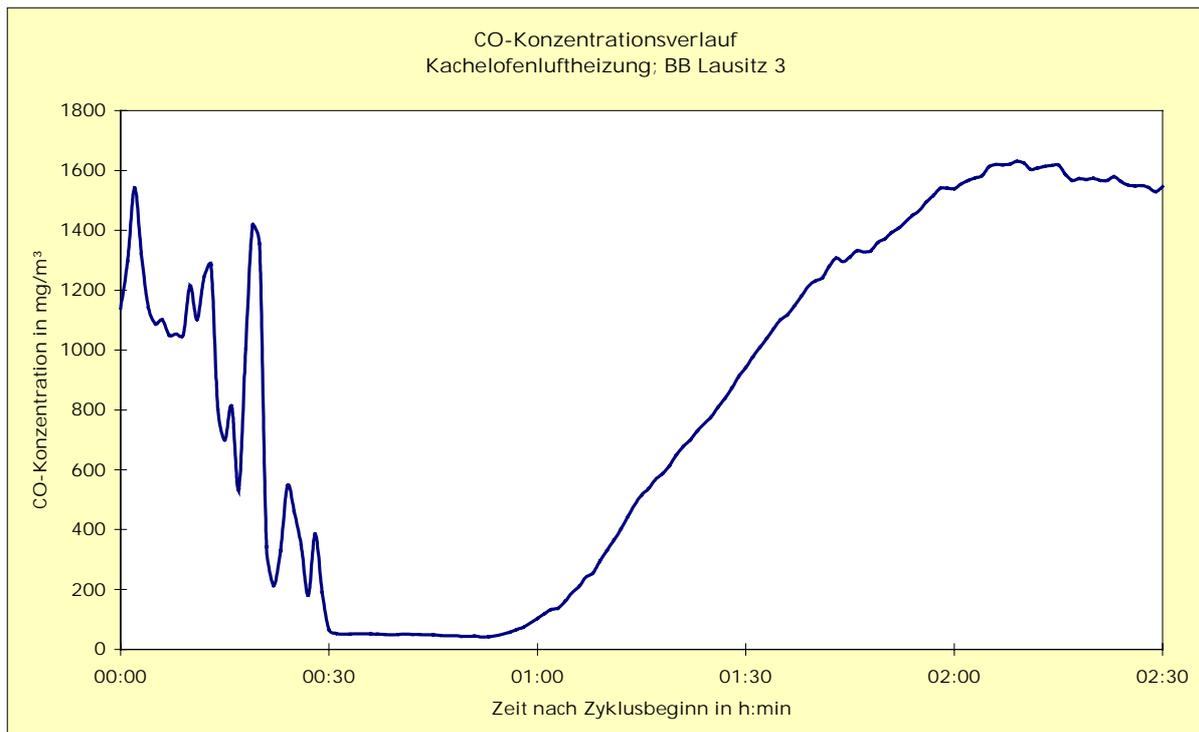


Abbildung 1-1 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Lausitz 3 - Brikett

Feuerstätte:

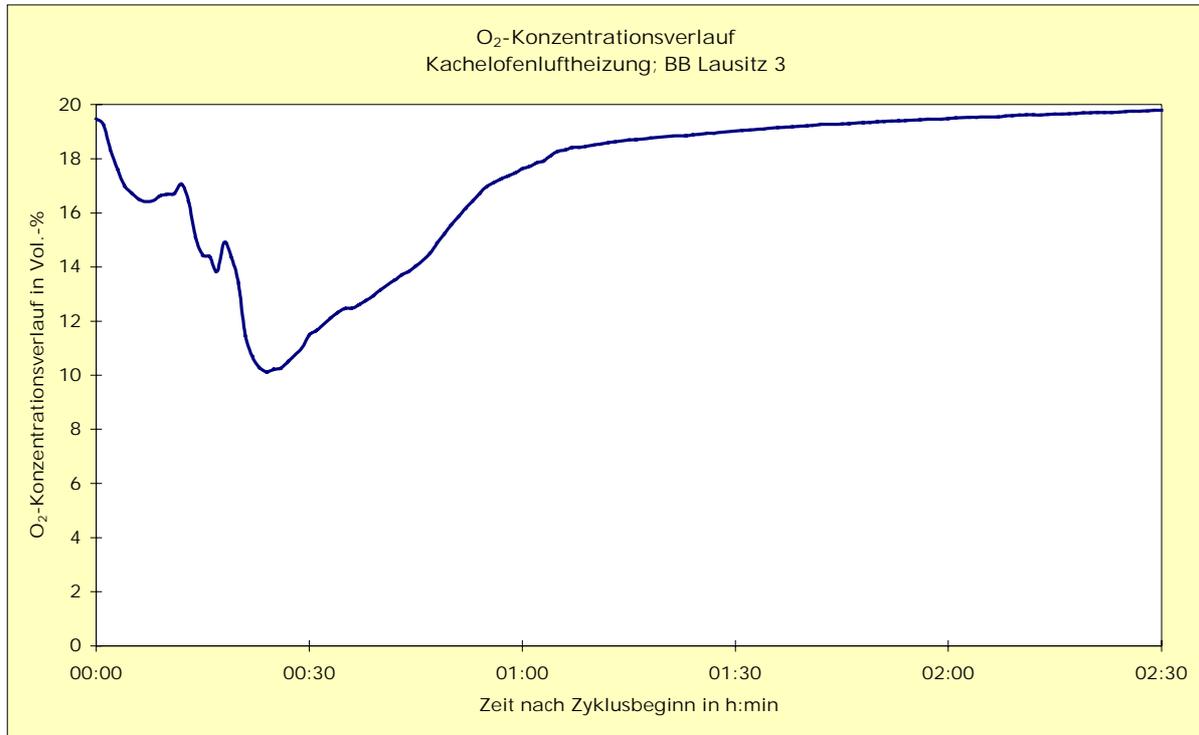
Kachelofenluftheizung

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Lausitz 3

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Sauerstoff



Feuerstätte:

Kachelofenluftheizung

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Lausitz 3

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Kohlendioxid

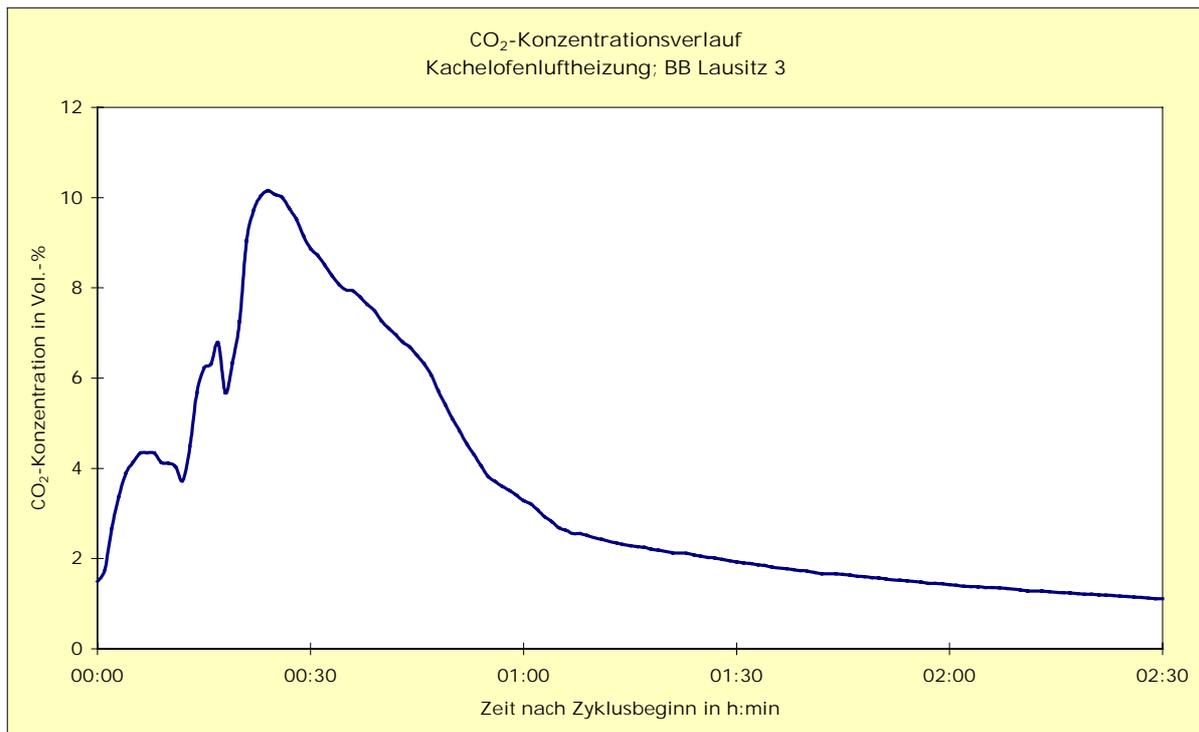


Abbildung 1-2 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Stedten - Brikett

Feuerstätte:

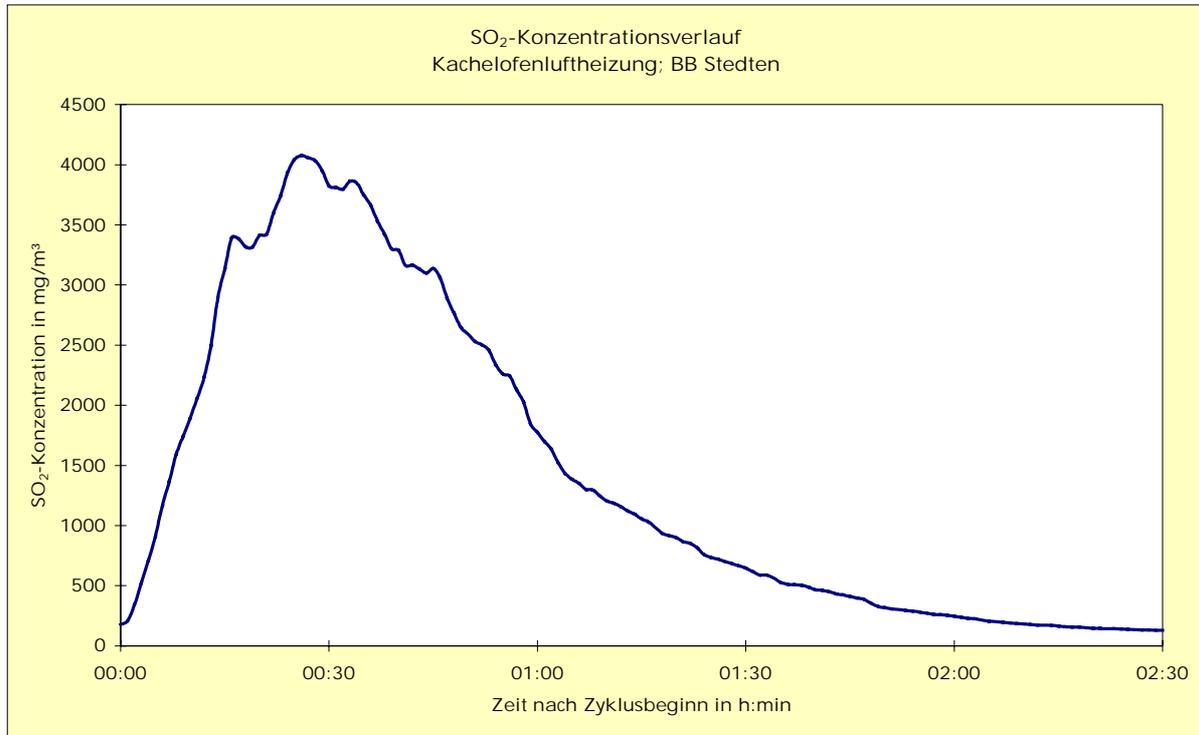
Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Kachelofenluftheizung

Braunkohlenbrikett Stedten

Schwefeldioxid



Feuerstätte:

Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Kachelofenluftheizung

Braunkohlenbrikett Stedten

Stickstoffoxide

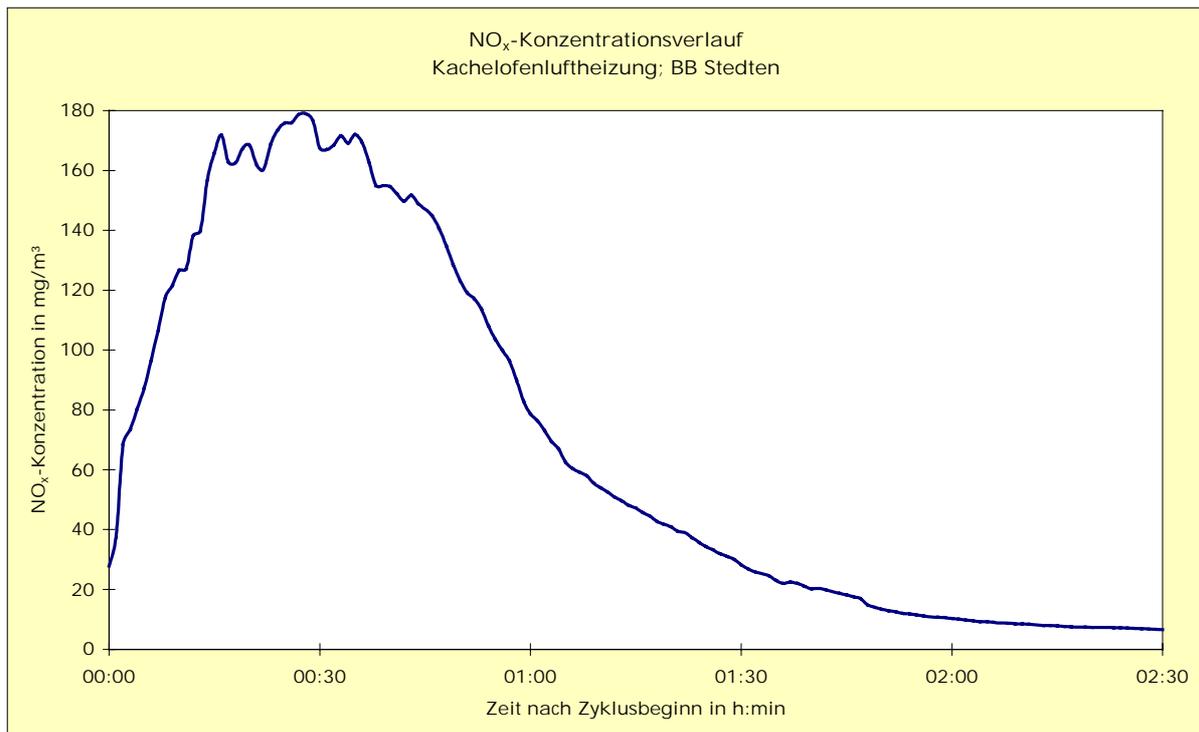


Abbildung 1-2 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Stedten - Brikett

Feuerstätte:

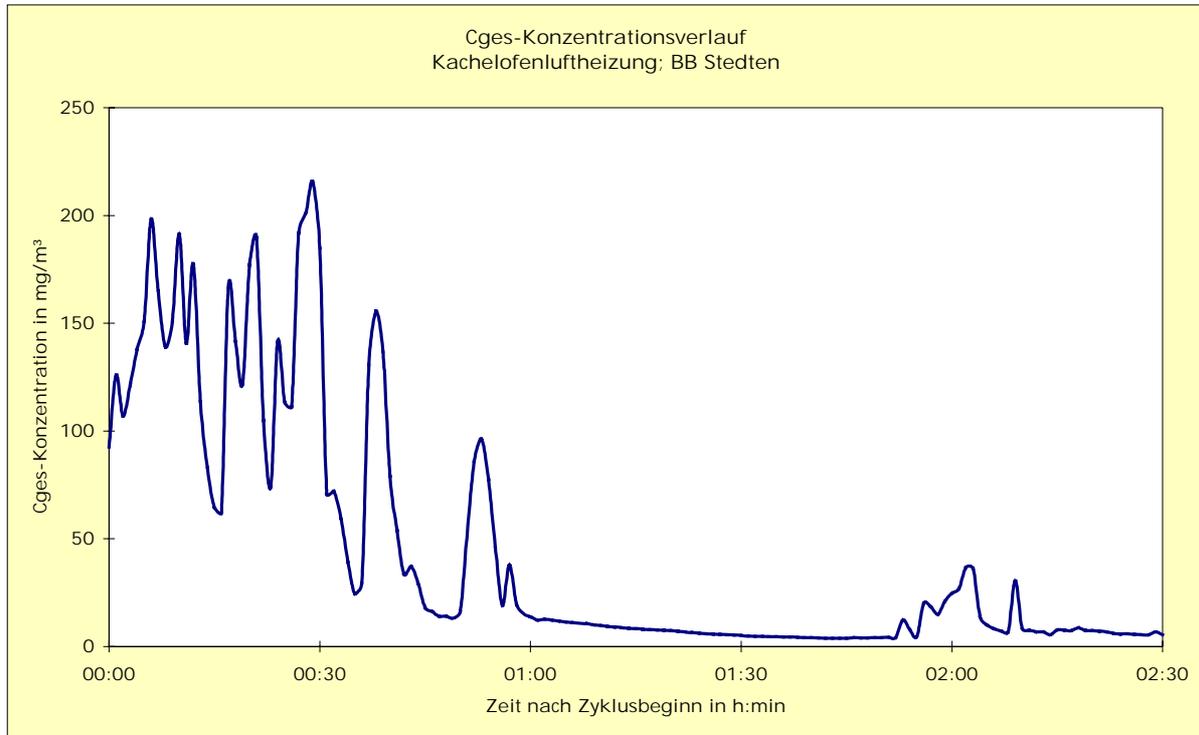
Kachelofenluftheizung

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Stedten

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Gesamtkohlenstoff



Feuerstätte:

Kachelofenluftheizung

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Stedten

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Kohlenmonoxid

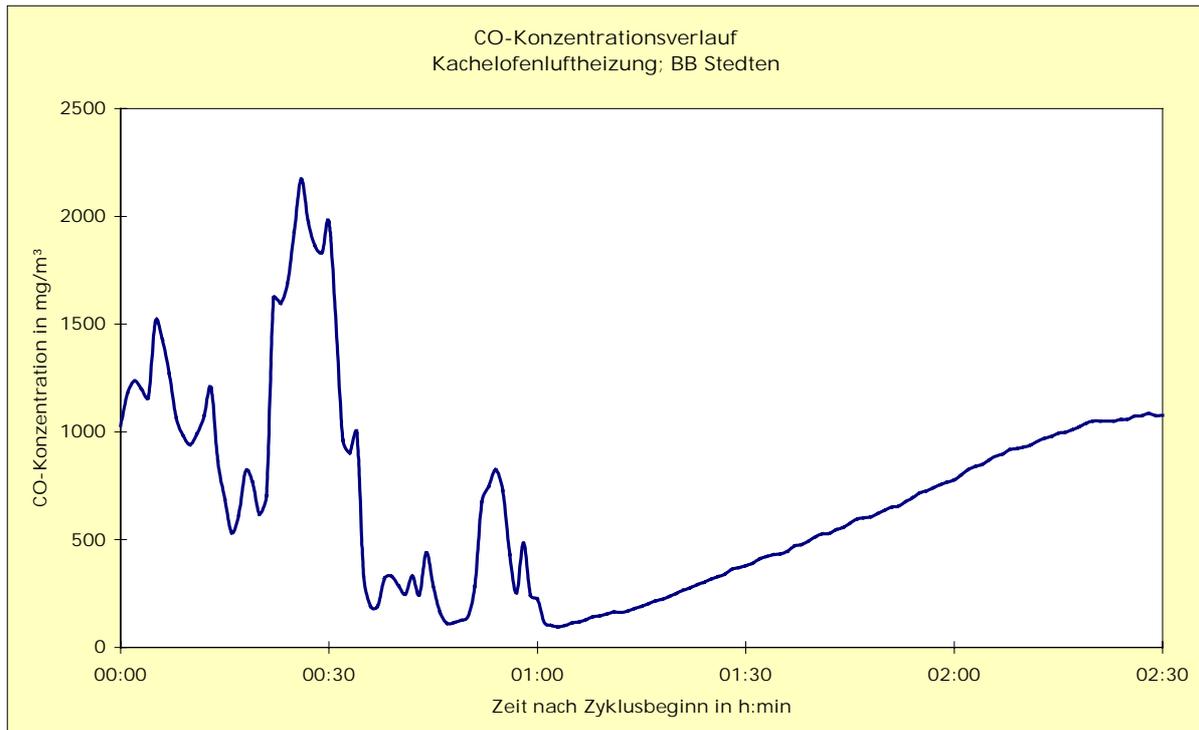


Abbildung 1-2 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Stedten - Brikett

Feuerstätte:

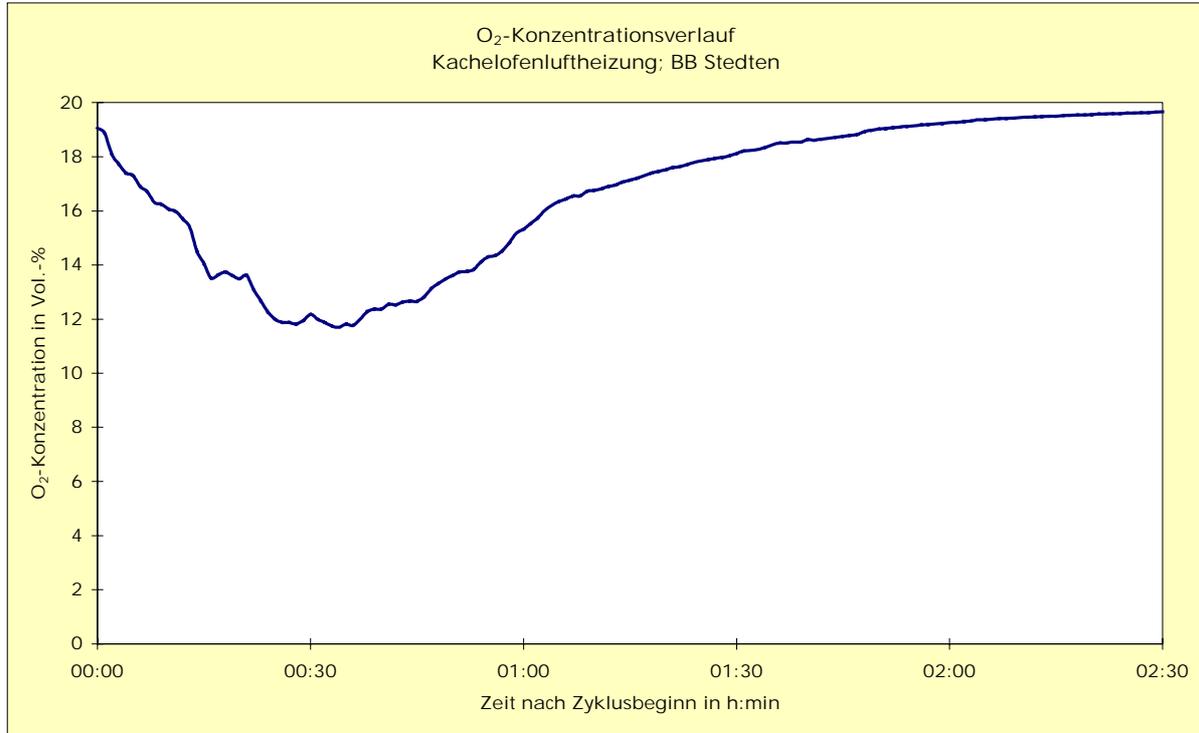
Kachelofenluftheizung

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Stedten

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Sauerstoff



Feuerstätte:

Kachelofenluftheizung

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Stedten

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Kohlendioxid

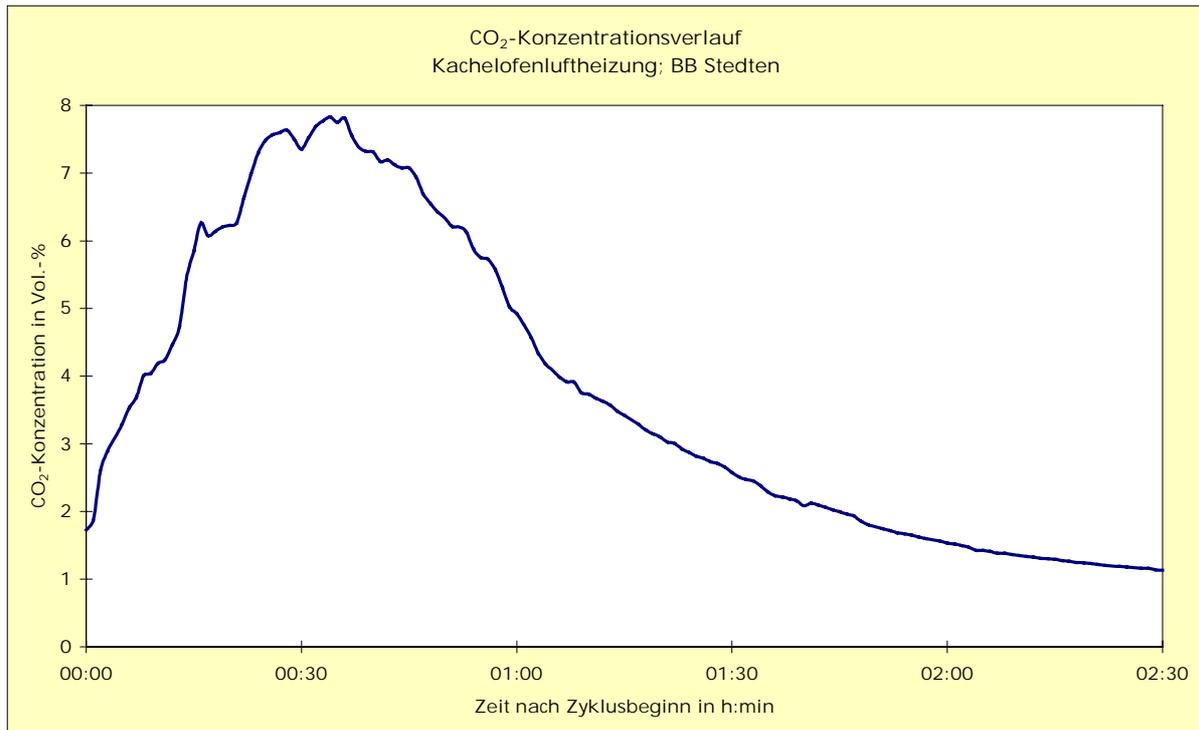


Abbildung 1-3 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Salzkohle - Brikett

Feuerstätte:

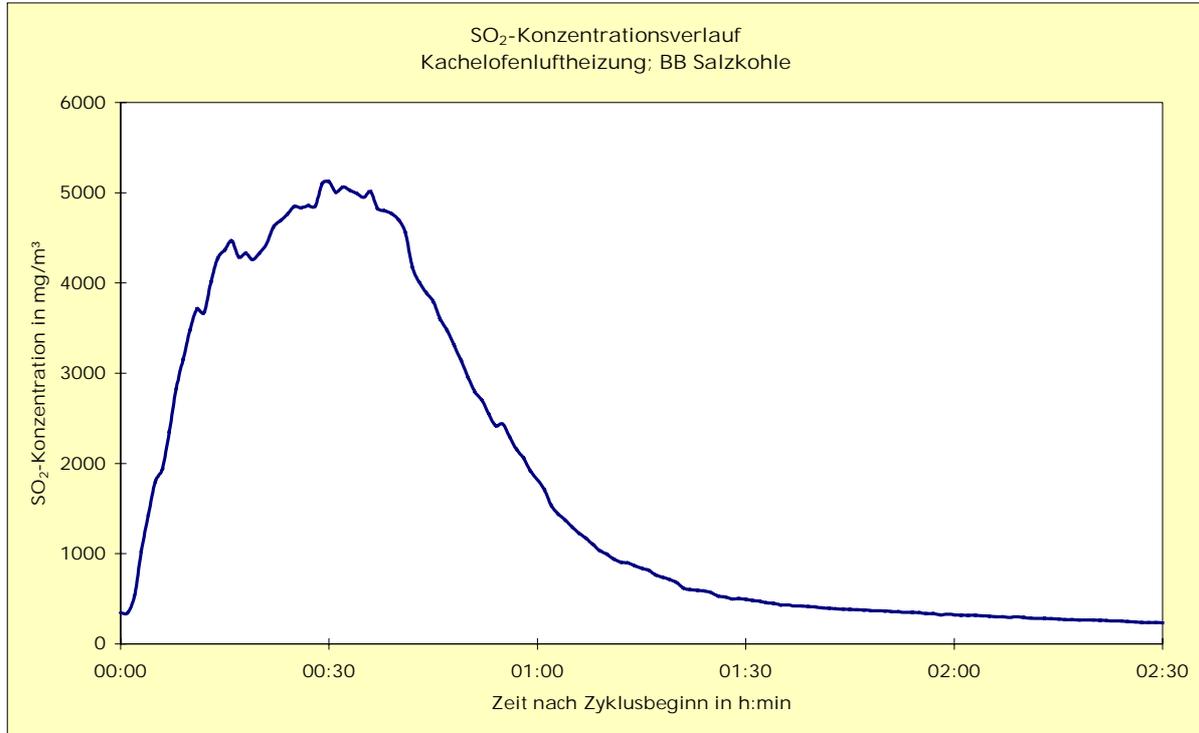
Kachelofenluftheizung

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Salzkohle

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Schwefeldioxid



Feuerstätte:

Kachelofenluftheizung

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Salzkohle

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Stickstoffoxide

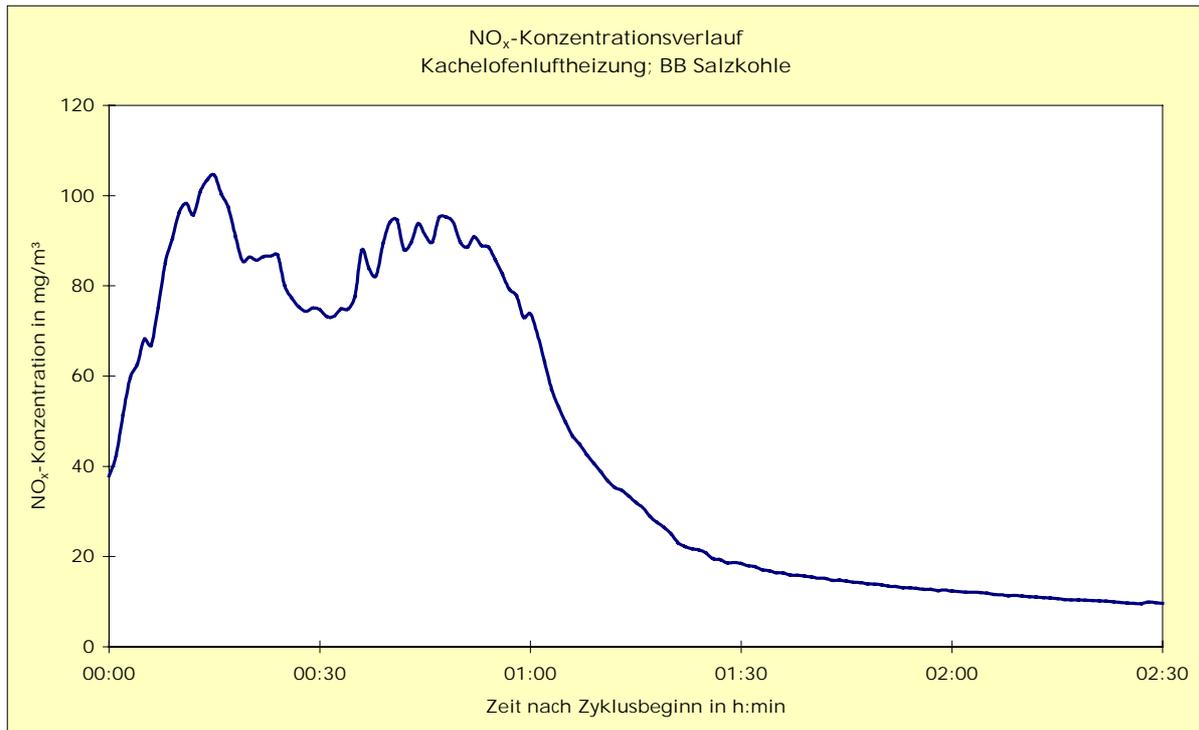


Abbildung 1-3 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Salzkohle - Brikett

Feuerstätte:

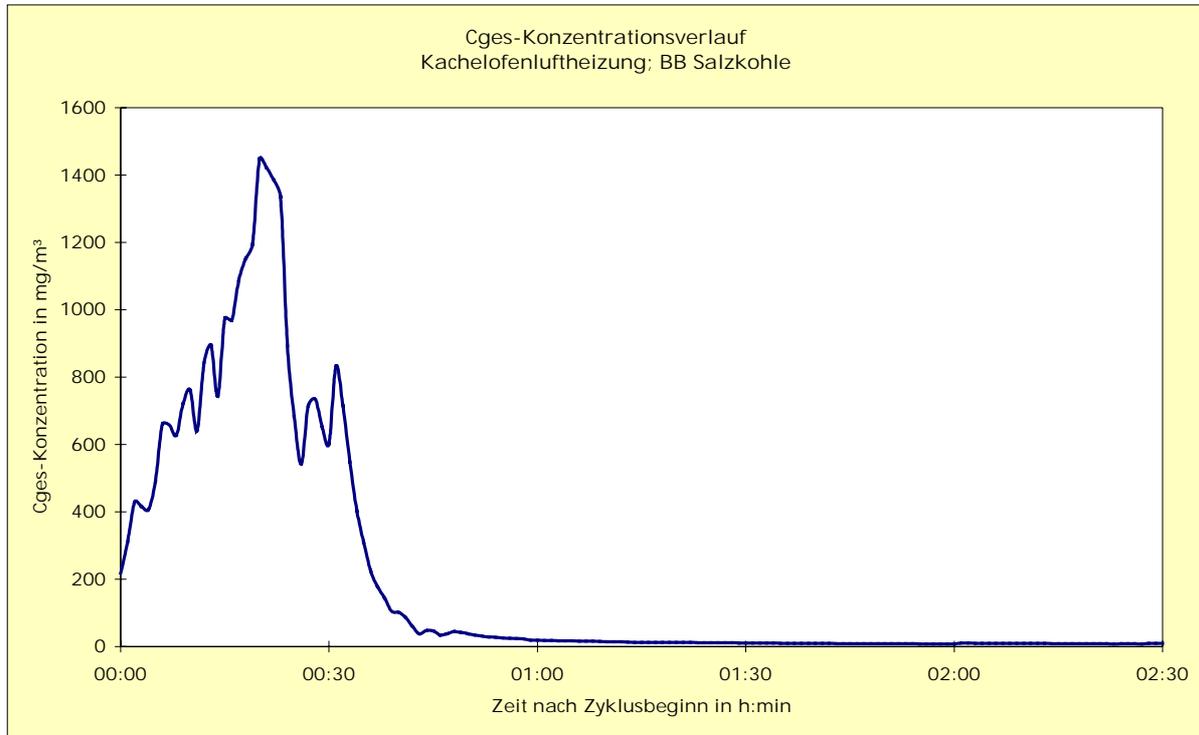
Kachelofenluftheizung

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Salzkohle

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Gesamtkohlenstoff



Feuerstätte:

Kachelofenluftheizung

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Salzkohle

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Kohlenmonoxid

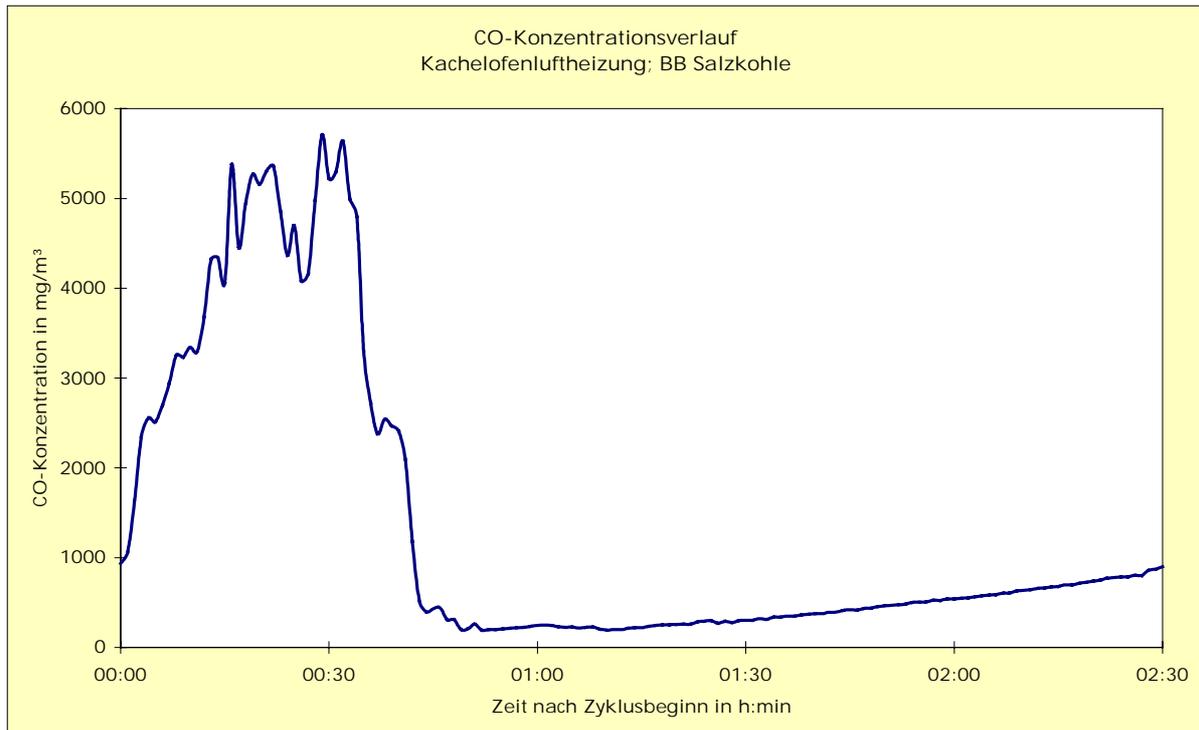


Abbildung 1-3 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Salzkohle - Brikett

Feuerstätte:

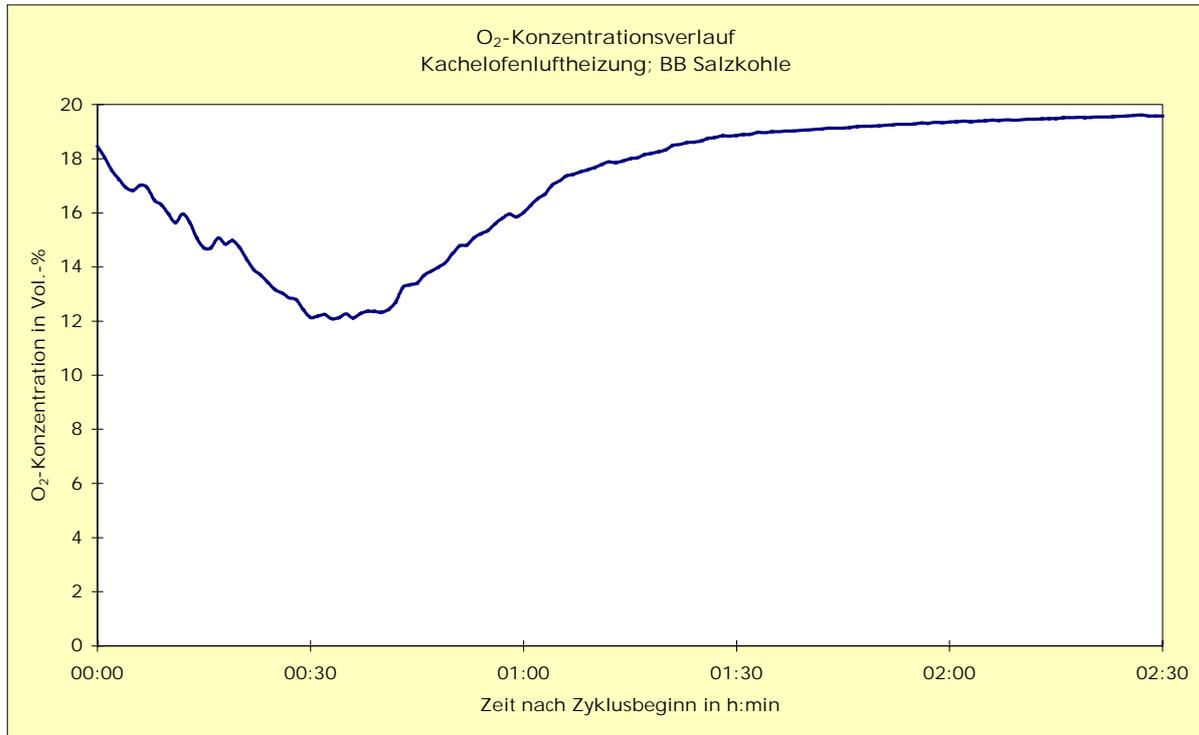
Kachelofenluftheizung

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Salzkohle

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Sauerstoff



Feuerstätte:

Kachelofenluftheizung

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Salzkohle

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Kohlendioxid

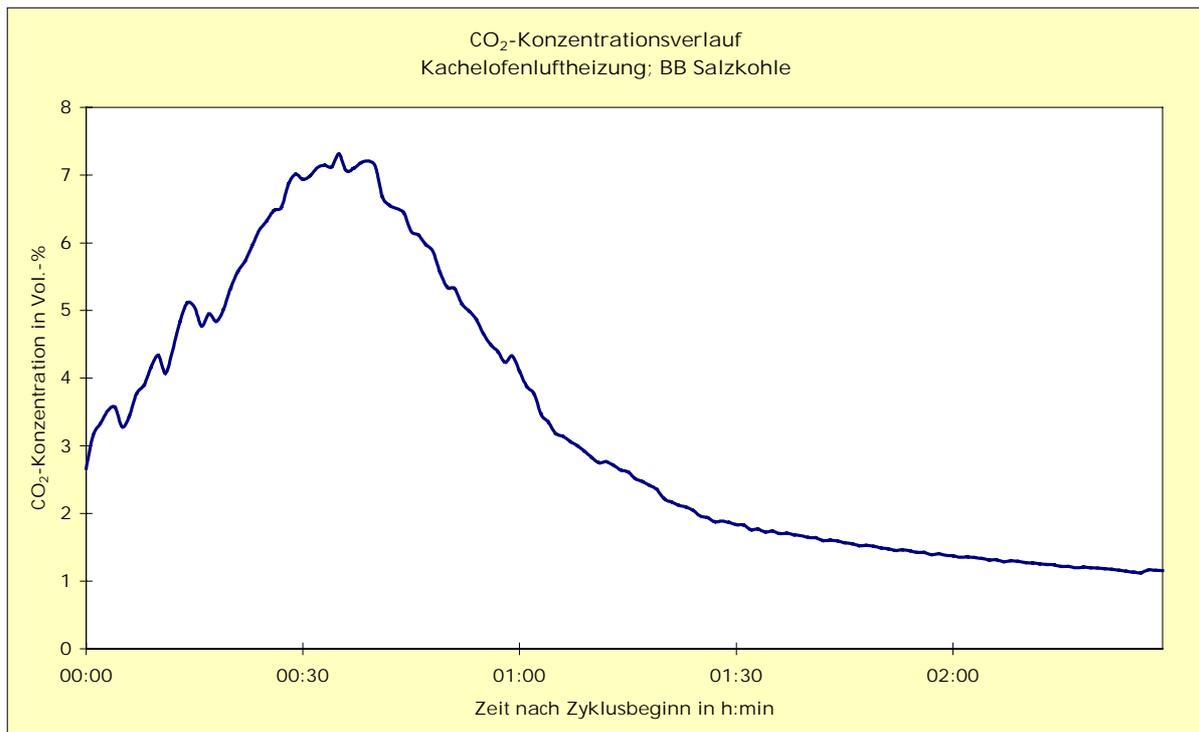


Abbildung 1-4 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Profen 1 - Brikett

Feuerstätte:

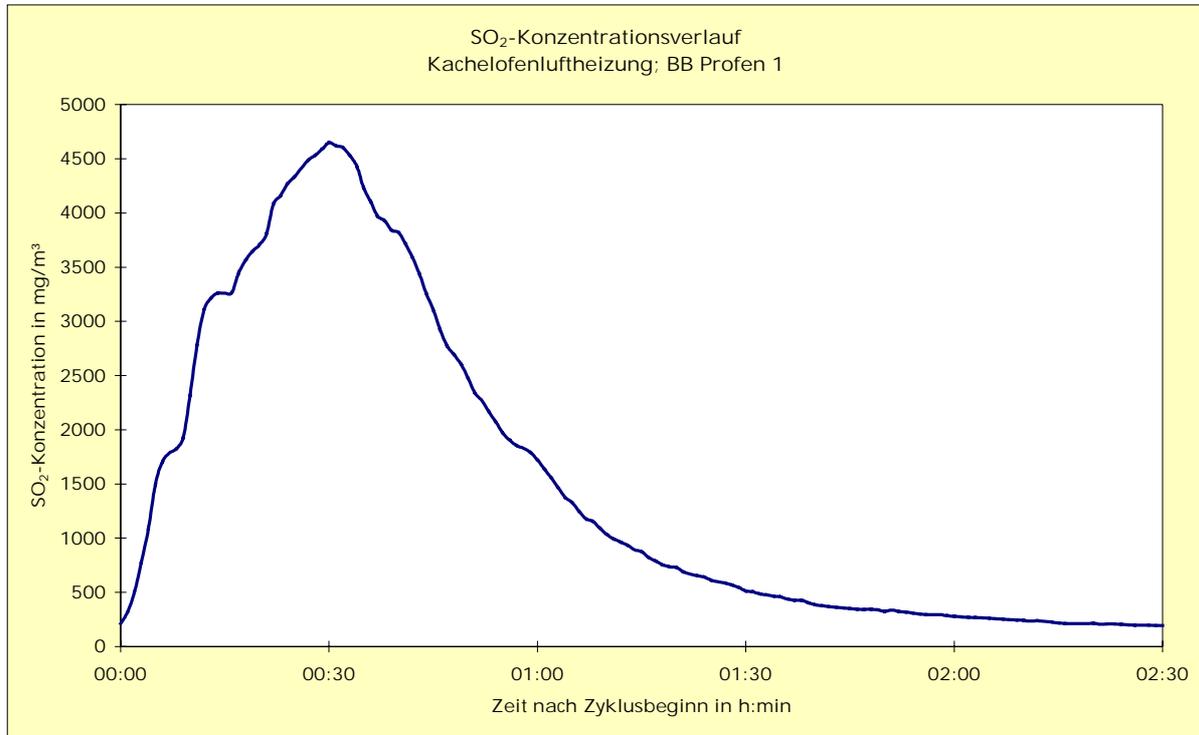
Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Kachelofenluftheizung

Braunkohlenbrikett Profen 1

Schwefeldioxid



Feuerstätte:

Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Kachelofenluftheizung

Braunkohlenbrikett Profen 1

Stickstoffoxide

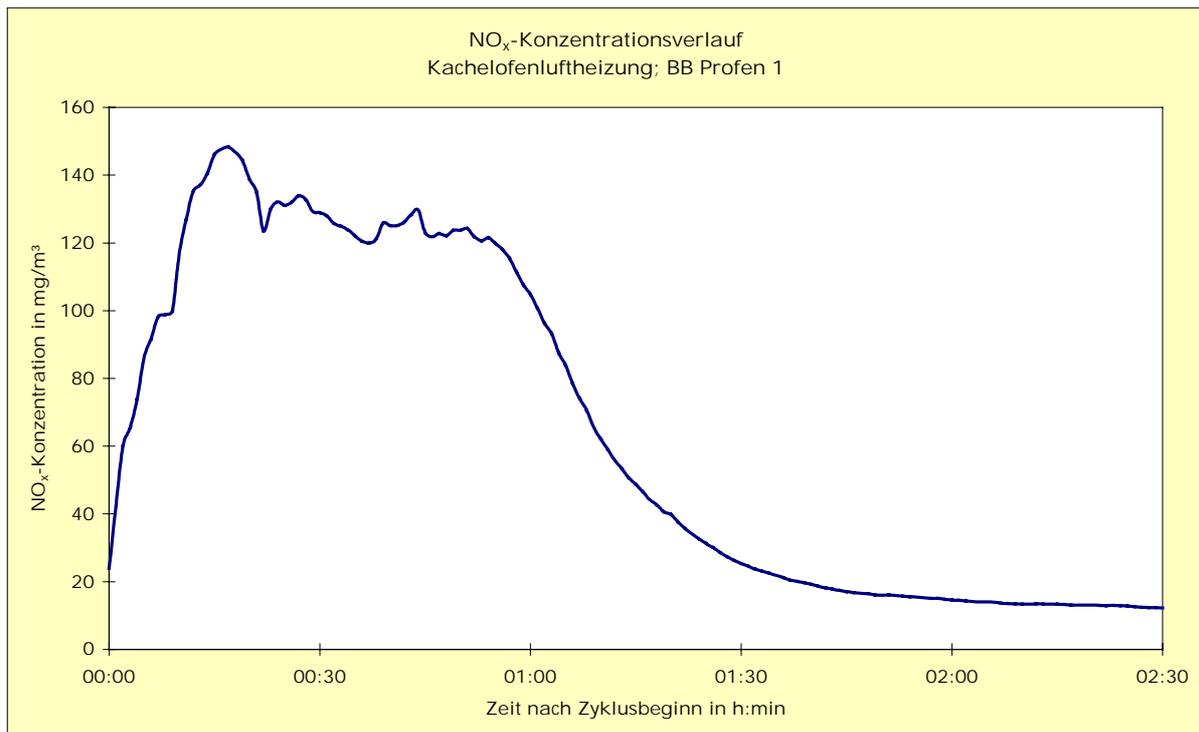


Abbildung 1-4 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Profen 1 - Brikett

Feuerstätte:

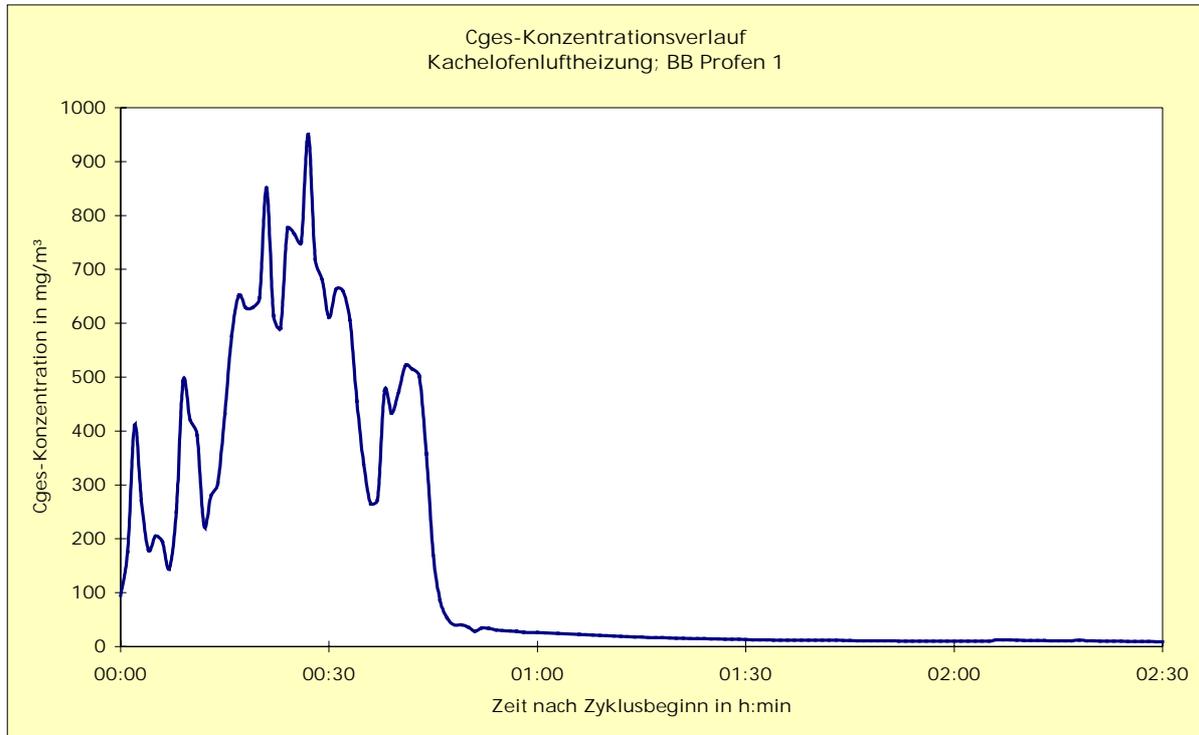
Kachelofenluftheizung

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Profen 1

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Gesamtkohlenstoff



Feuerstätte:

Kachelofenluftheizung

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Profen 1

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Kohlenmonoxid

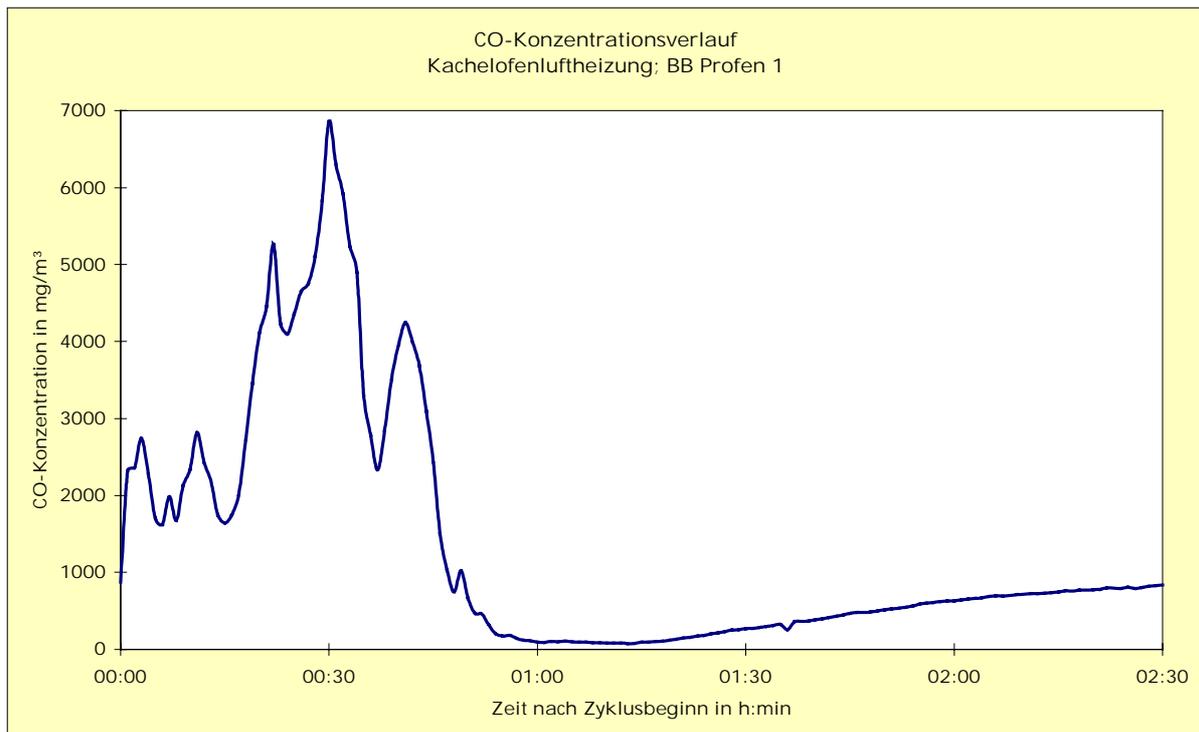


Abbildung 1-4 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Profen 1 - Brikett

Feuerstätte:

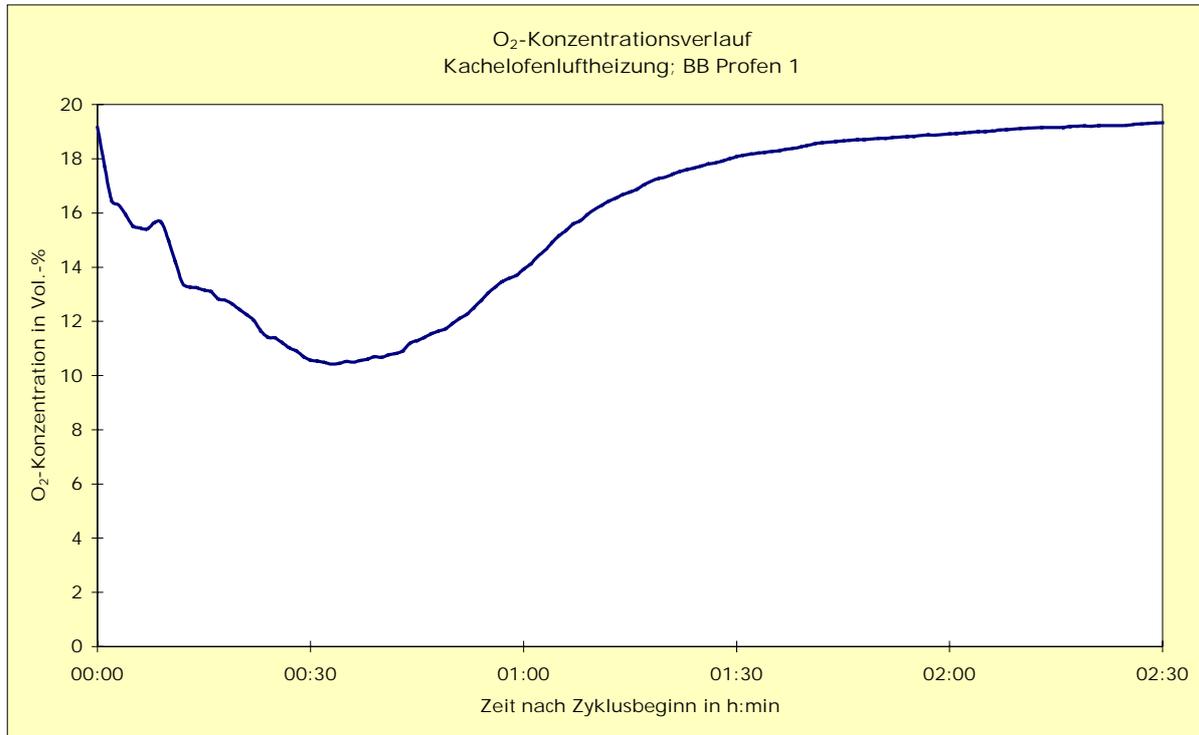
Kachelofenluftheizung

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Profen 1

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Sauerstoff



Feuerstätte:

Kachelofenluftheizung

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Profen 1

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Kohlendioxid

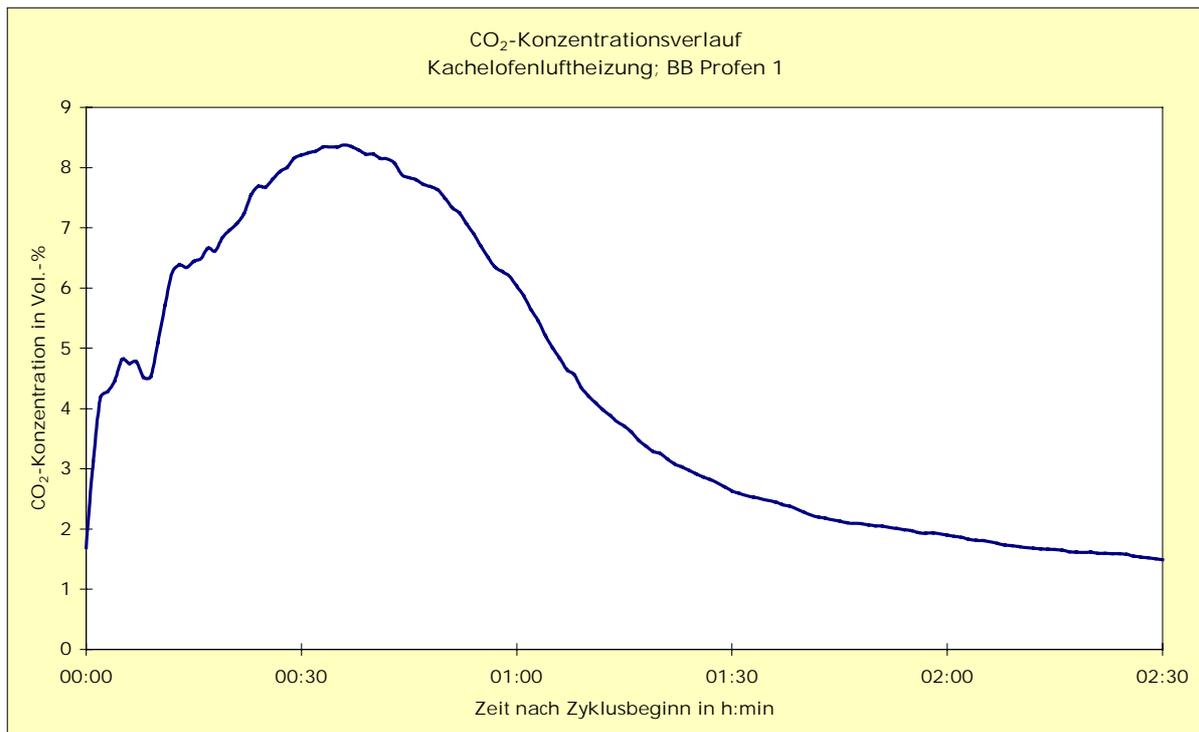


Abbildung 1-5 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Profen 2 - Brikett

Feuerstätte:

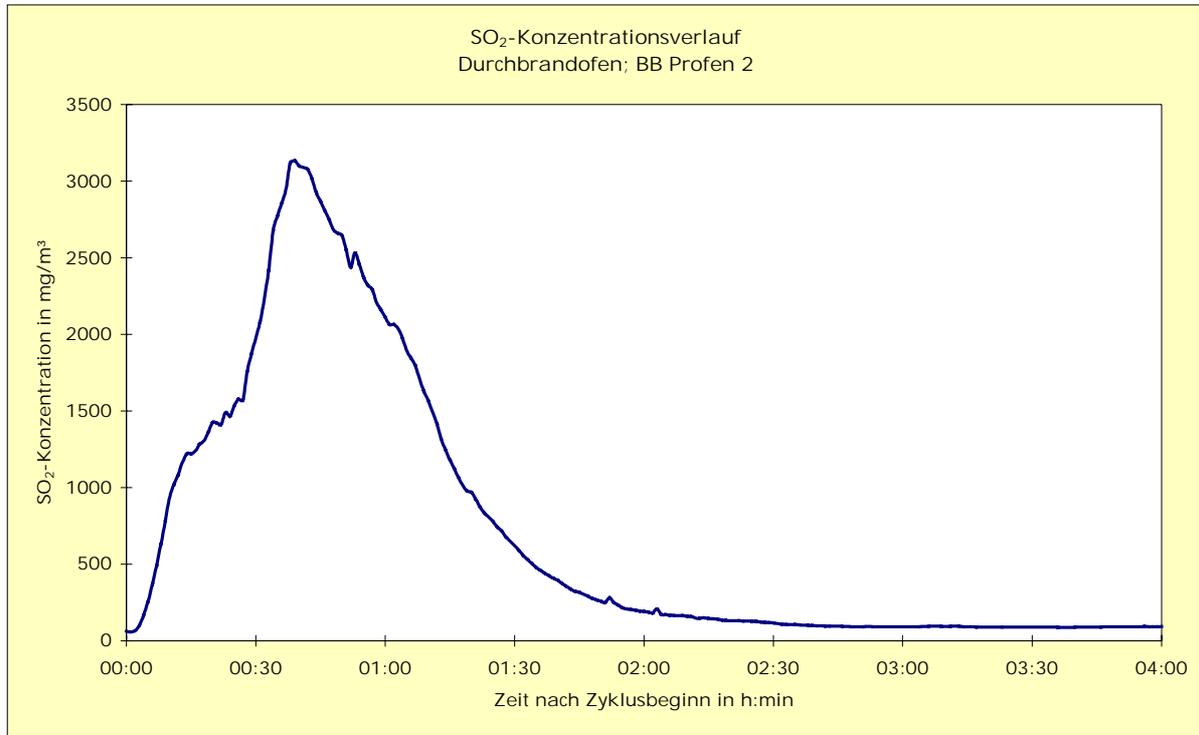
Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Profen 2

Schwefeldioxid



Feuerstätte:

Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Profen 2

Stickstoffoxide

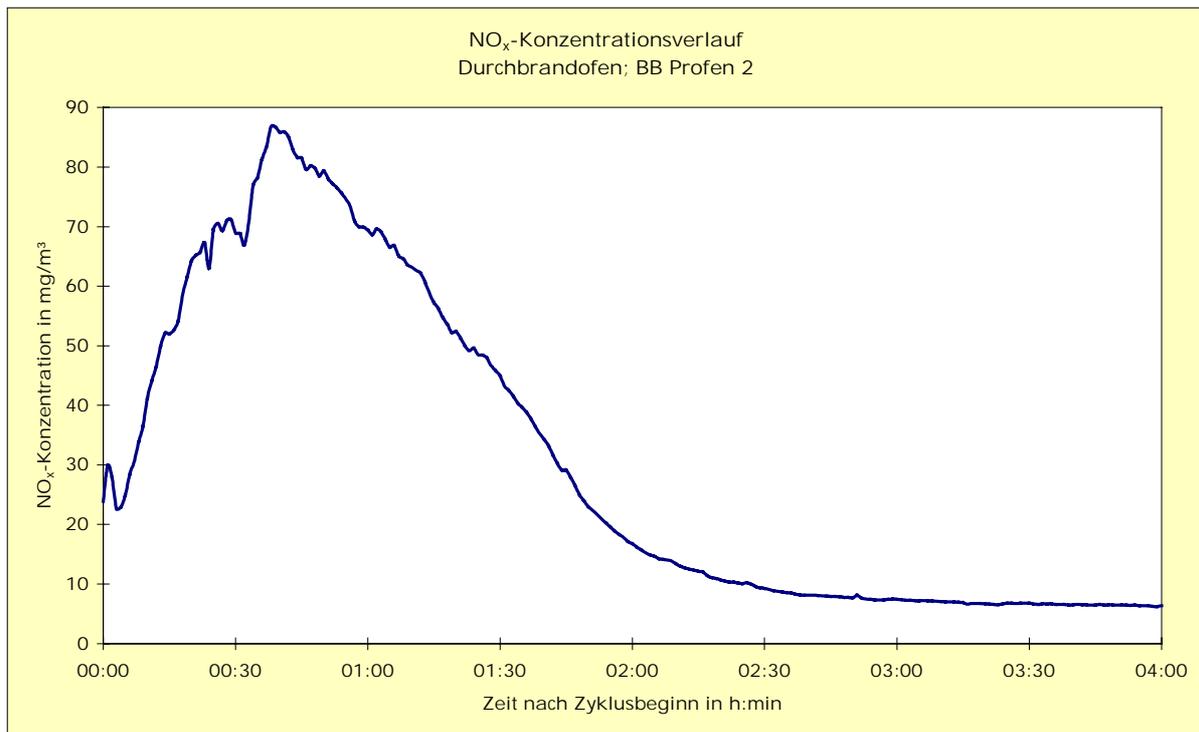


Abbildung 1-5 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Profen 2 - Brikett

Feuerstätte:

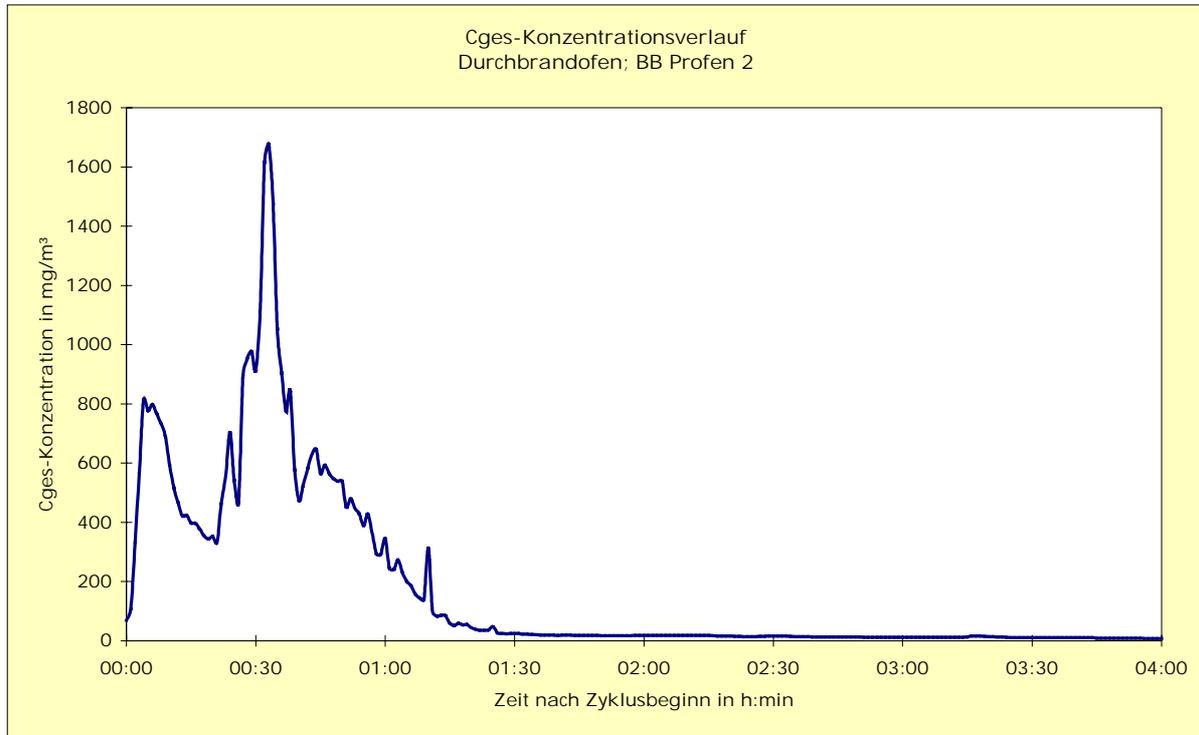
Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Profen 2

Gesamtkohlenstoff



Feuerstätte:

Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Profen 2

Kohlenmonoxid

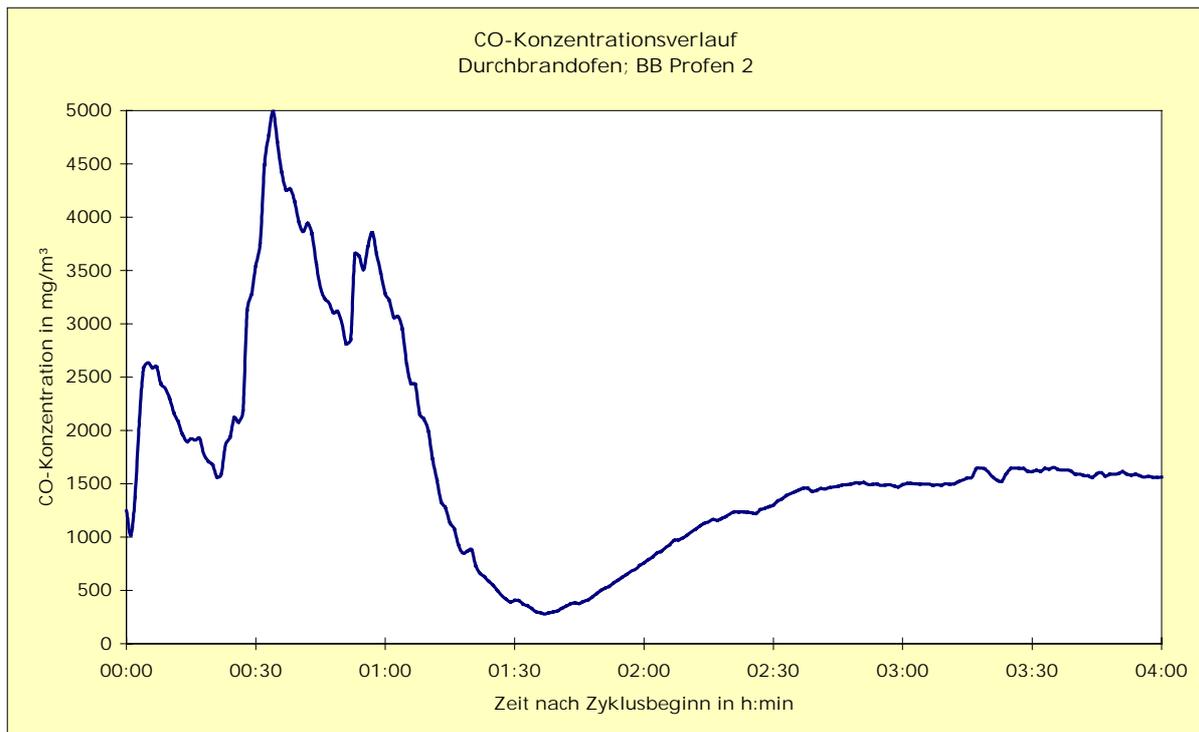


Abbildung 1-5 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Profen 2 - Brikett

Feuerstätte:

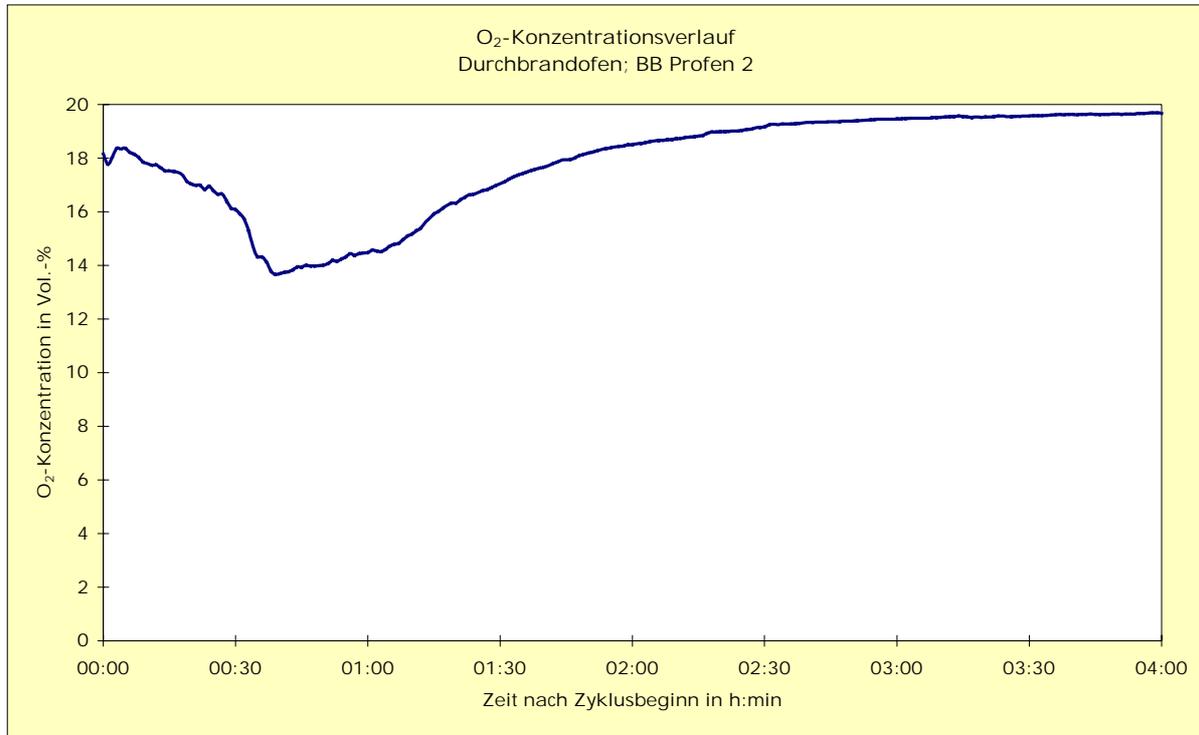
Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Profen 2

Sauerstoff



Feuerstätte:

Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Profen 2

Kohlendioxid

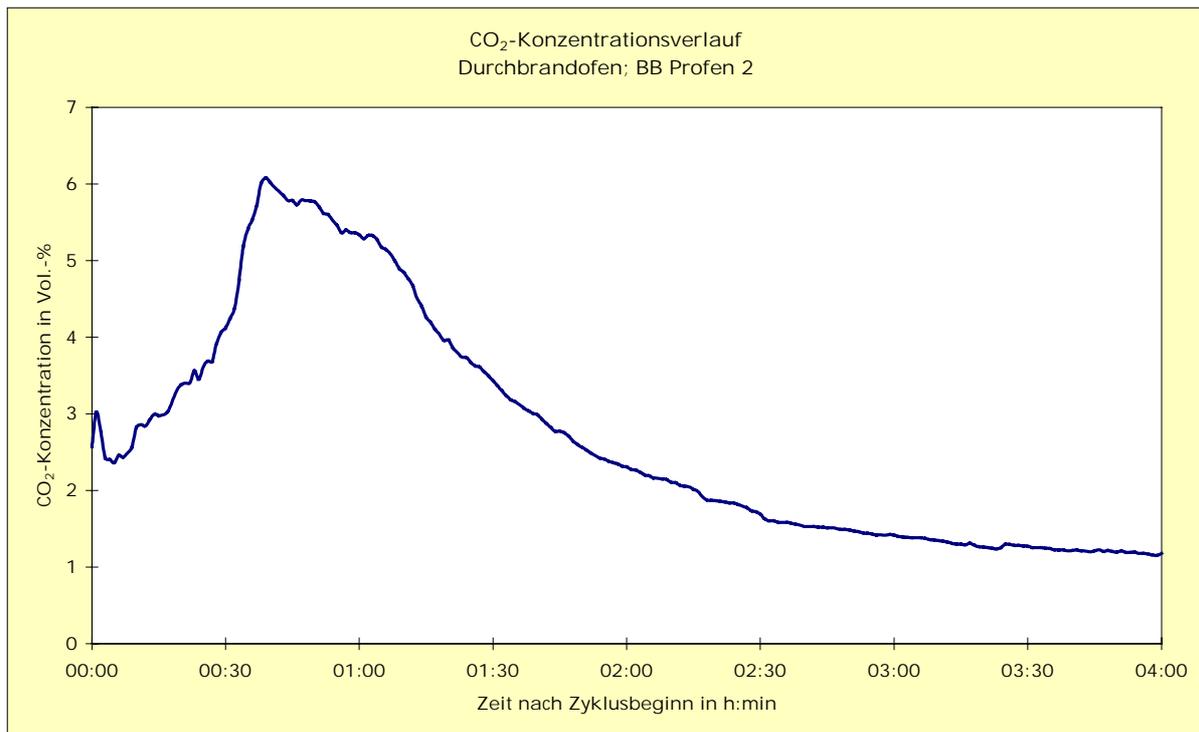


Abbildung 1-6 : Mittlere Konzentrationsverläufe, MIBRAG 1 - Brikett

Feuerstätte:

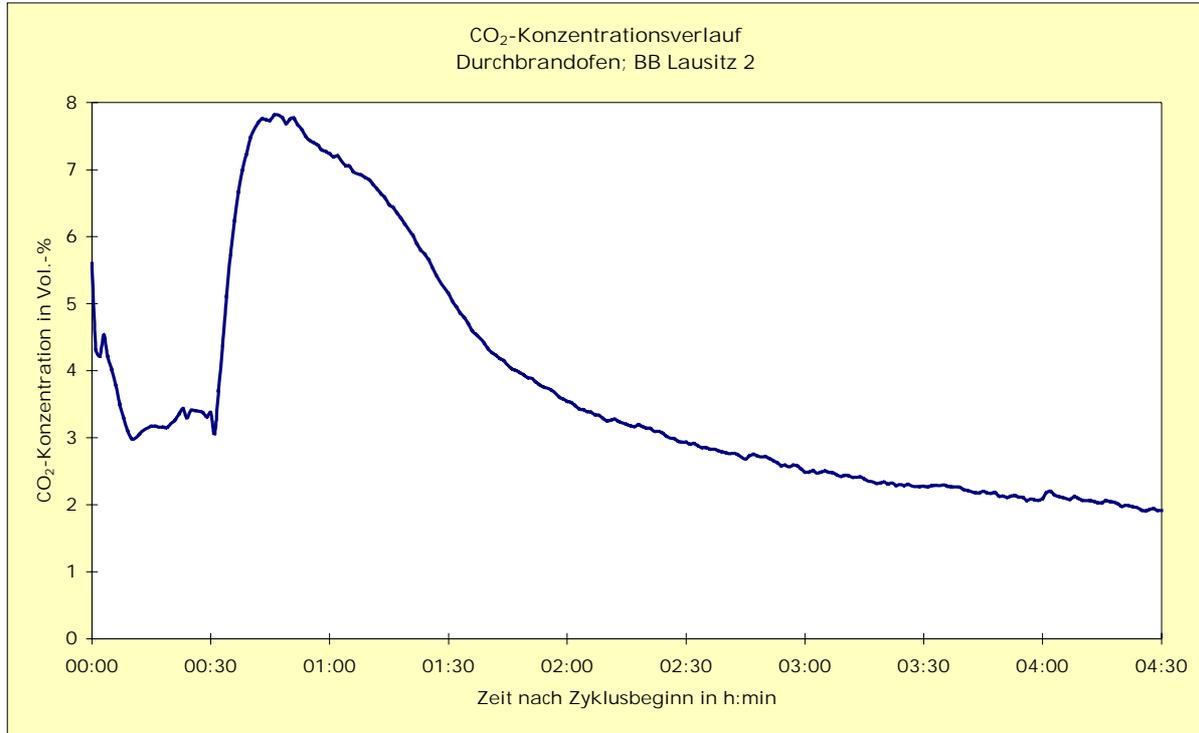
Durchbrandofen

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett MIBRAG 1

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Schwefeldioxid



Feuerstätte:

Durchbrandofen

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett MIBRAG 1

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Stickstoffoxide

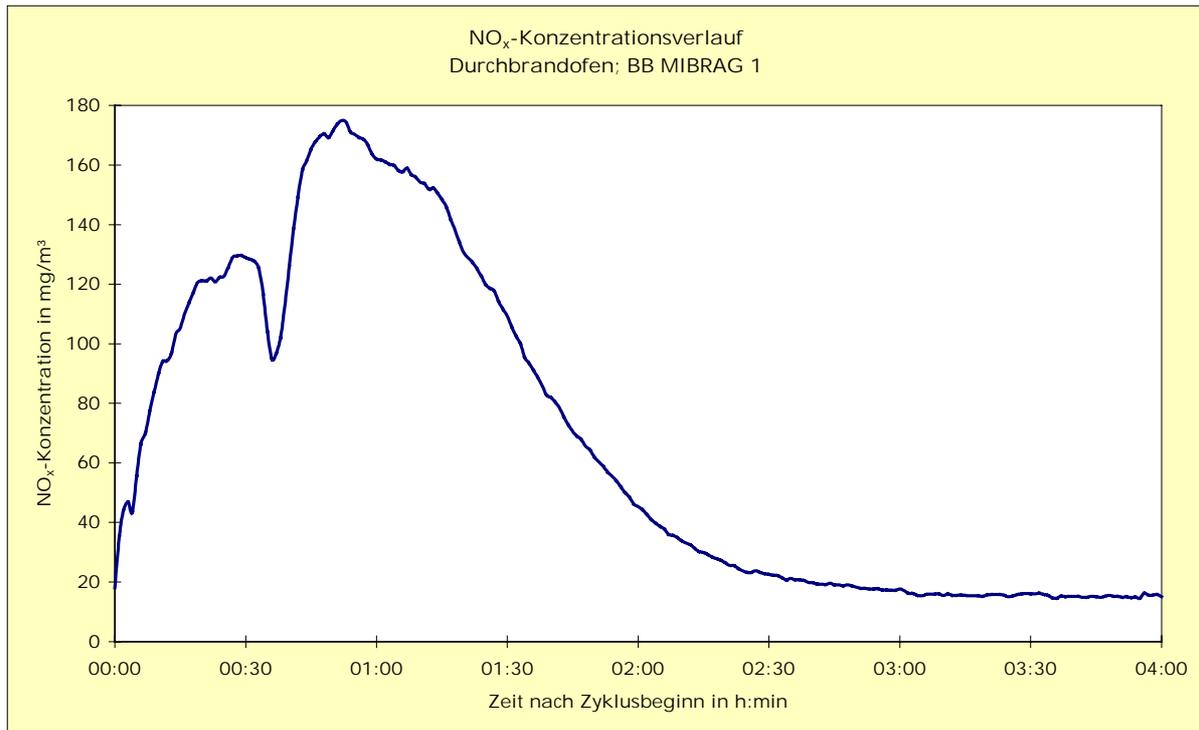


Abbildung 1-6 : Mittlere Konzentrationsverläufe, MIBRAG 1 - Brikett

Feuerstätte:

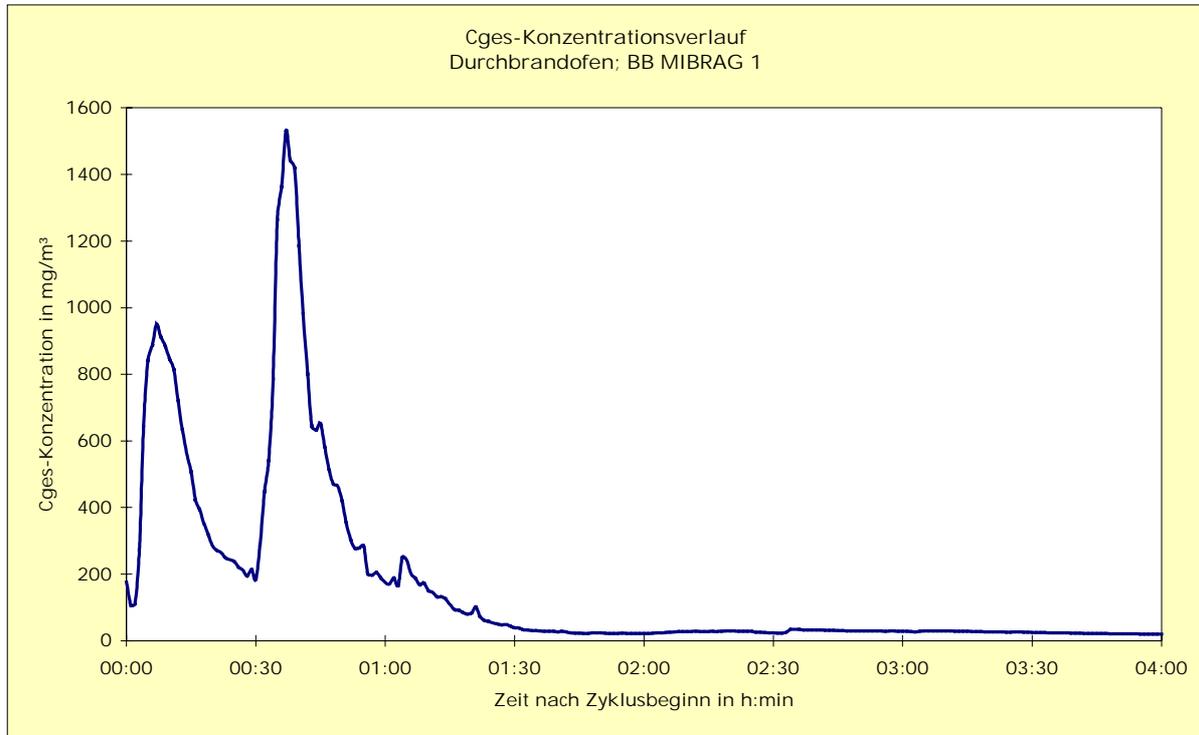
Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett MIBRAG 1

Gesamtkohlenstoff



Feuerstätte:

Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett MIBRAG 1

Kohlenmonoxid

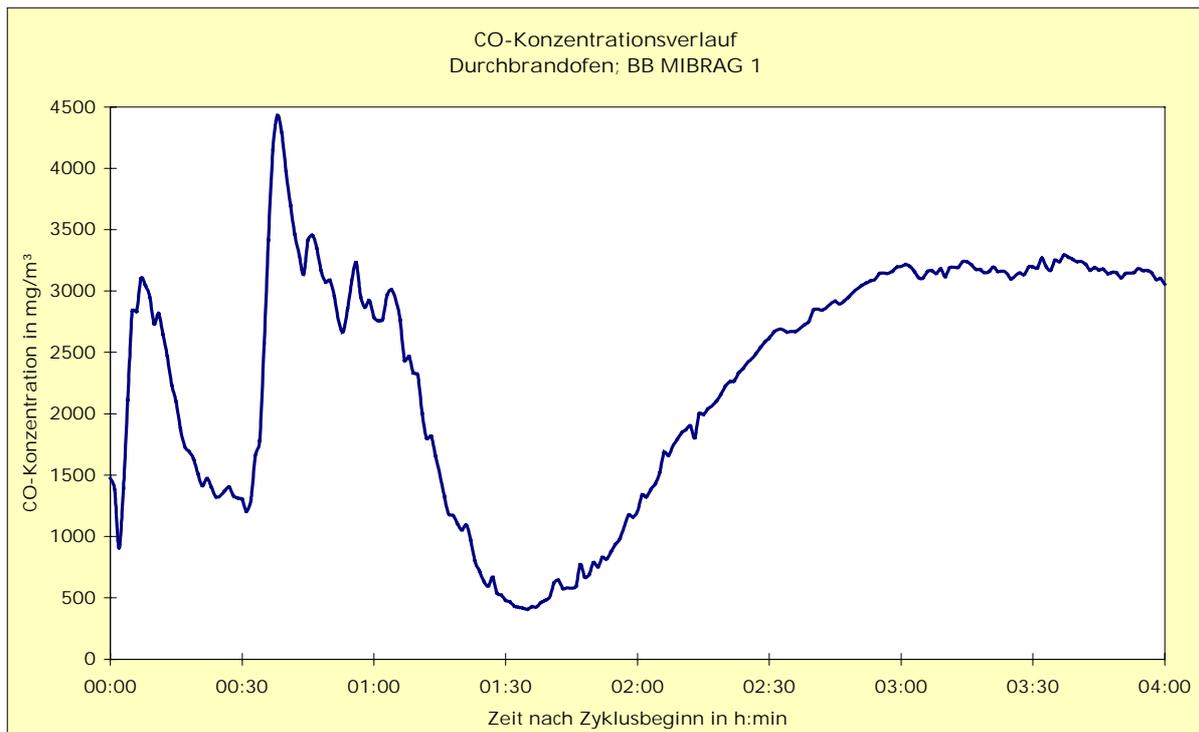


Abbildung 1-6 : Mittlere Konzentrationsverläufe, MIBRAG 1 - Brikett

Feuerstätte:

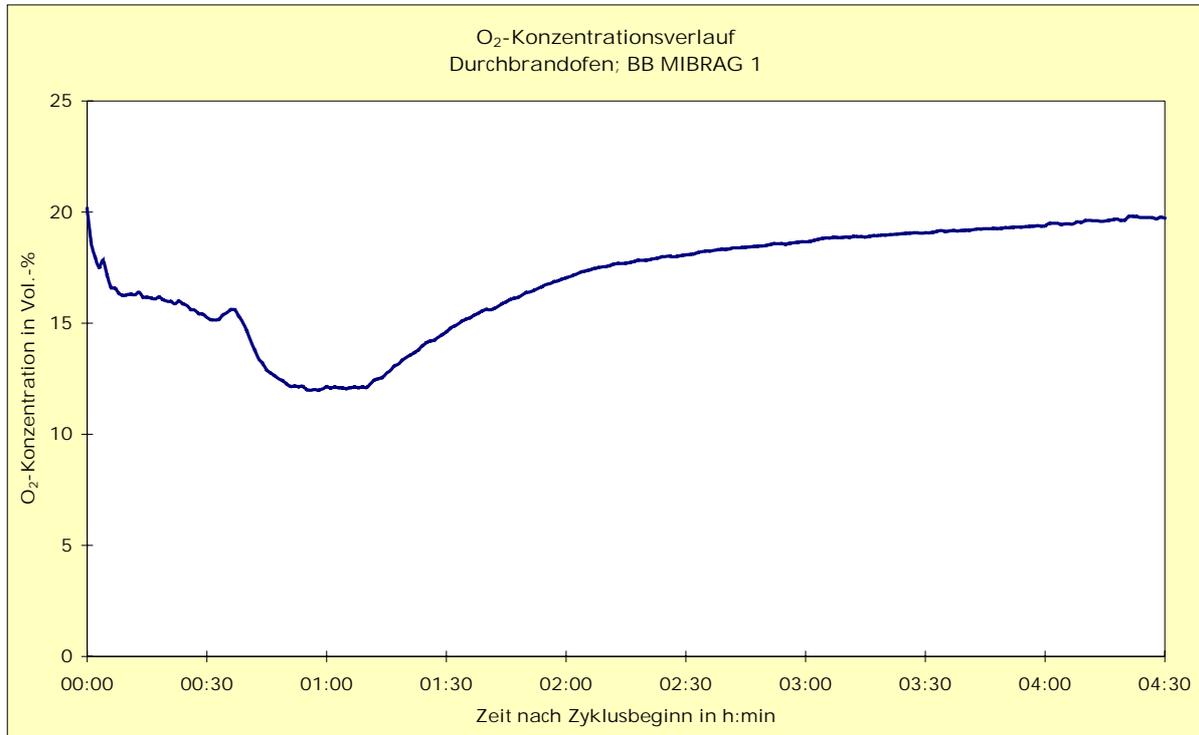
Durchbrandofen

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett MIBRAG 1

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Sauerstoff



Feuerstätte:

Durchbrandofen

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett MIBRAG 1

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Kohlendioxid

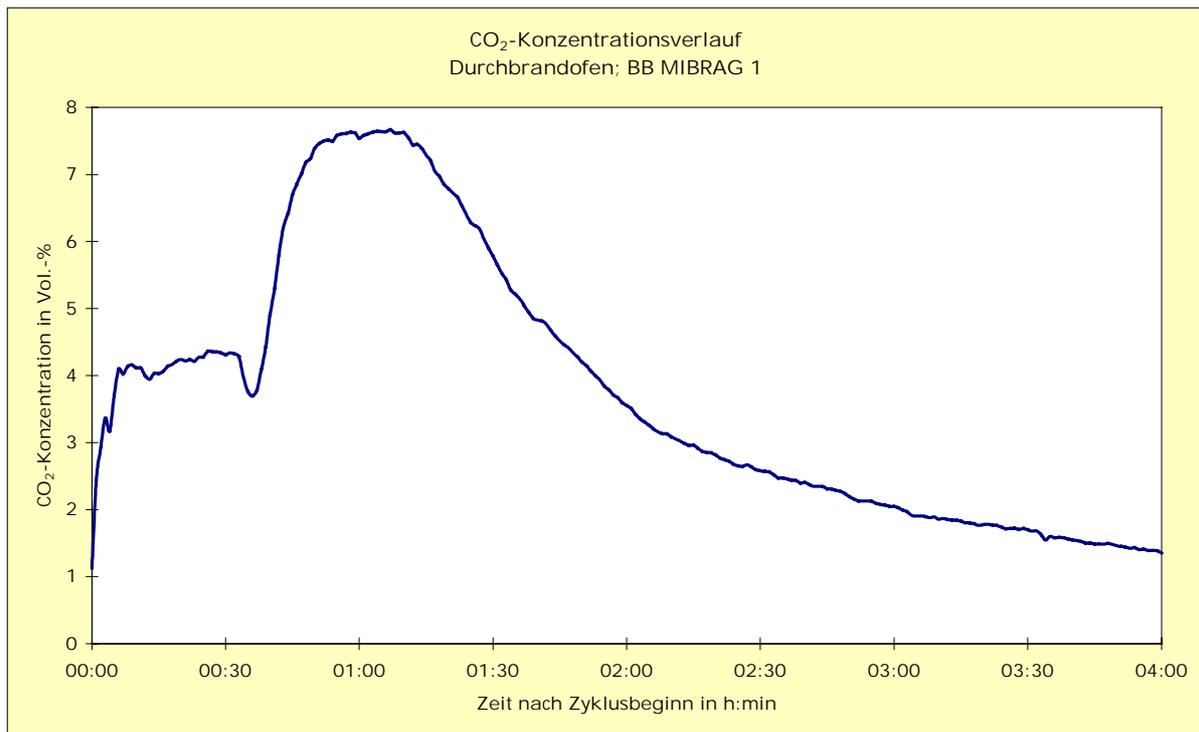


Abbildung 1-7 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Lausitz 1 - Brikett

Feuerstätte:

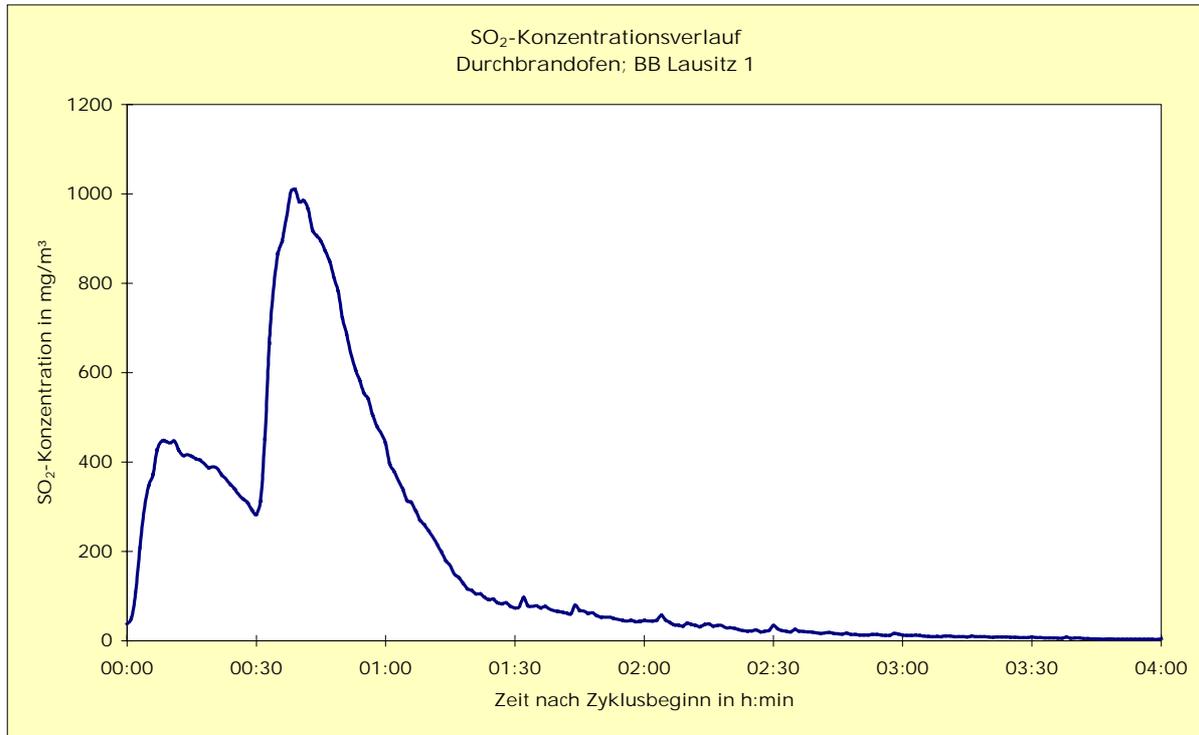
Durchbrandofen

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Lausitz 1

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Schwefeldioxid



Feuerstätte:

Durchbrandofen

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Lausitz 1

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Stickstoffoxide

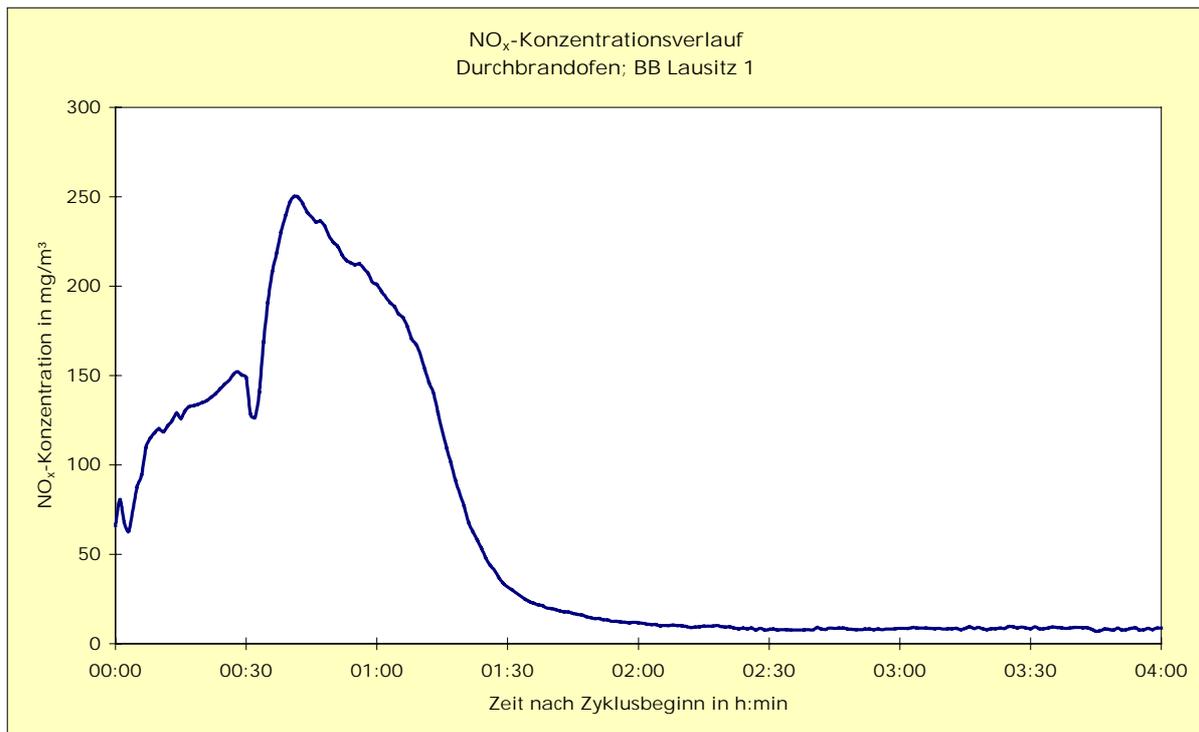


Abbildung 1-7 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Lausitz 1 - Brikett

Feuerstätte:

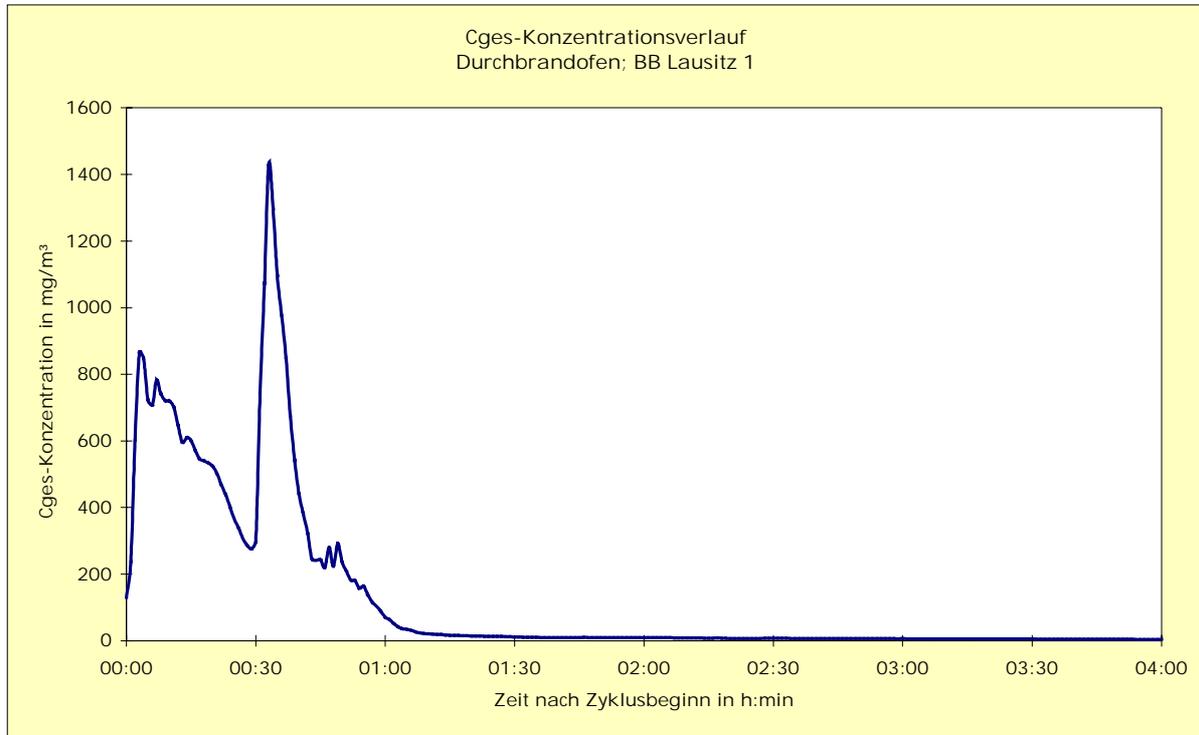
Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Lausitz 1

Gesamtkohlenstoff



Feuerstätte:

Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Lausitz 1

Kohlenmonoxid

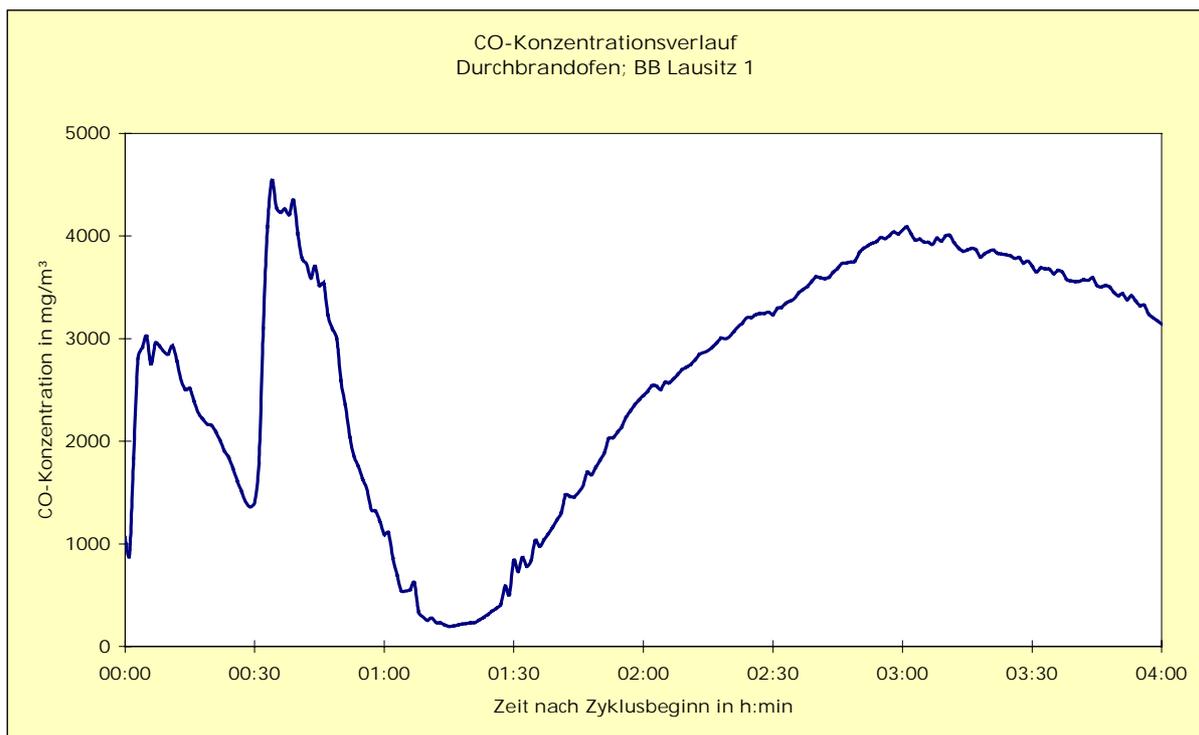


Abbildung 1-7 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Lausitz 1 - Brikett

Feuerstätte:

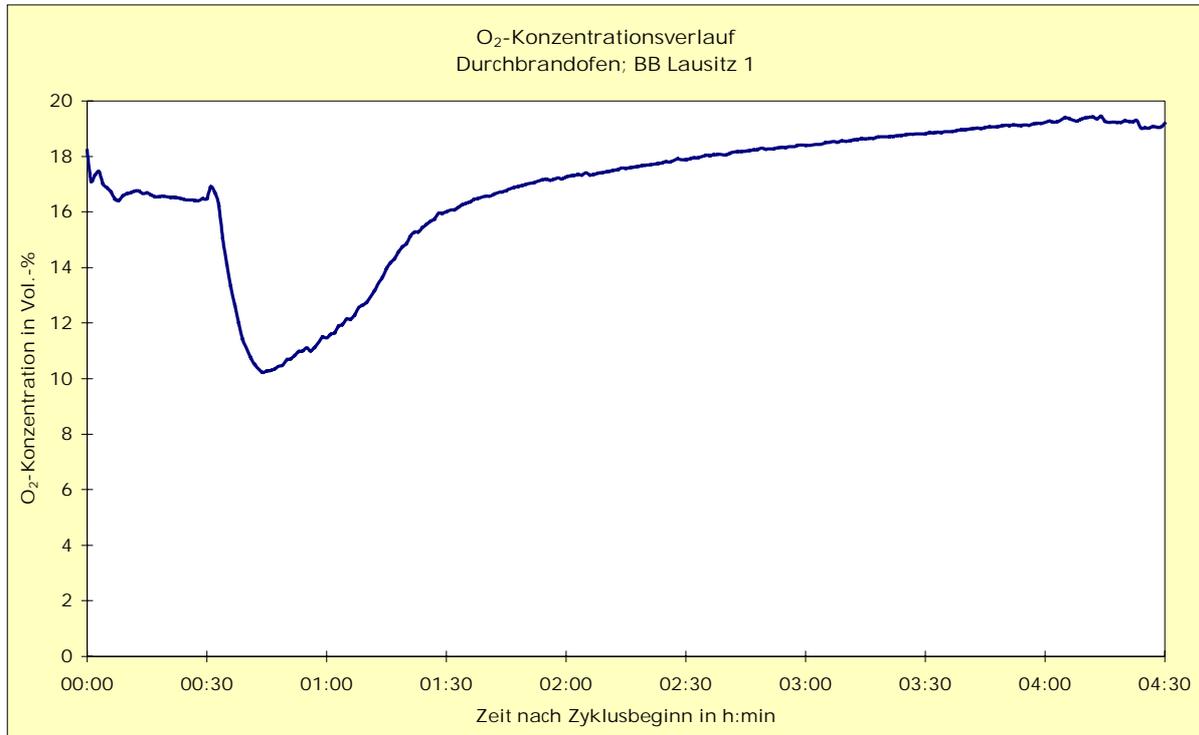
Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Lausitz 1

Sauerstoff



Feuerstätte:

Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Lausitz 1

Kohlendioxid

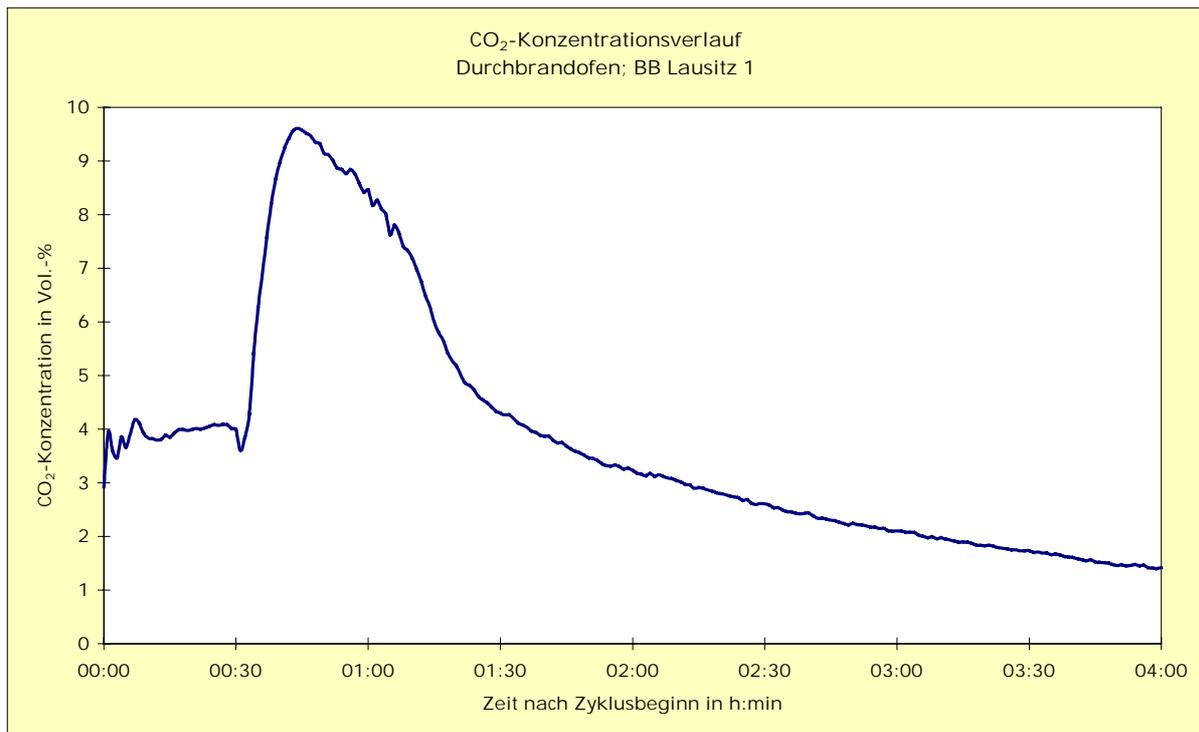


Abbildung 1-8 : Mittlere Konzentrationsverläufe, MIBRAG 2 - Brikett

Feuerstätte:

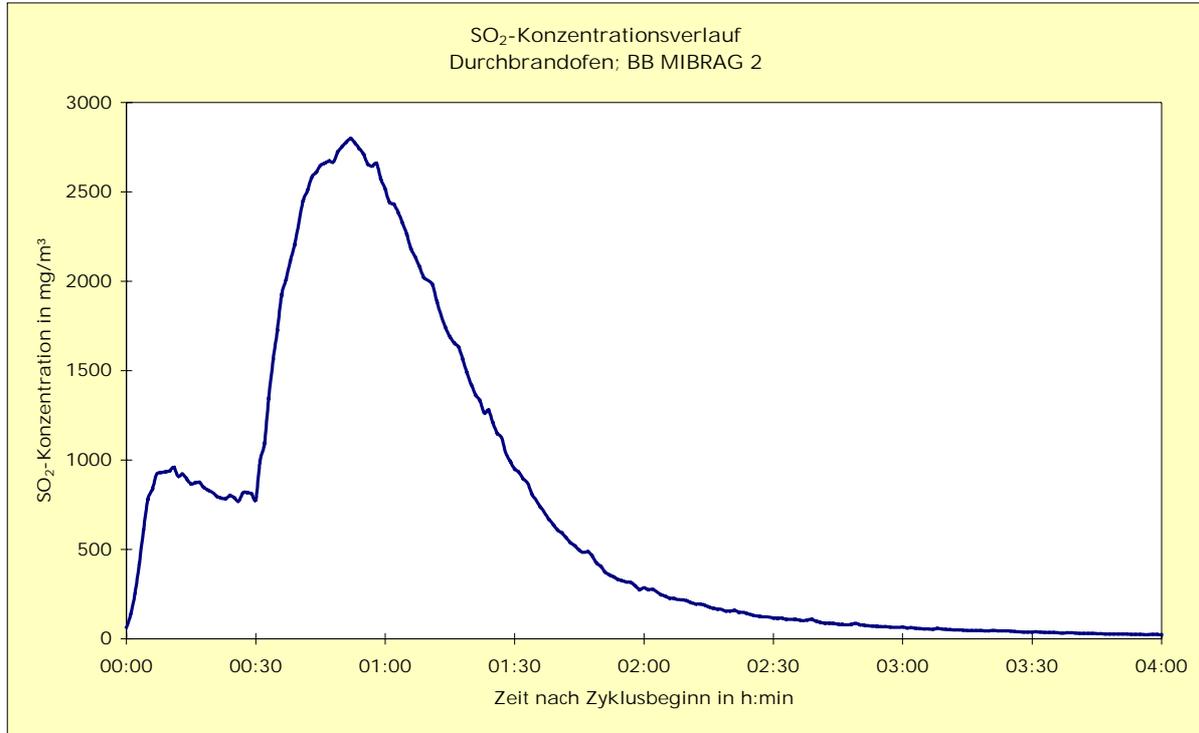
Durchbrandofen

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett MIBRAG 2

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Schwefeldioxid



Feuerstätte:

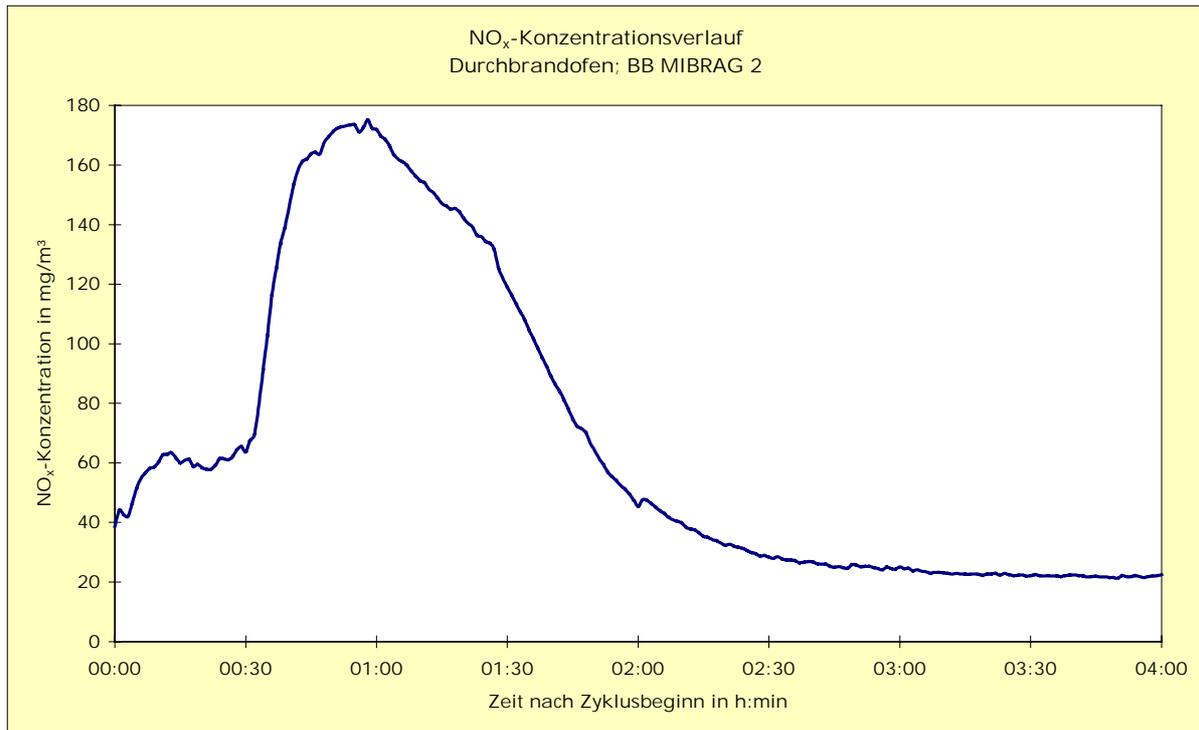
Durchbrandofen

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett MIBRAG 2

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Stickstoffoxide



**Abbildung 1-8 : Mittlere Konzentrationsverläufe, MIBRAG 2 - Brikett**

Feuerstätte:

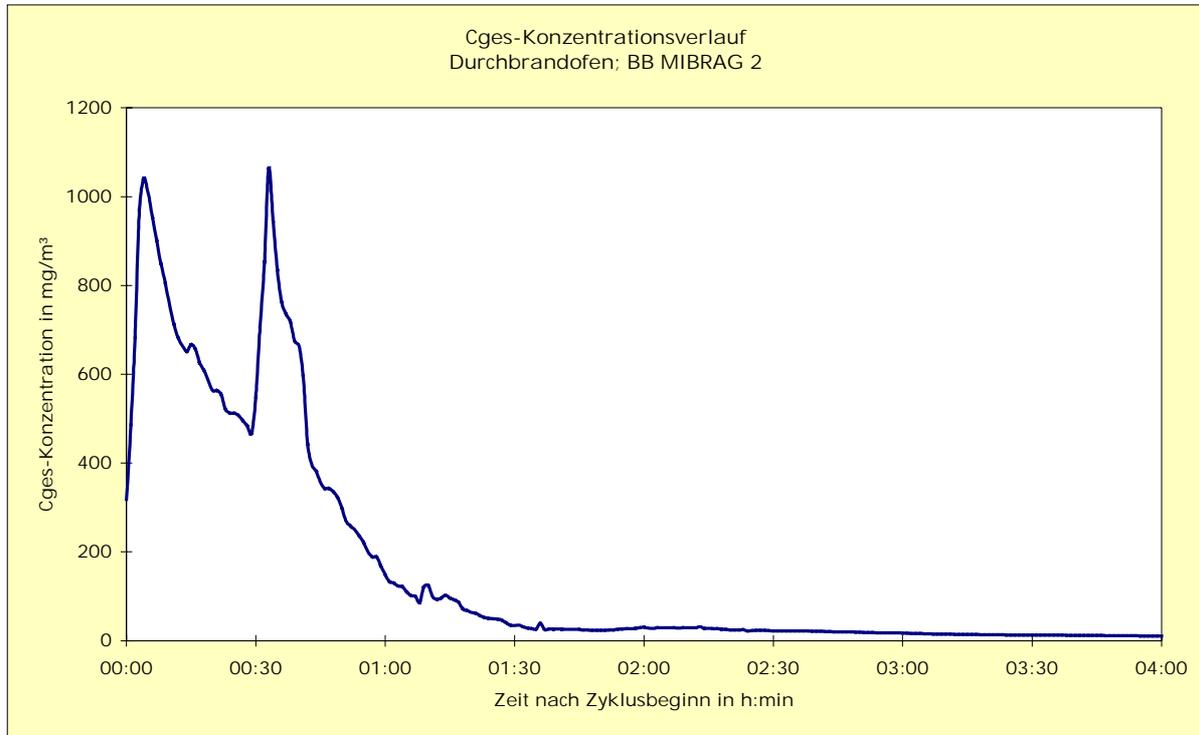
Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett MIBRAG 2

Gesamtkohlenstoff



Feuerstätte:

Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett MIBRAG 2

Kohlenmonoxid

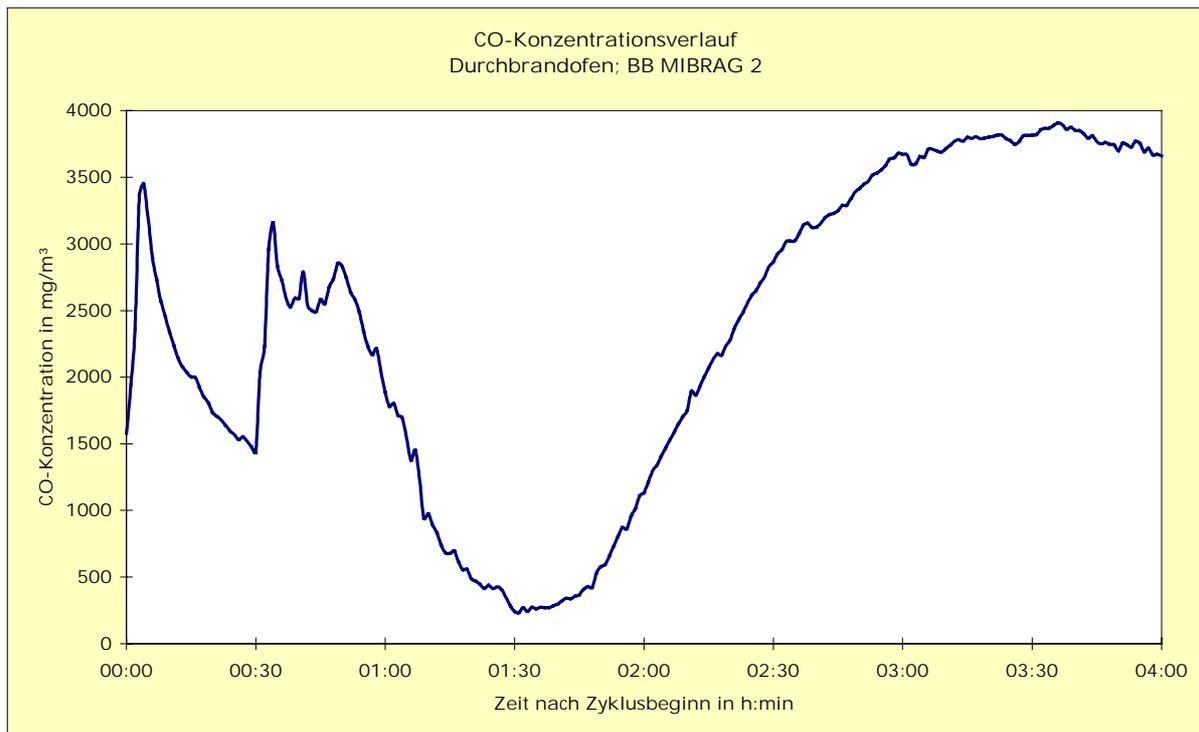


Abbildung 1-8 : Mittlere Konzentrationsverläufe, MIBRAG 2 - Brikett

Feuerstätte:

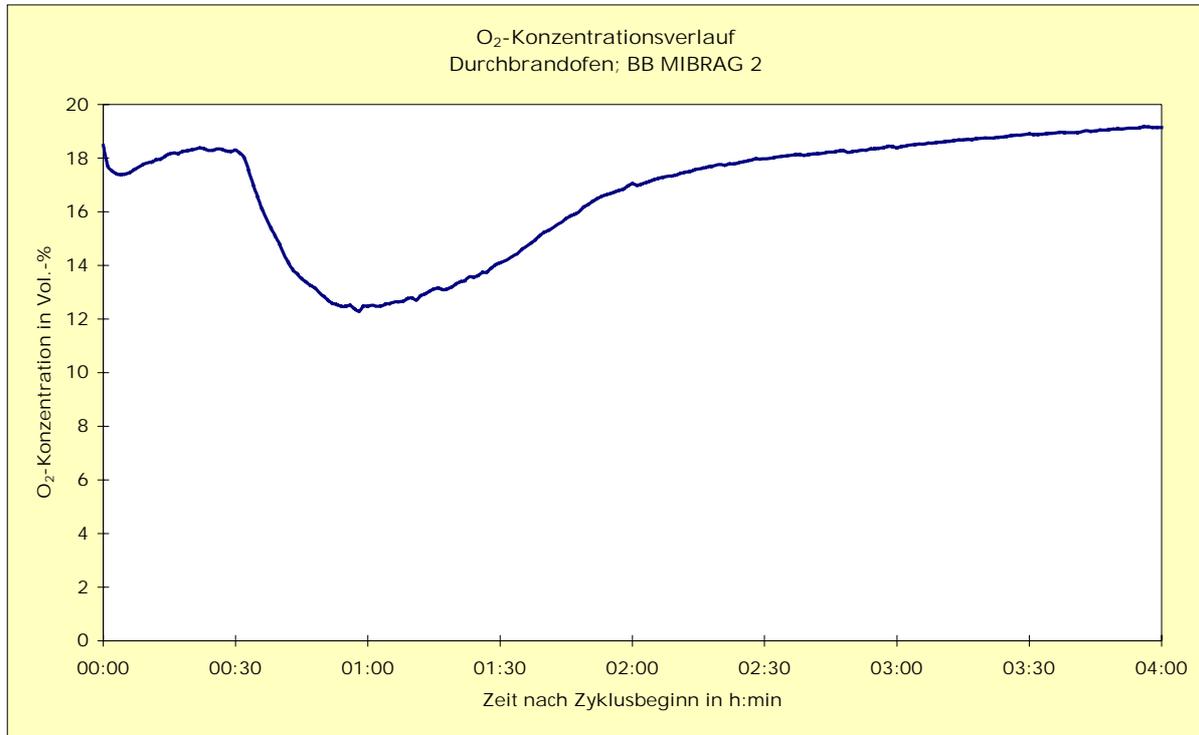
Durchbrandofen

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett MIBRAG 2

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Sauerstoff



Feuerstätte:

Durchbrandofen

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett MIBRAG 2

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Kohlendioxid

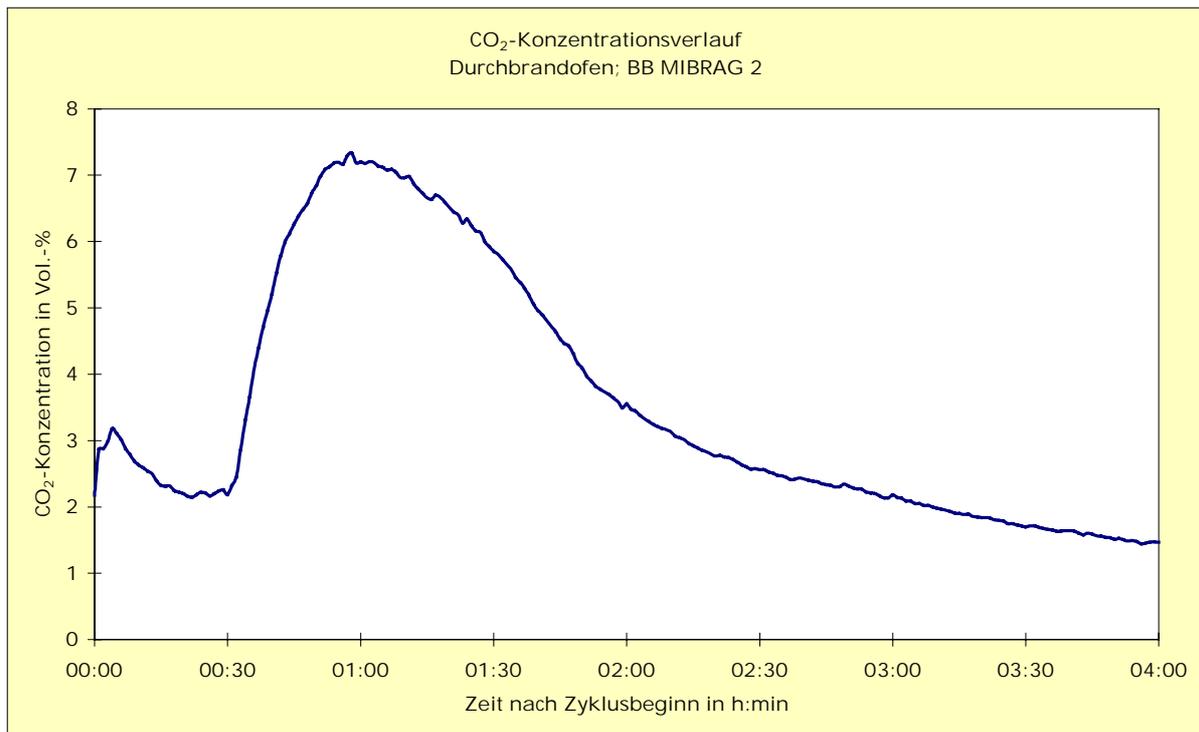


Abbildung 1-9 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Lausitz 2 - Brikett

Feuerstätte:

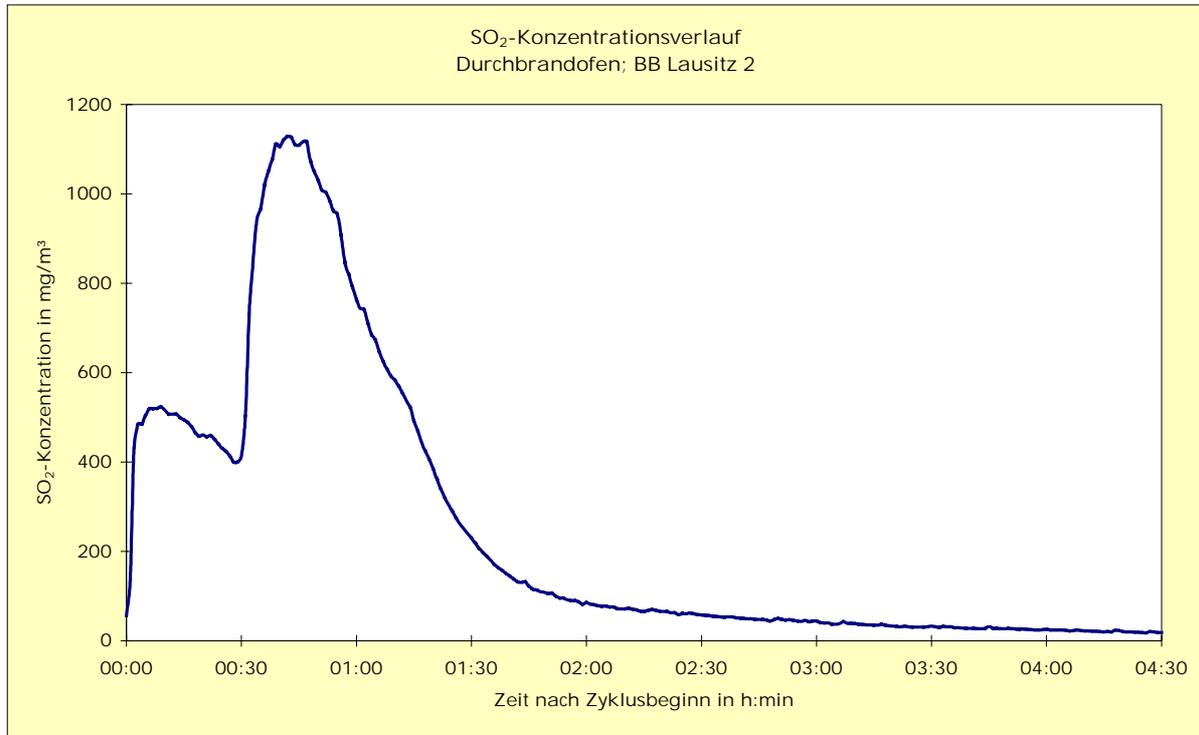
Durchbrandofen

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Lausitz 2

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Schwefeldioxid



Feuerstätte:

Durchbrandofen

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Lausitz 2

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Stickstoffoxide

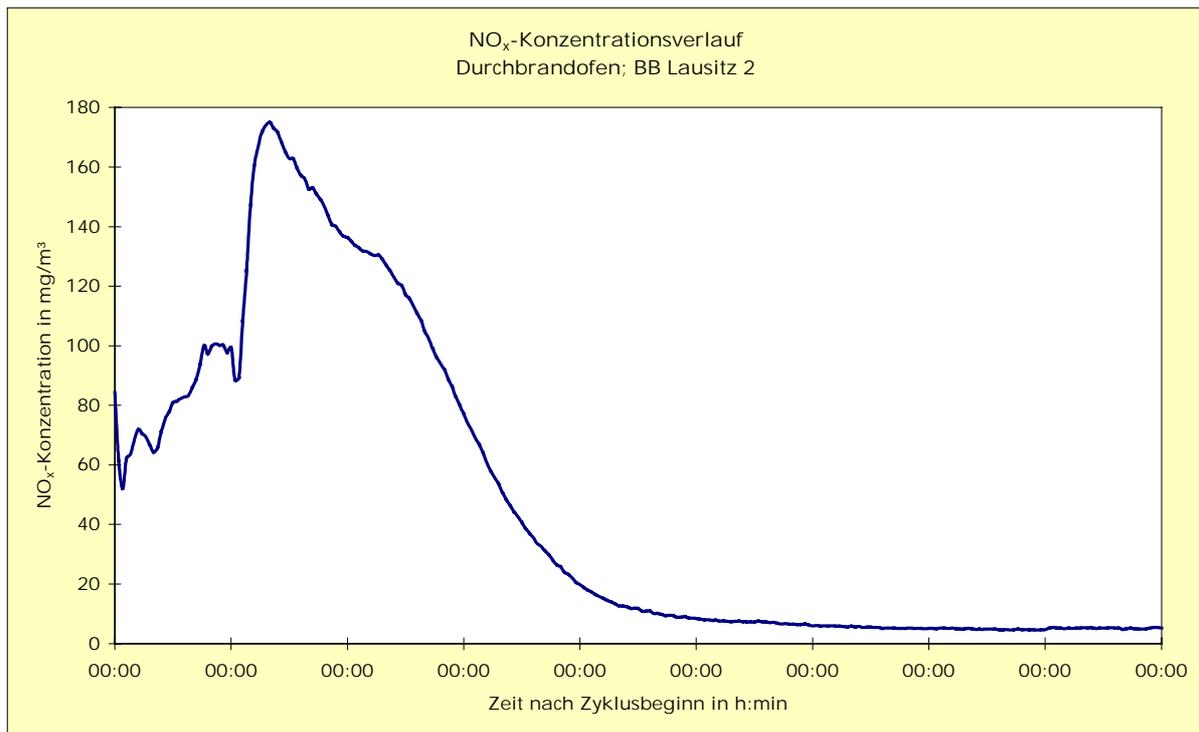


Abbildung 1-9 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Lausitz 2 - Brikett

Feuerstätte:

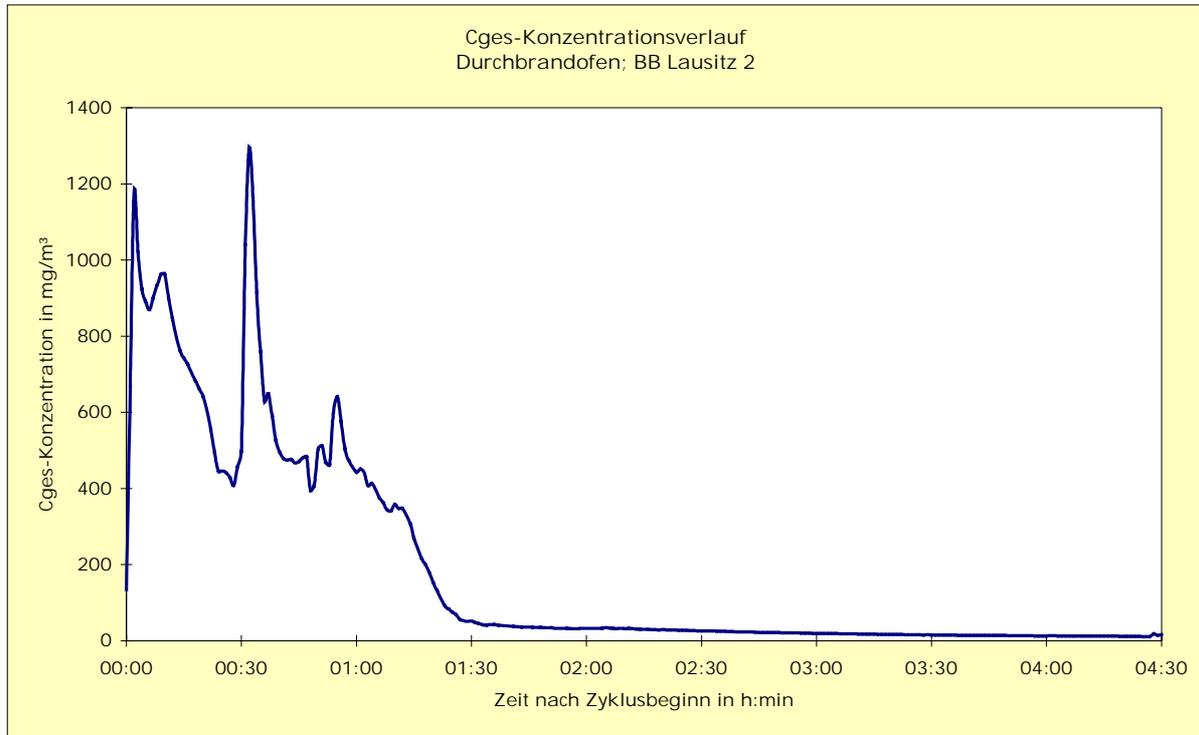
Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Lausitz 2

Gesamtkohlenstoff



Feuerstätte:

Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Lausitz 2

Kohlenmonoxid

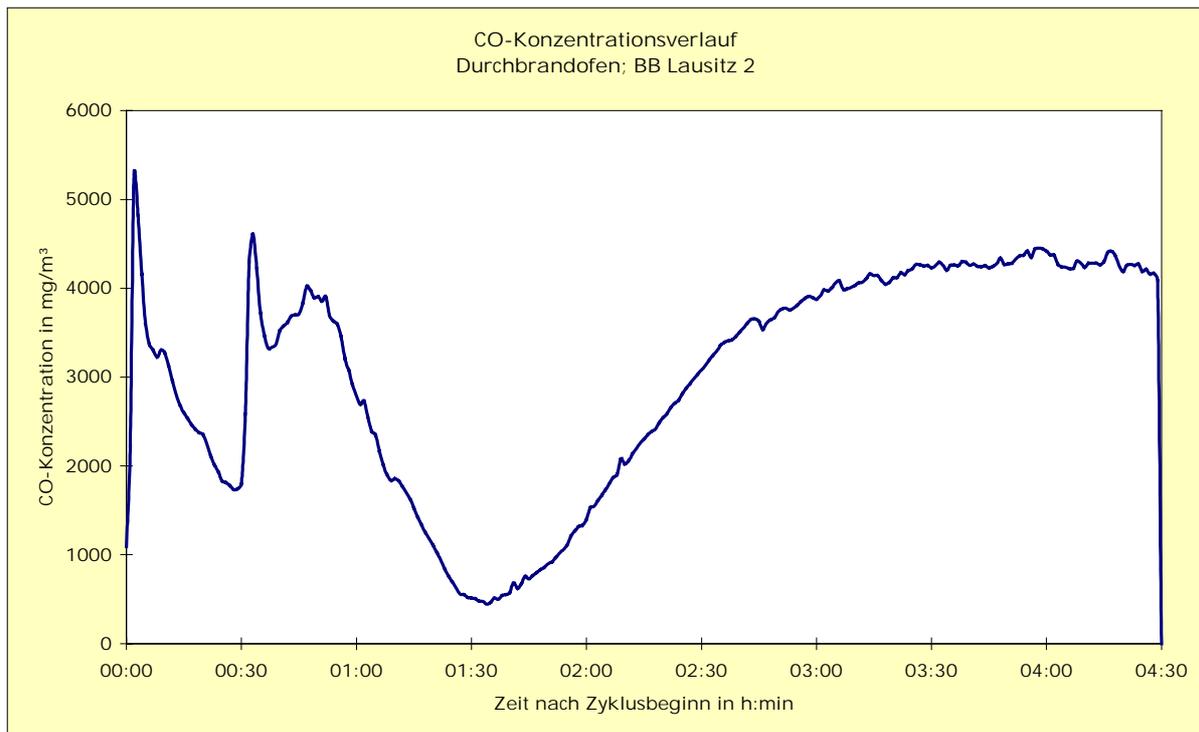


Abbildung 1-9 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Lausitz 2 - Brikett

Feuerstätte:

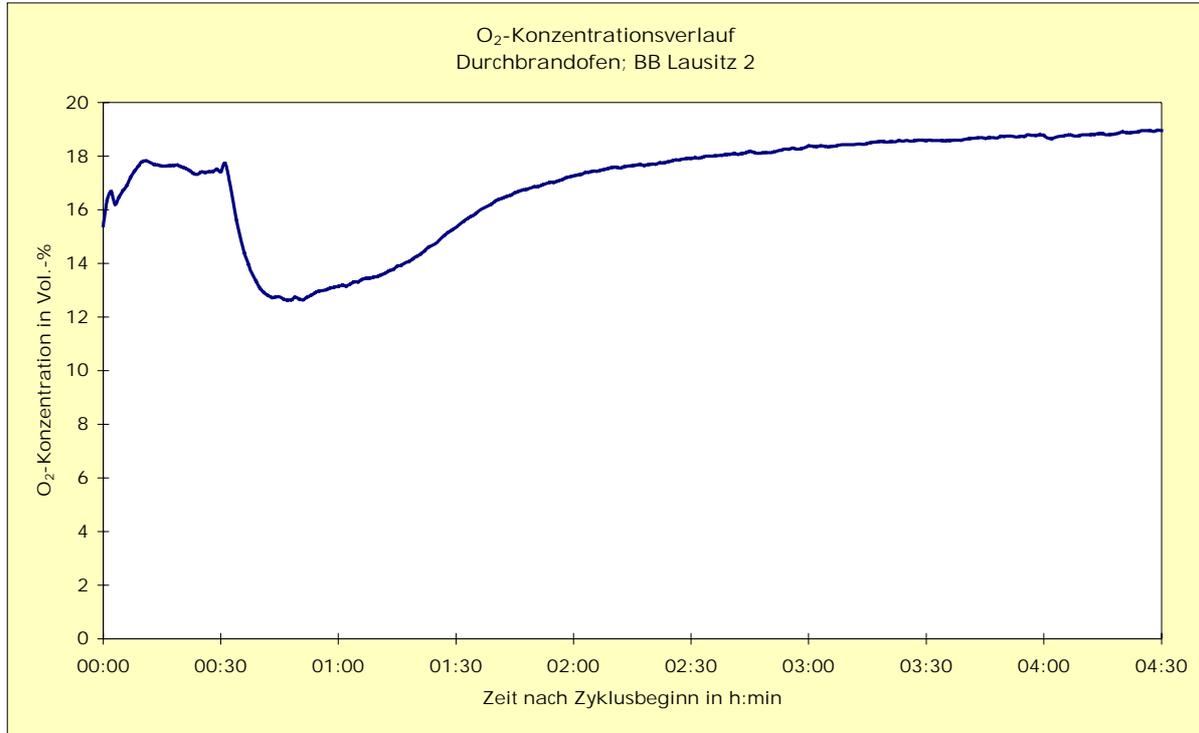
Durchbrandofen

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Lausitz 2

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Sauerstoff



Feuerstätte:

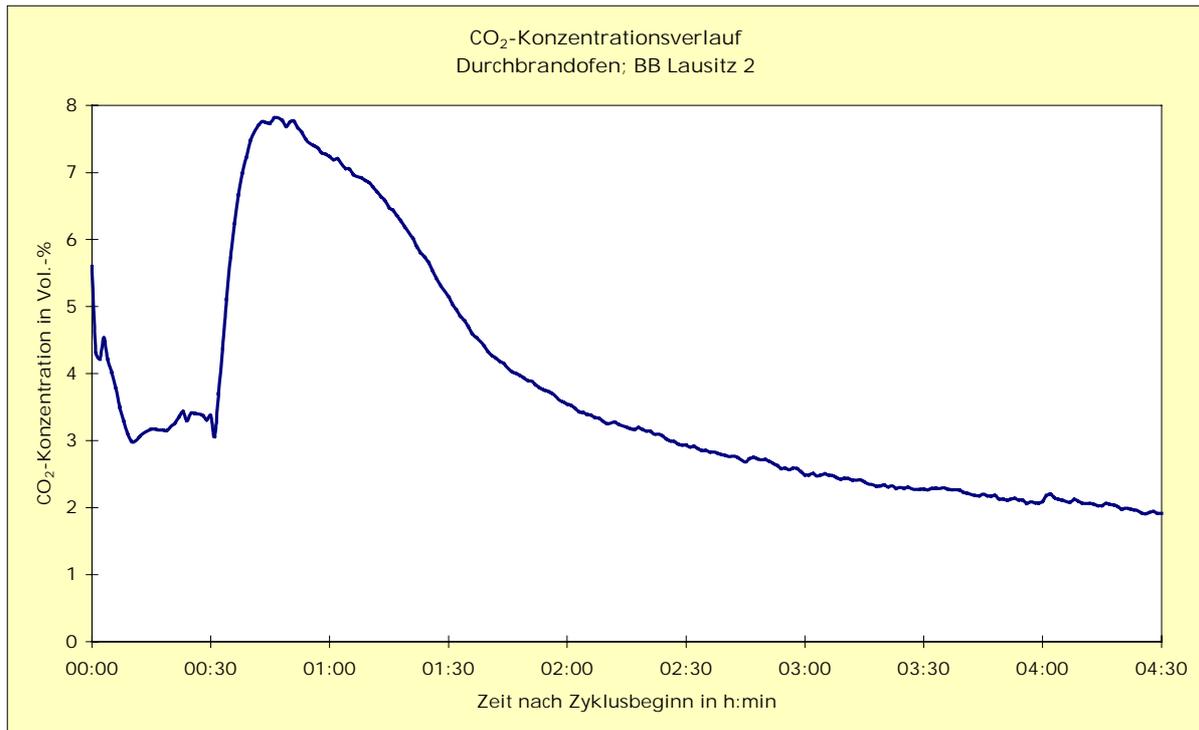
Durchbrandofen

Brennstoff:

Braunkohlenbrikett Lausitz 2

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Kohlendioxid



**Abbildung 1-10 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Böhmen - Brikett**

Feuerstätte:

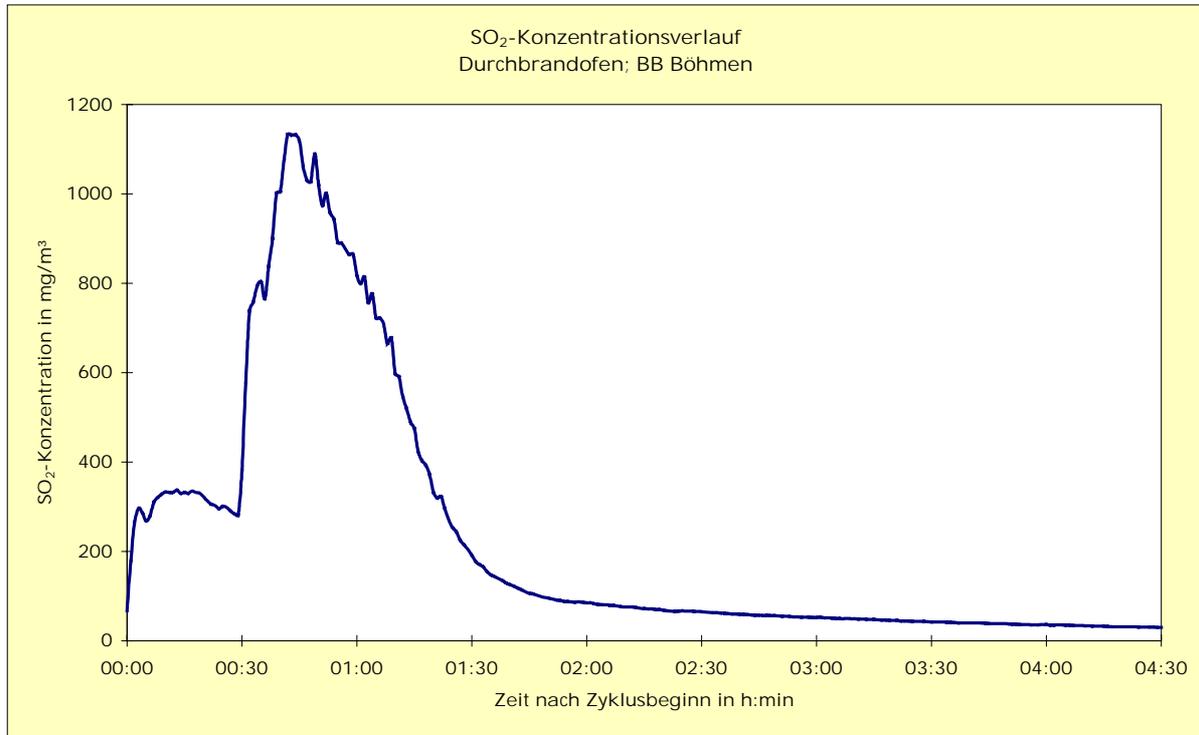
Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Böhmen

Schwefeldioxid



Feuerstätte:

Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Böhmen

Stickstoffoxide

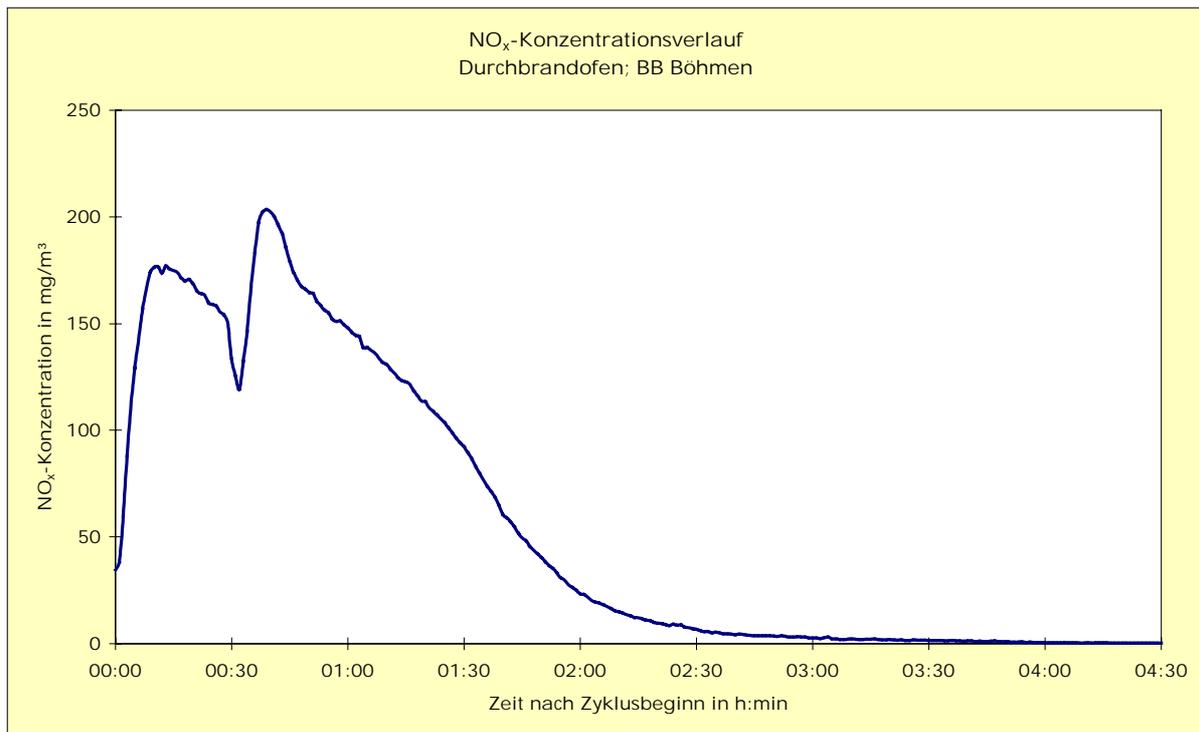


Abbildung 1-10 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Böhmen - Brikett

Feuerstätte:

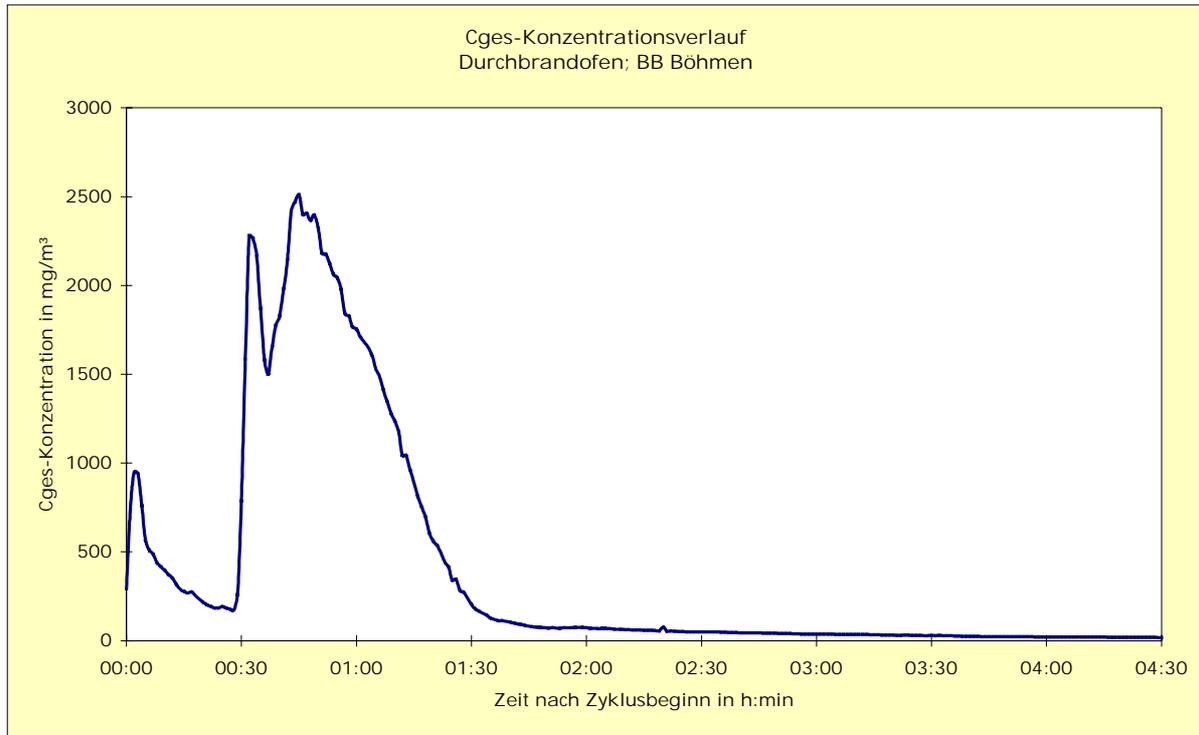
Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Böhmen

Gesamtkohlenstoff



Feuerstätte:

Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Böhmen

Kohlenmonoxid

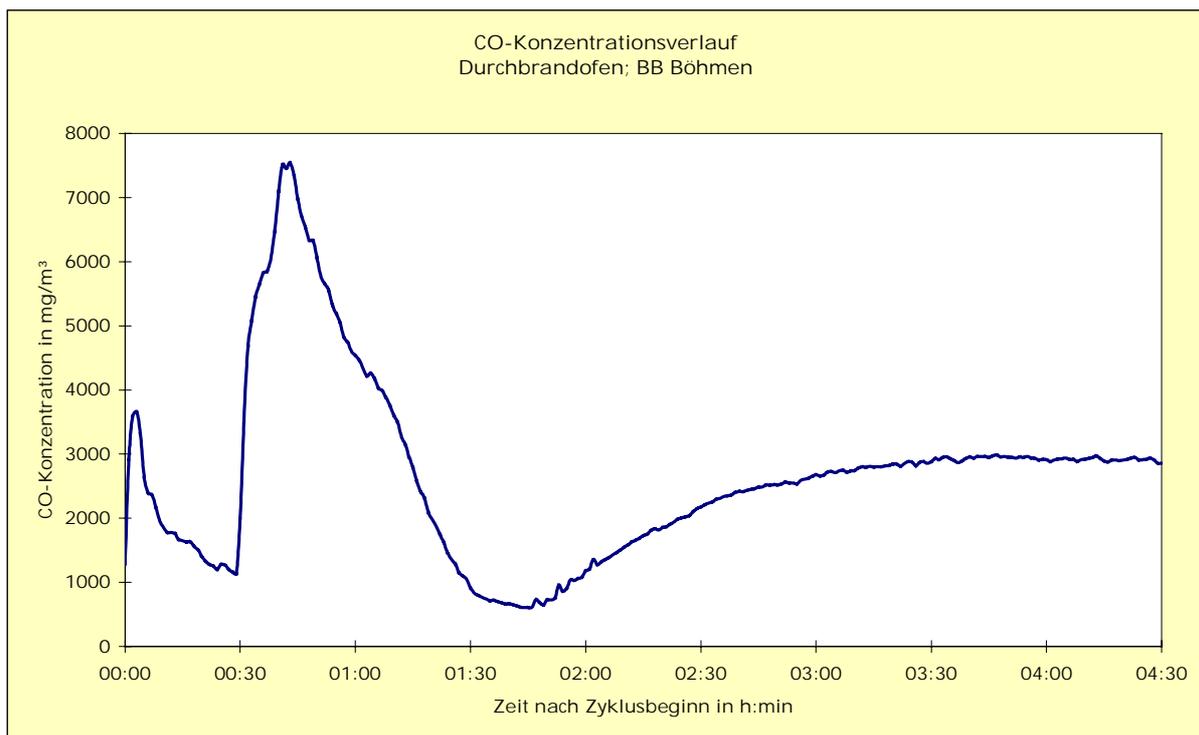


Abbildung 1-10 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Böhmen - Brikett

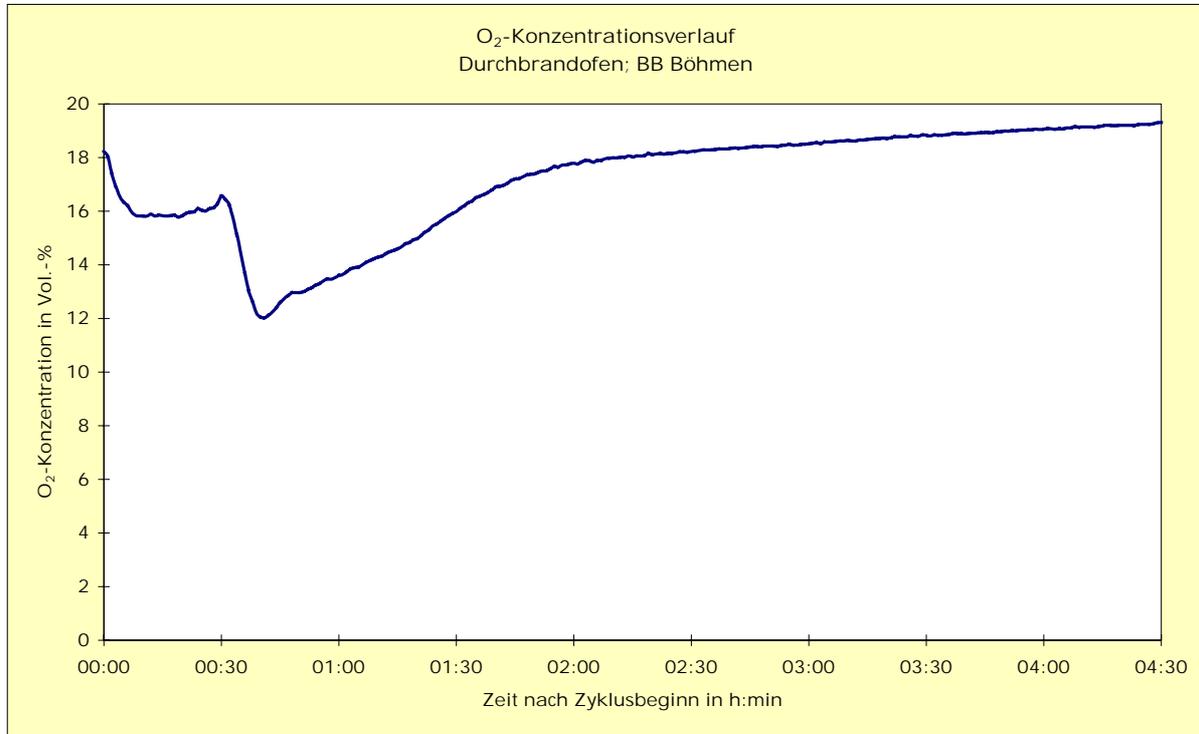
Feuerstätte:

Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen  
Braunkohlenbrikett Böhmen

Sauerstoff



Feuerstätte:

Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen  
Braunkohlenbrikett Böhmen

Kohlendioxid

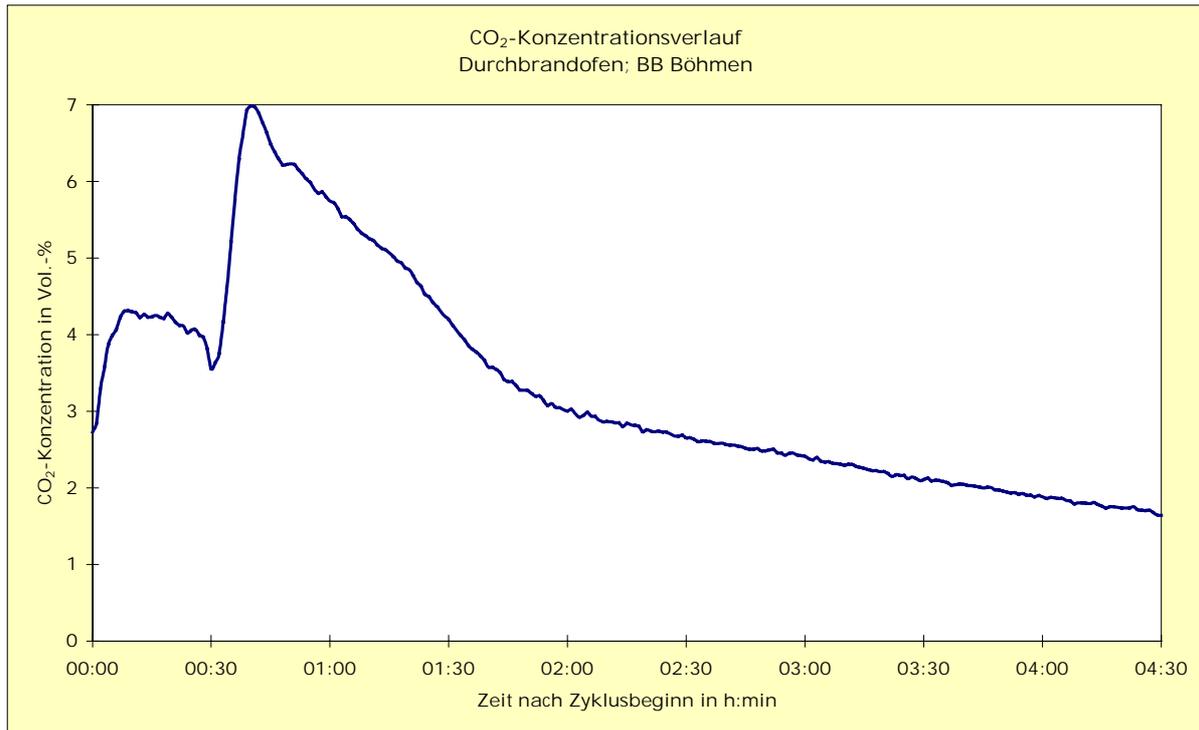


Abbildung 1-11 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Baschkirien - Brikett

Feuerstätte:

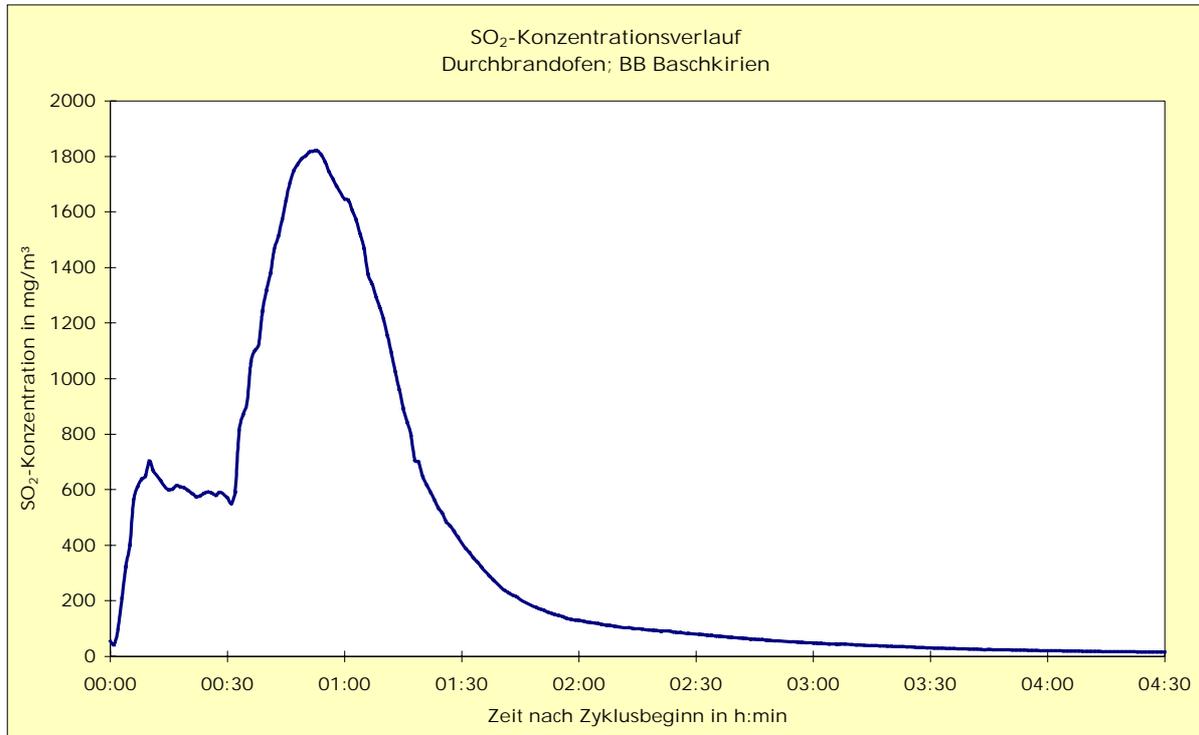
Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Baschkirien

Schwefeldioxid



Feuerstätte:

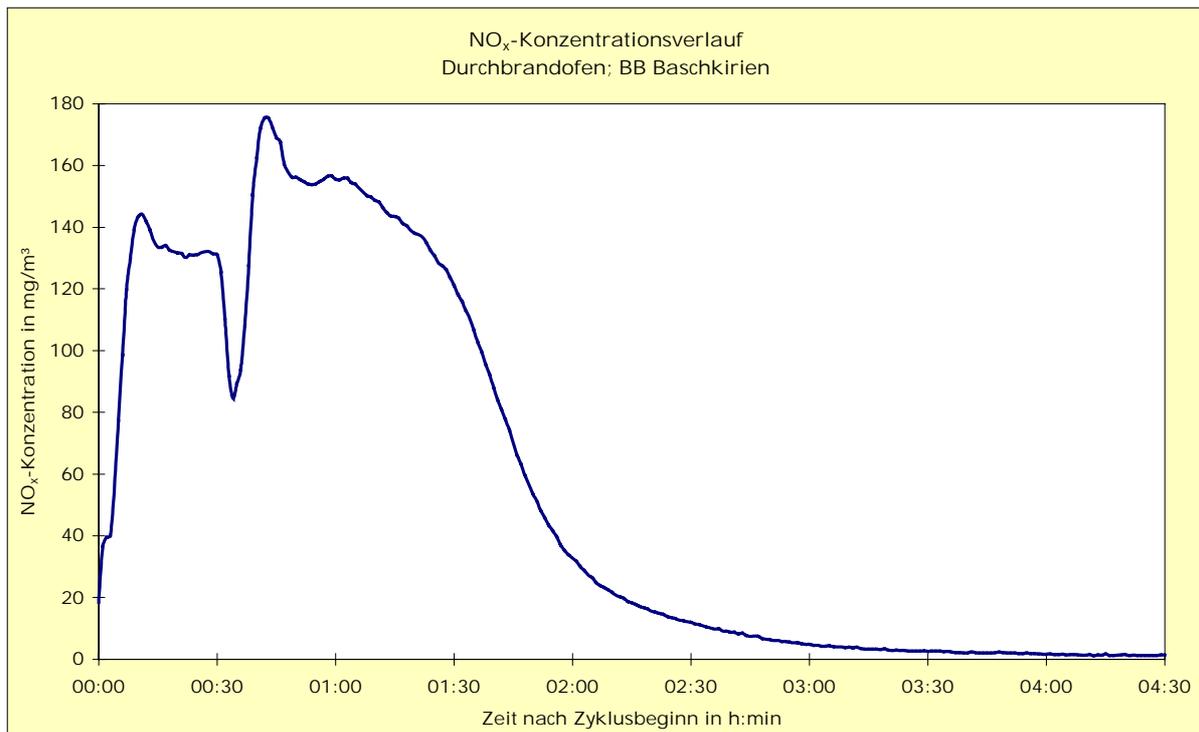
Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Baschkirien

Stickstoffoxide



**Abbildung 1-11 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Baschkirien - Brikett**

Feuerstätte:

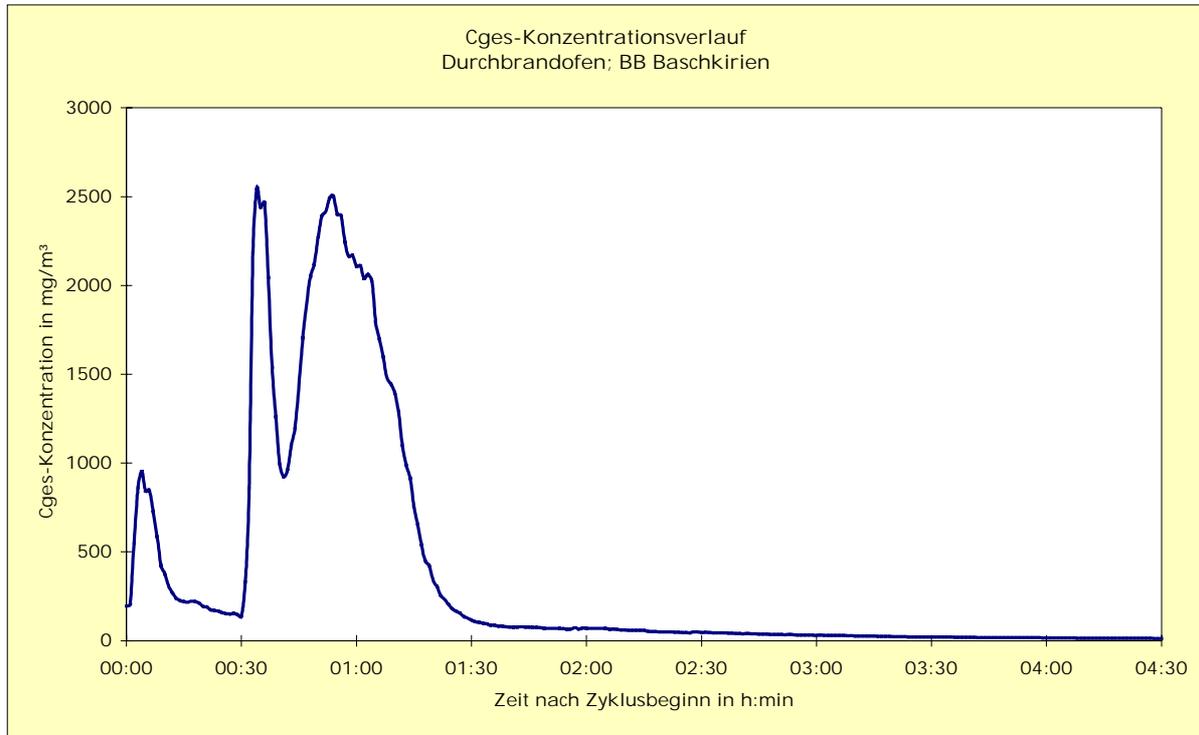
Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Baschkirien

Gesamtkohlenstoff



Feuerstätte:

Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Baschkirien

Kohlenmonoxid

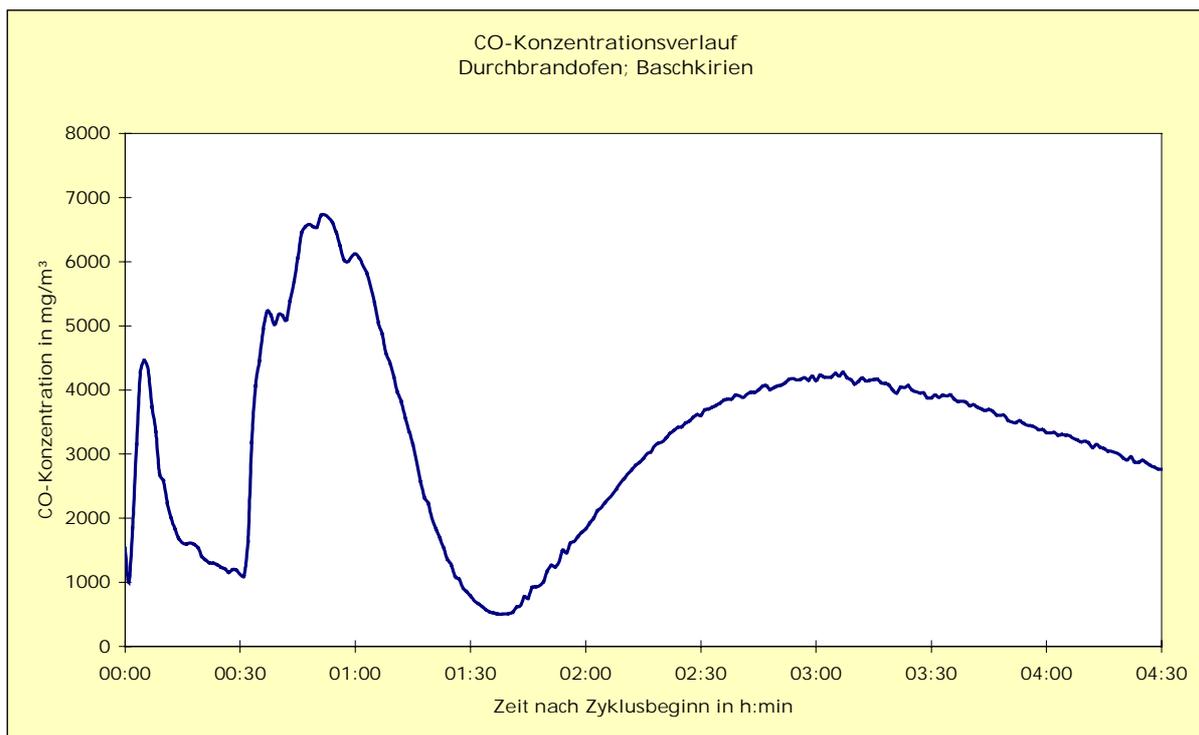


Abbildung 1-11 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Baschkirien - Brikett

Feuerstätte:

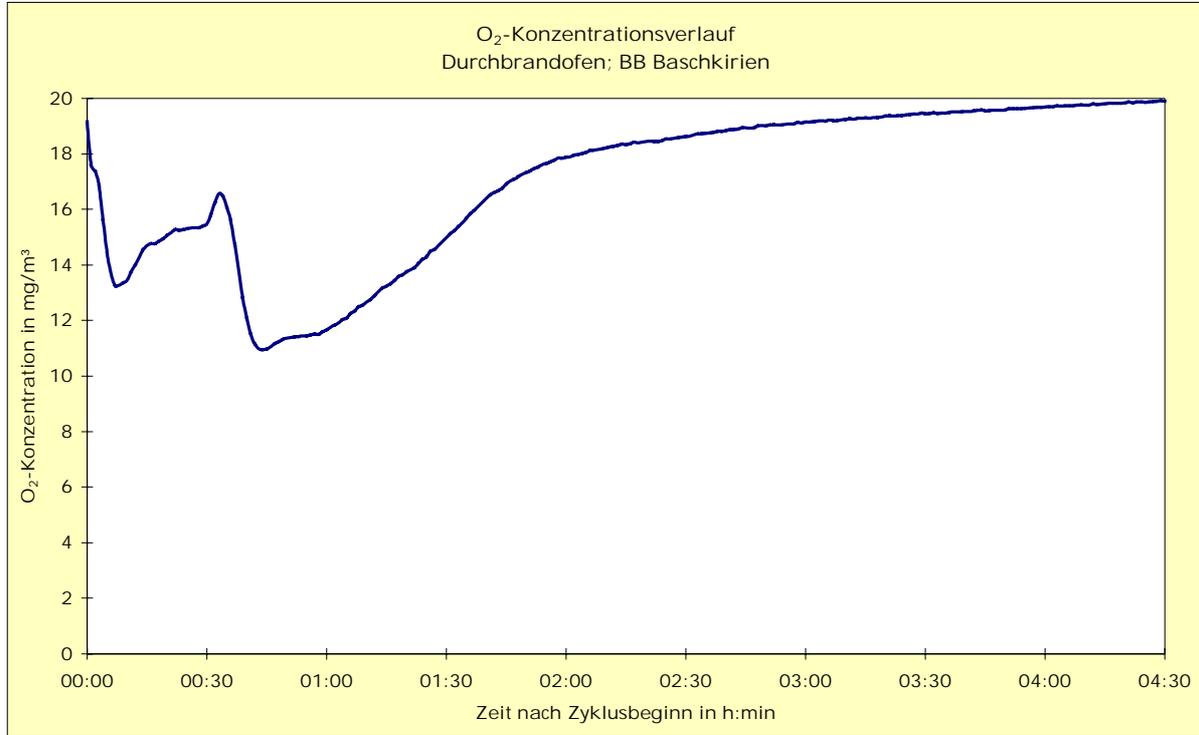
Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Baschkirien

Sauerstoff



Feuerstätte:

Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Baschkirien

Kohlendioxid

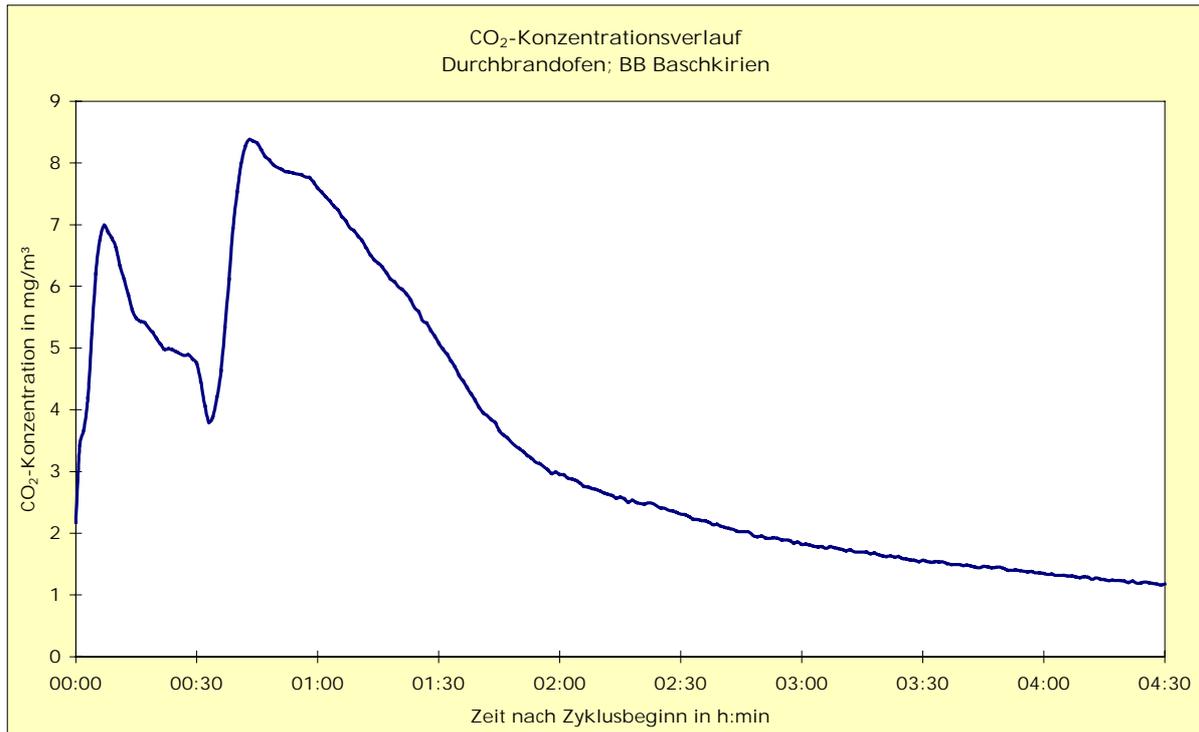


Abbildung 1-12 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Polen - Brikett

Feuerstätte:

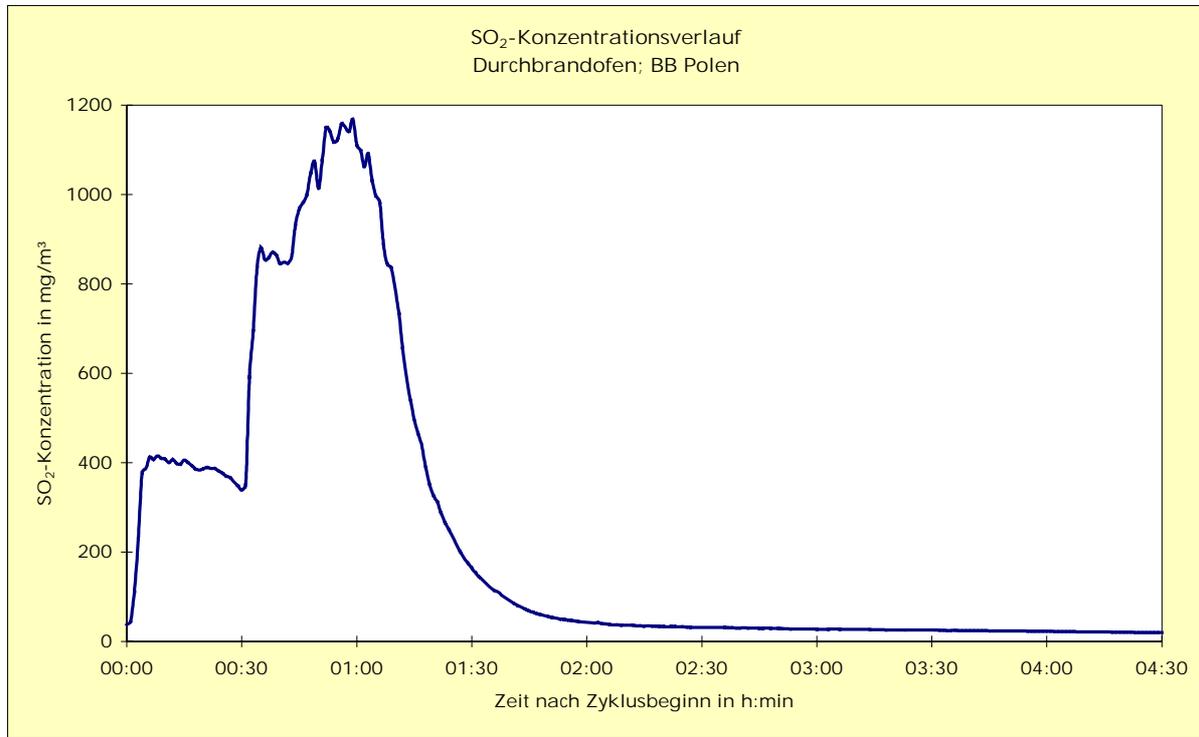
Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Polen

Schwefeldioxid



Feuerstätte:

Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlenbrikett Polen

Stickstoffoxide

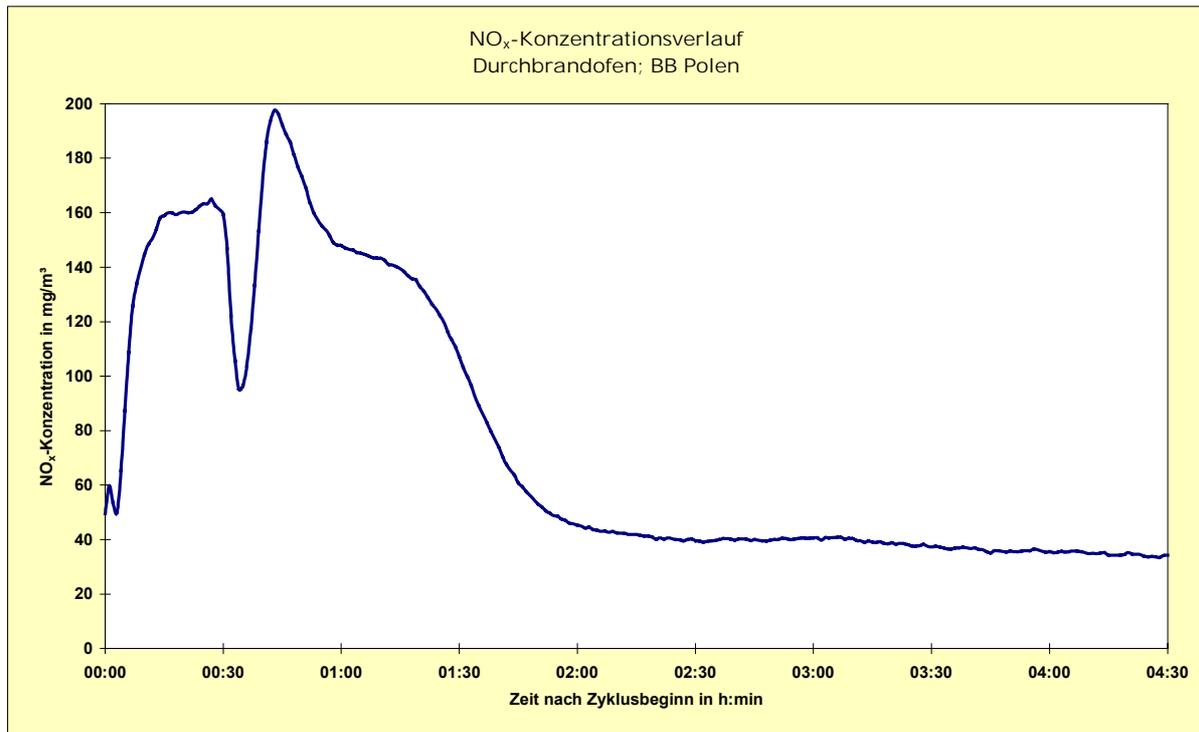
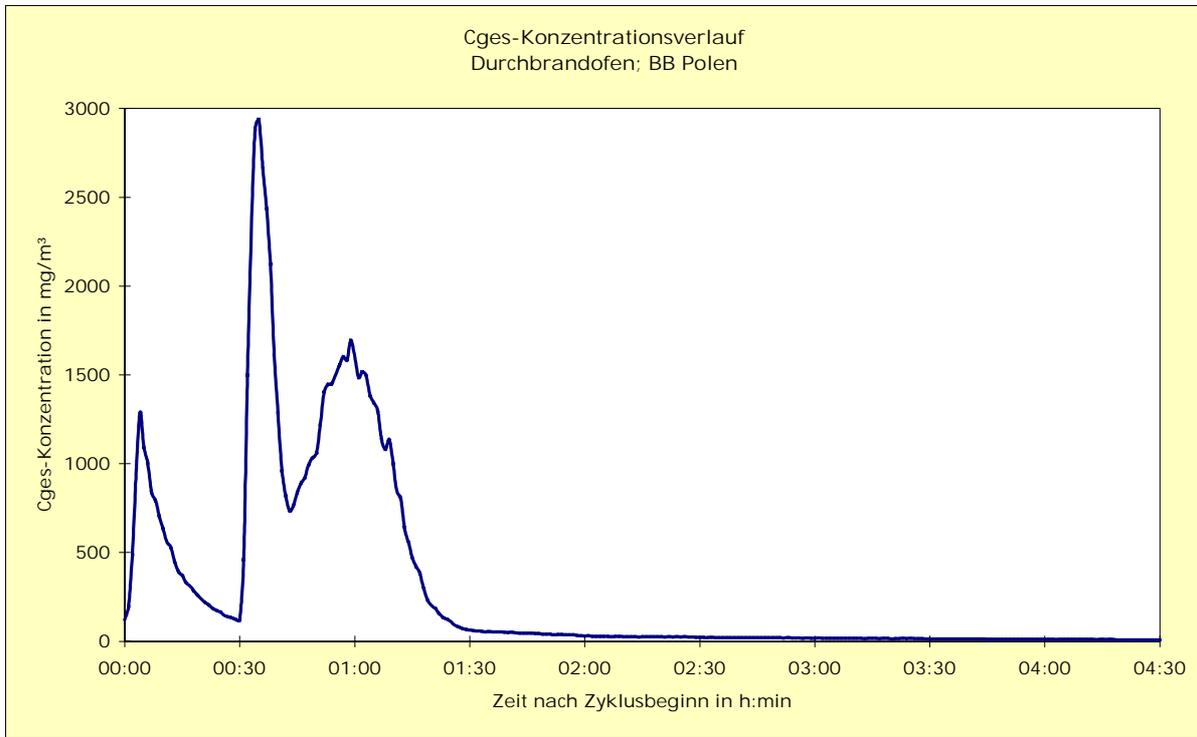


Abbildung 1-12 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Polen - Brikett

Feuerstätte:  
Brennstoff:  
Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen  
Braunkohlenbrikett Polen  
Gesamtkohlenstoff



Feuerstätte:  
Brennstoff:  
Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen  
Braunkohlenbrikett Polen  
Kohlenmonoxid

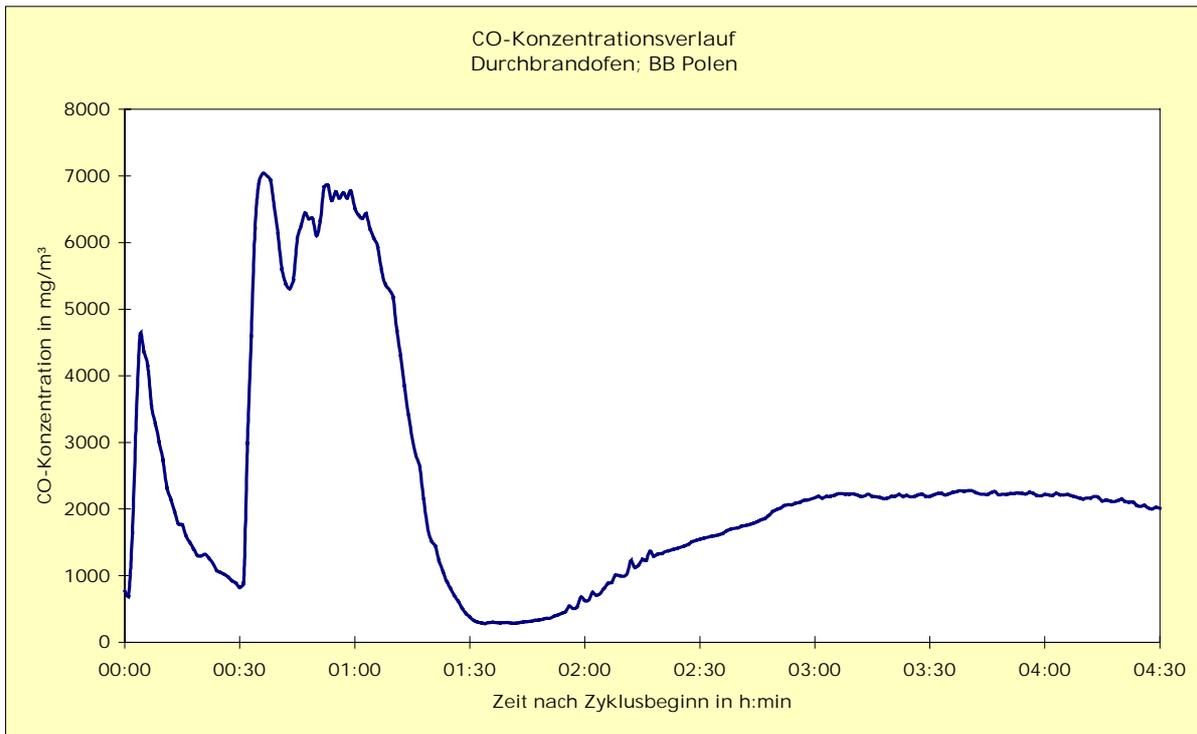


Abbildung 1-12 : Mittlere Konzentrationsverläufe, Polen - Brikett

Feuerstätte:

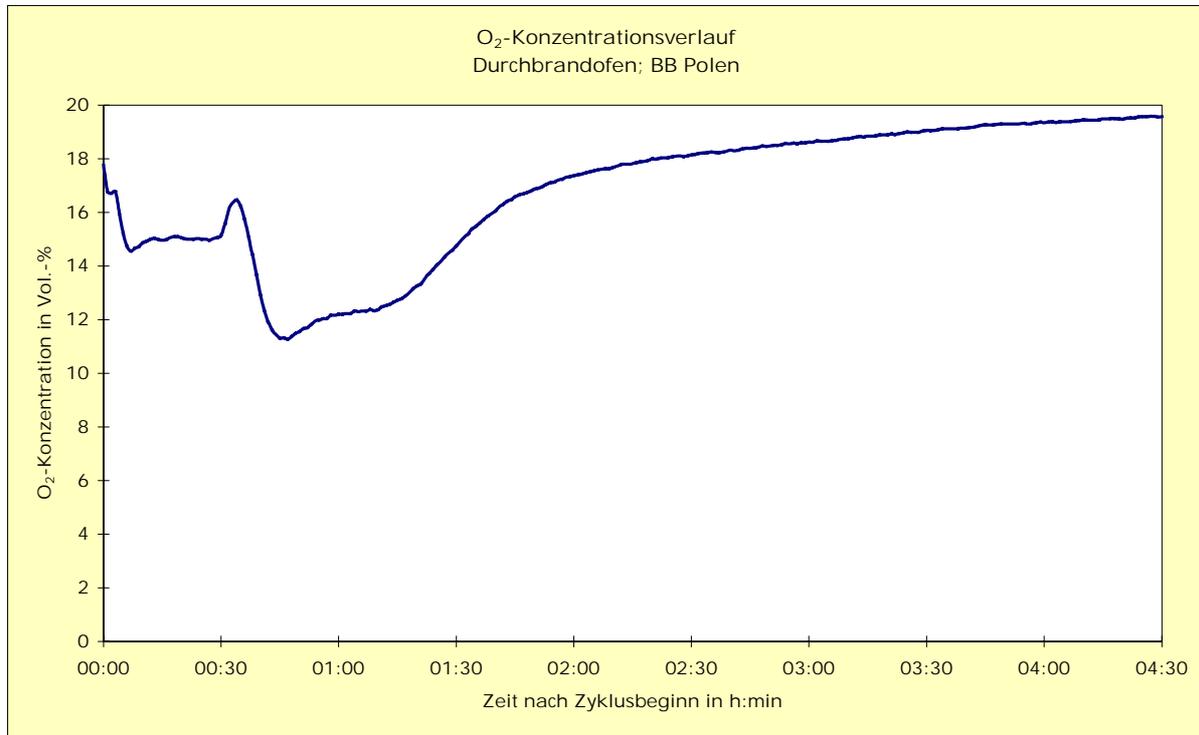
Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlebrikett Polen

Sauerstoff



Feuerstätte:

Brennstoff:

Mittlerer Konzentrationsverlauf:

Durchbrandofen

Braunkohlebrikett Polen

Kohlendioxid

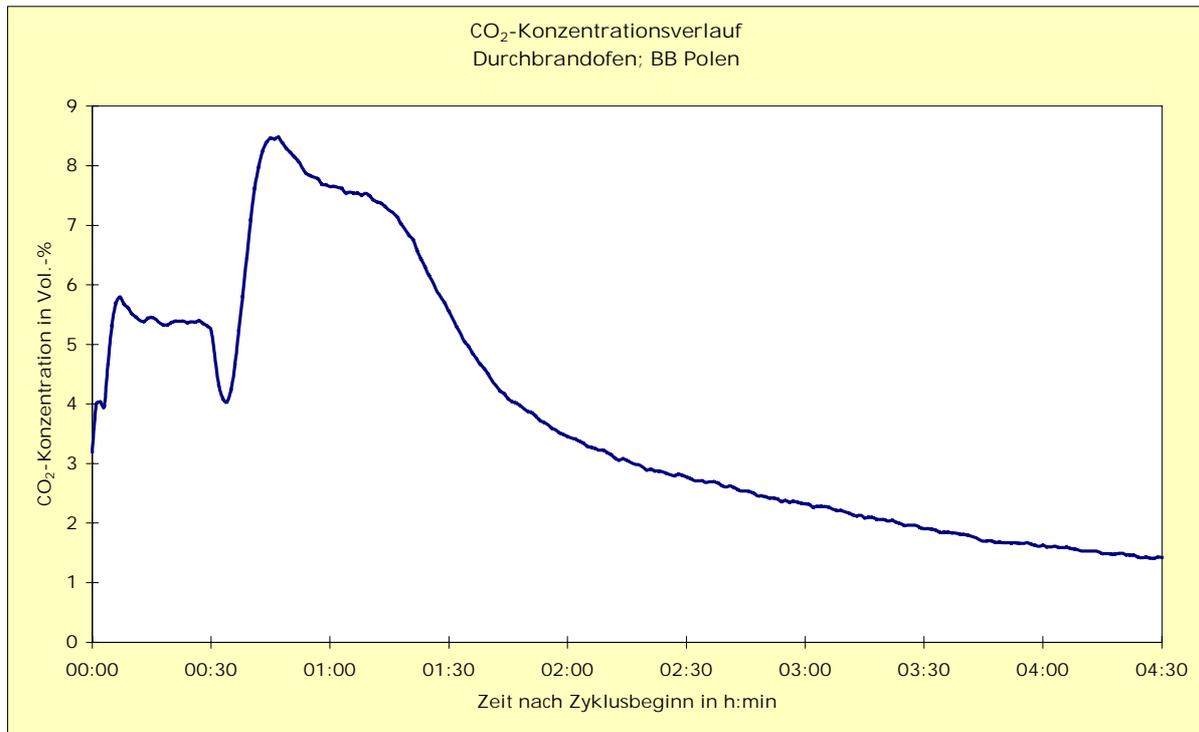


Abbildung 2-1 : Mittlere Konzentrationsverläufe Kachelofenluftheizung - Brikett

Feuerstätte:

Mittlere Konzentrationsverläufe:

Kachelofenluftheizung

Schwefeldioxid

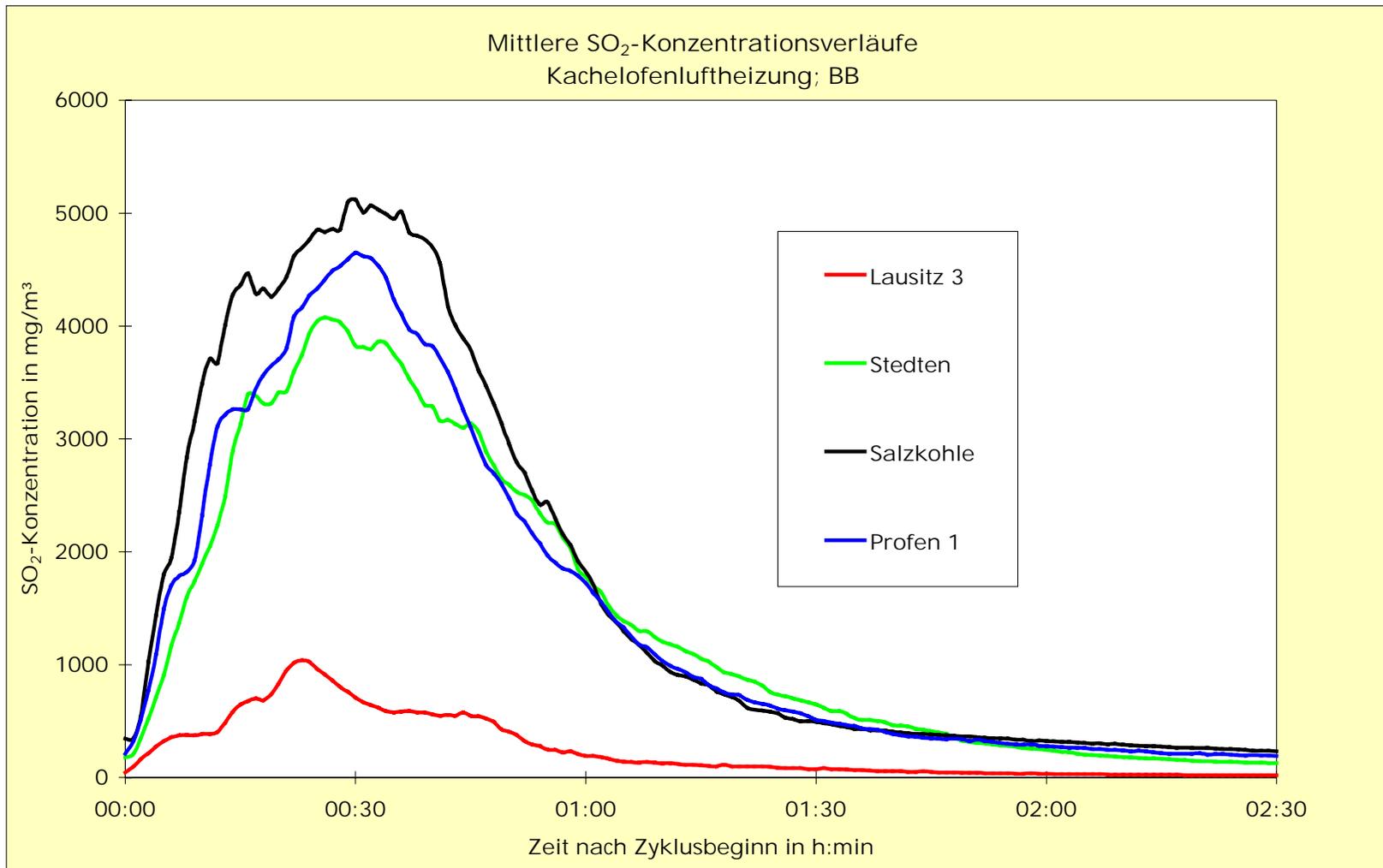


Abbildung 2-1 : Mittlere Konzentrationsverläufe Kachelofenluftheizung - Brikett

Feuerstätte:  
Mittlere Konzentrationsverläufe:

Kachelofenluftheizung  
Stickstoffoxide

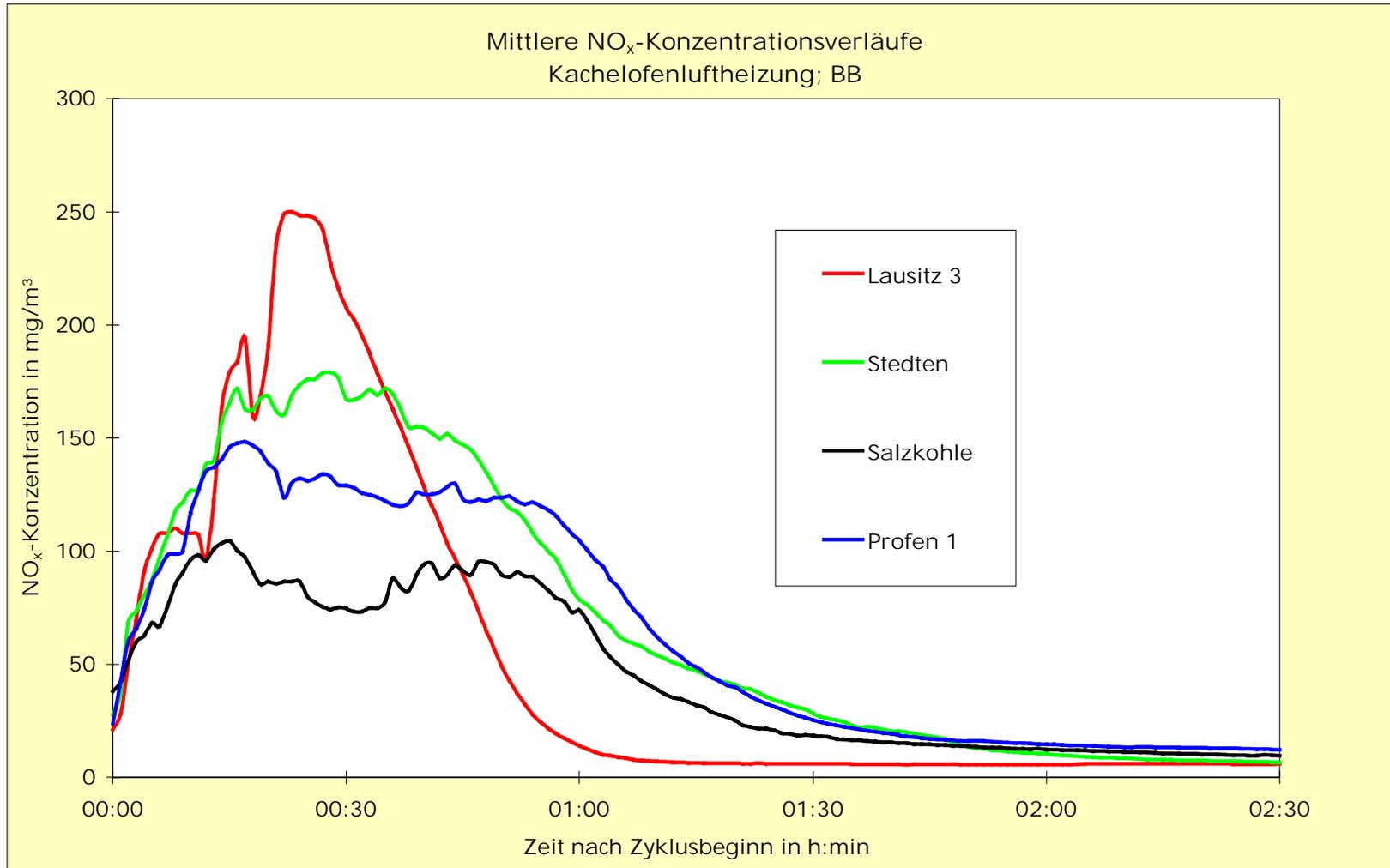


Abbildung 2-1 : Mittlere Konzentrationsverläufe Kachelofenluftheizung - Brikett

Feuerstätte:

Mittlere Konzentrationsverläufe:

Kachelofenluftheizung

Gesamtkohlenstoff

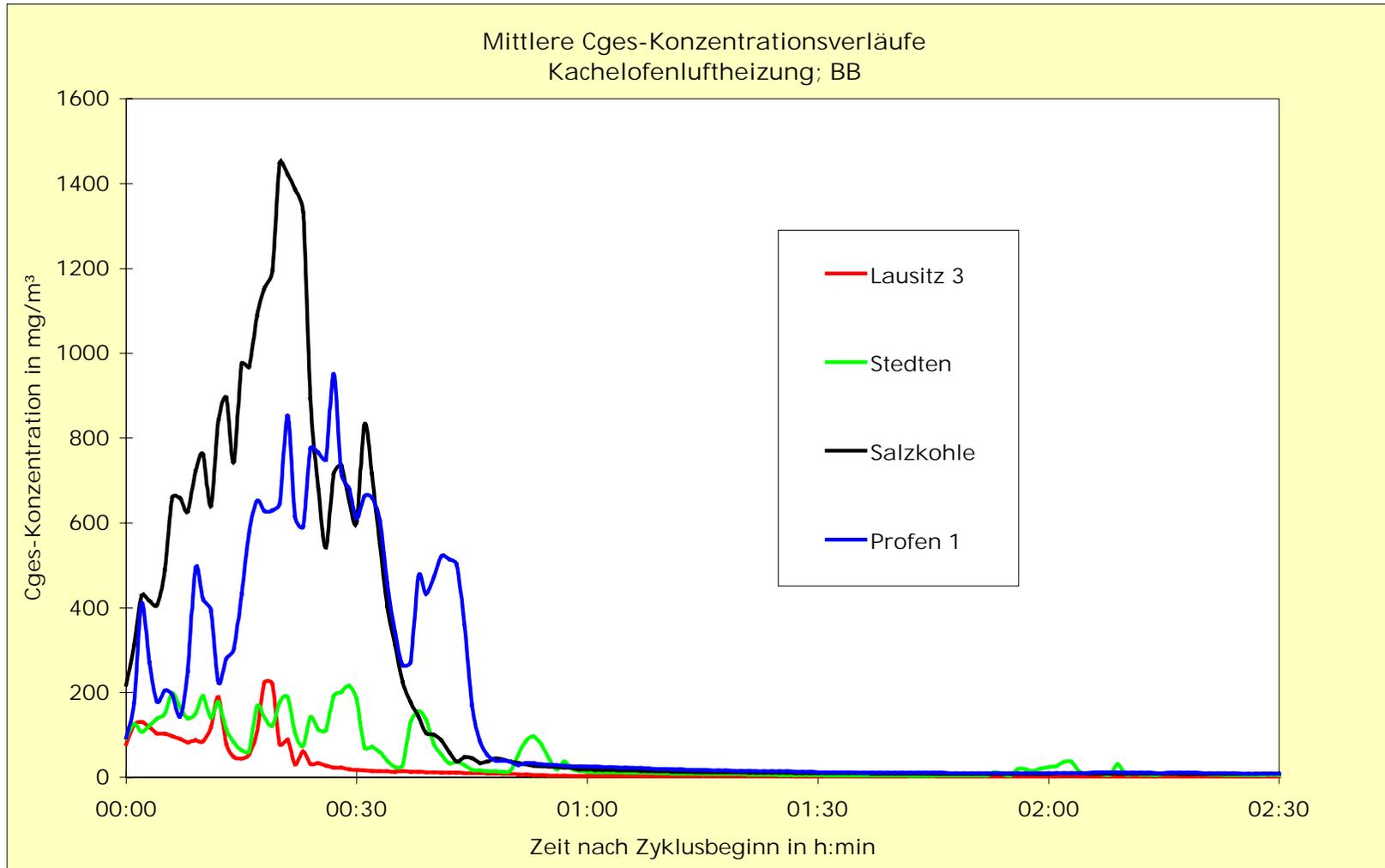


Abbildung 2-1 : Mittlere Konzentrationsverläufe Kachelofenluftheizung - Brikett

Feuerstätte:

Mittlere Konzentrationsverläufe:

Kachelofenluftheizung

Kohlenmonoxid

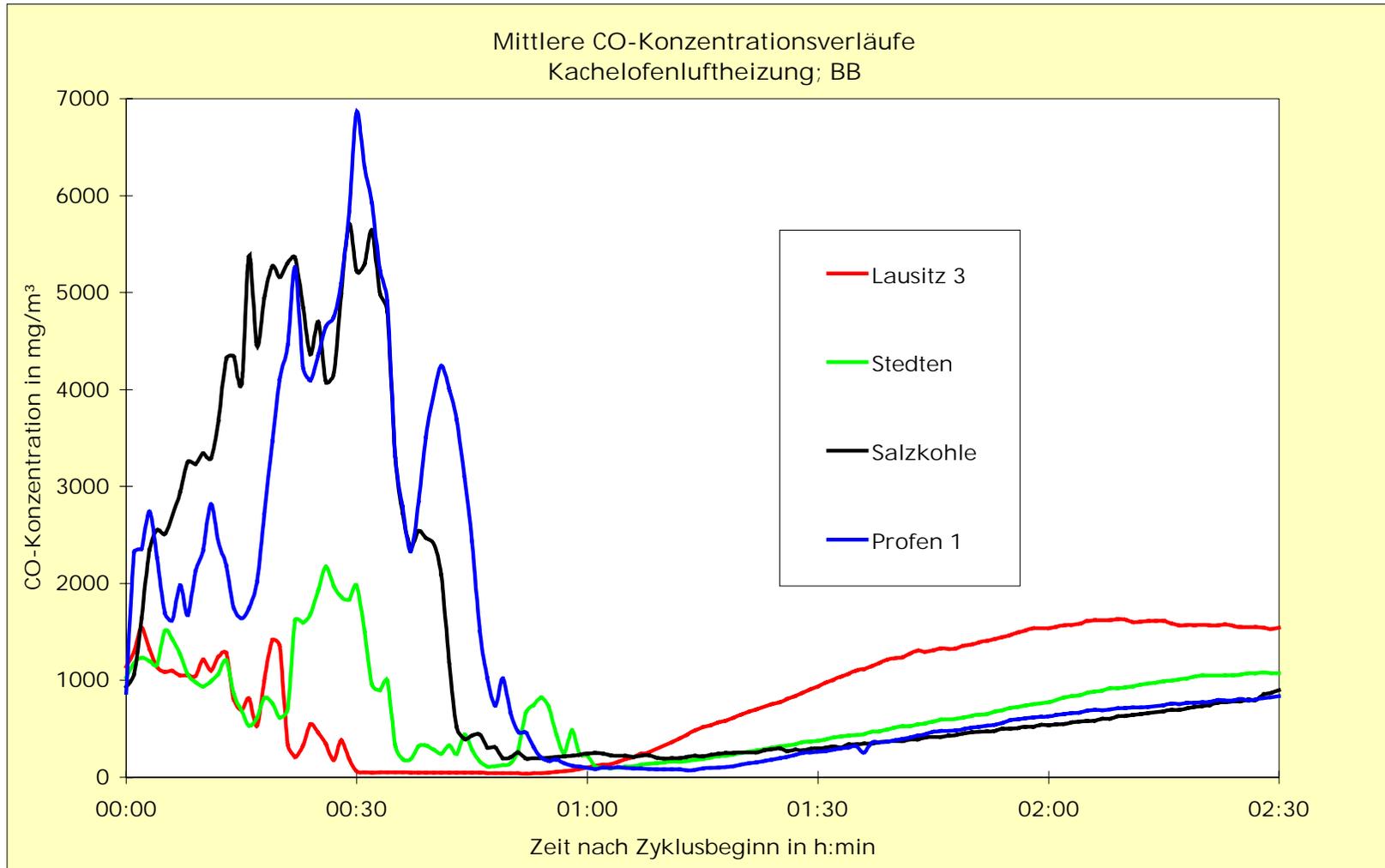


Abbildung 2-1 : Mittlere Konzentrationsverläufe Kachelofenluftheizung - Brikett

Feuerstätte:

Mittlere Konzentrationsverläufe:

Kachelofenluftheizung

Sauerstoff

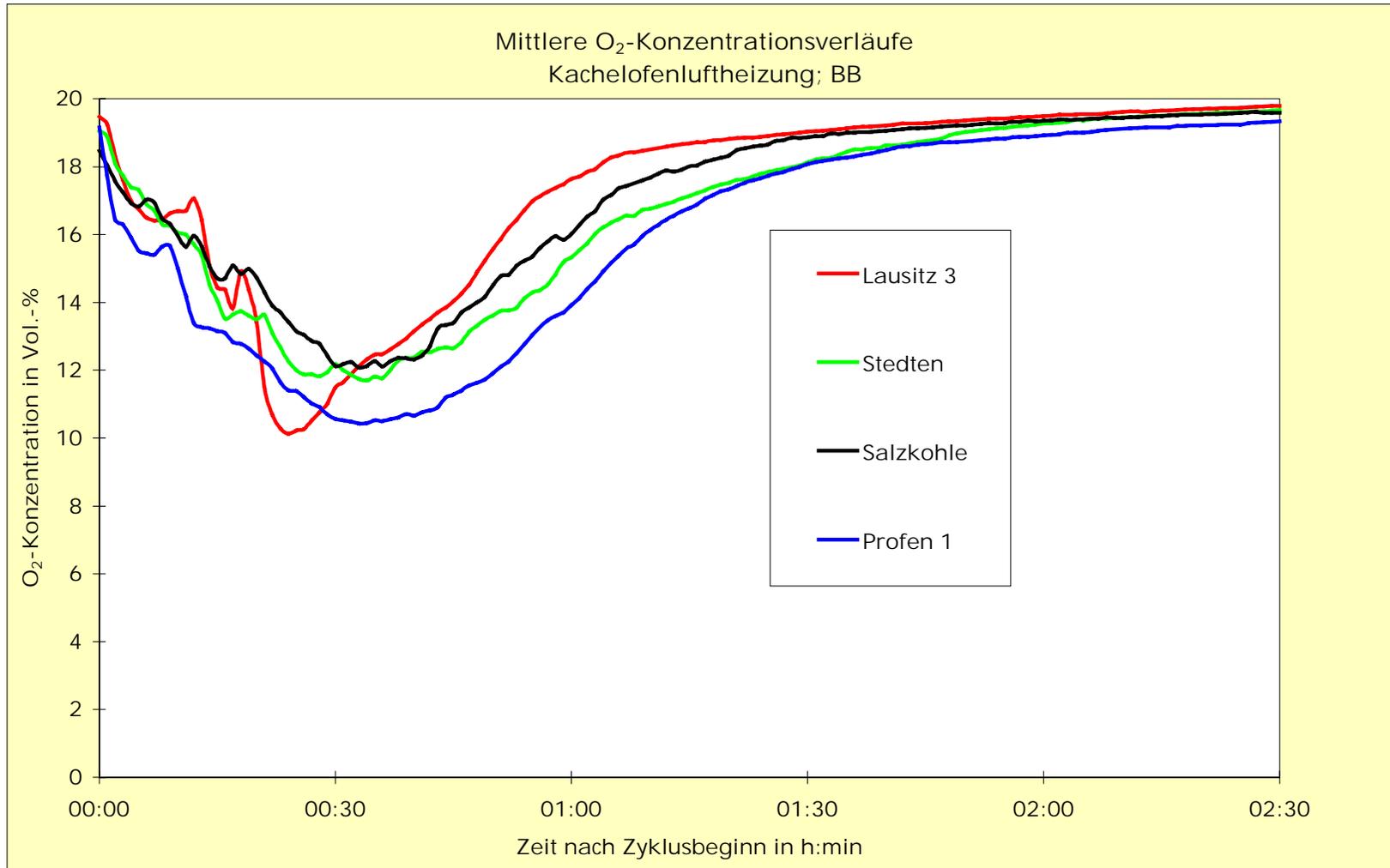


Abbildung 2-1 : Mittlere Konzentrationsverläufe Kachelofenluftheizung - Brikett

Feuerstätte:

Mittlere Konzentrationsverläufe:

Kachelofenluftheizung

Kohlendioxid

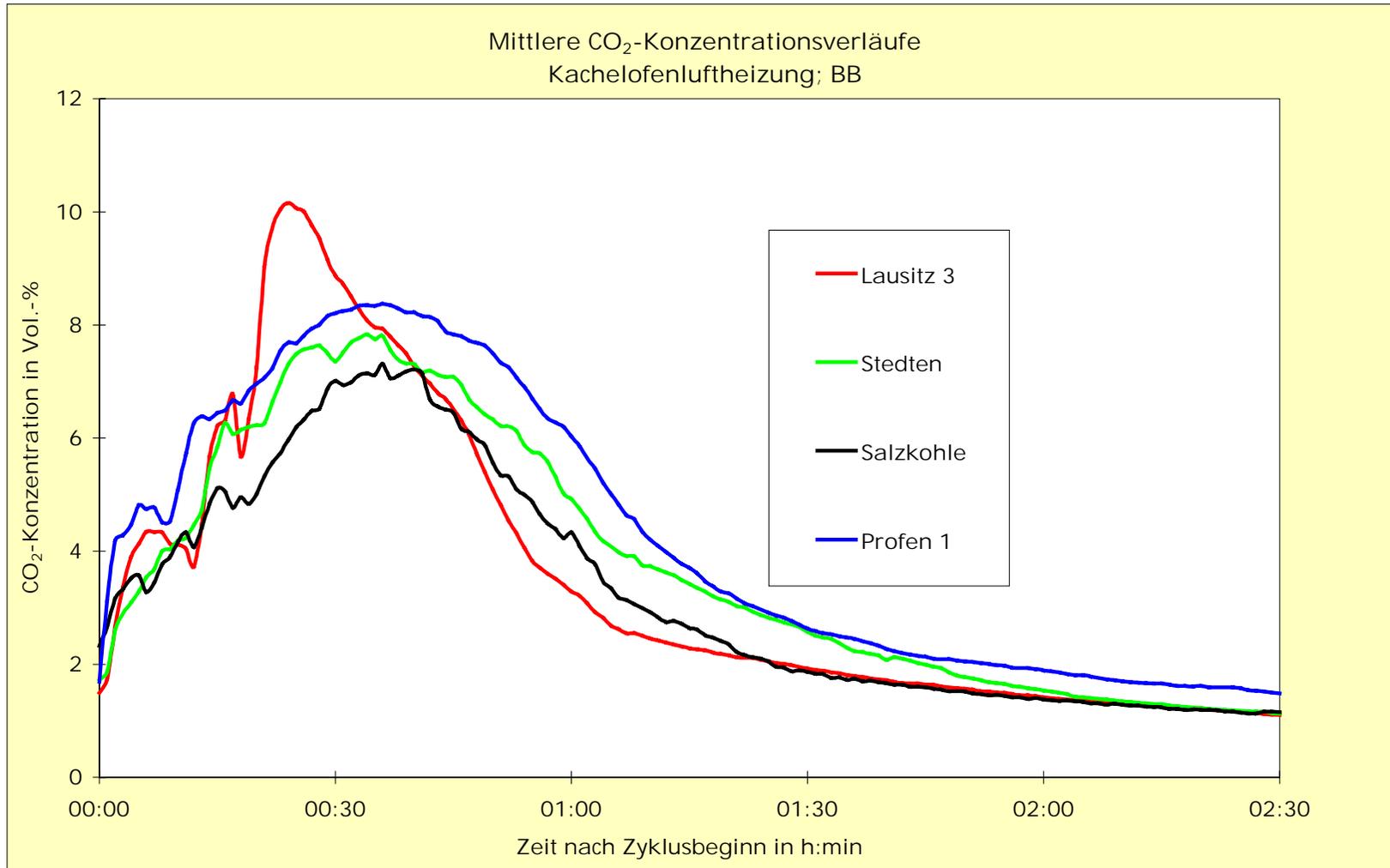




Abbildung 2-2 : Mittlere Konzentrationsverläufe Durchbrandofen - Brikett

Feuerstätte:

Mittlere Konzentrationsverläufe:

Durchbrandofen  
Schwefeldioxid

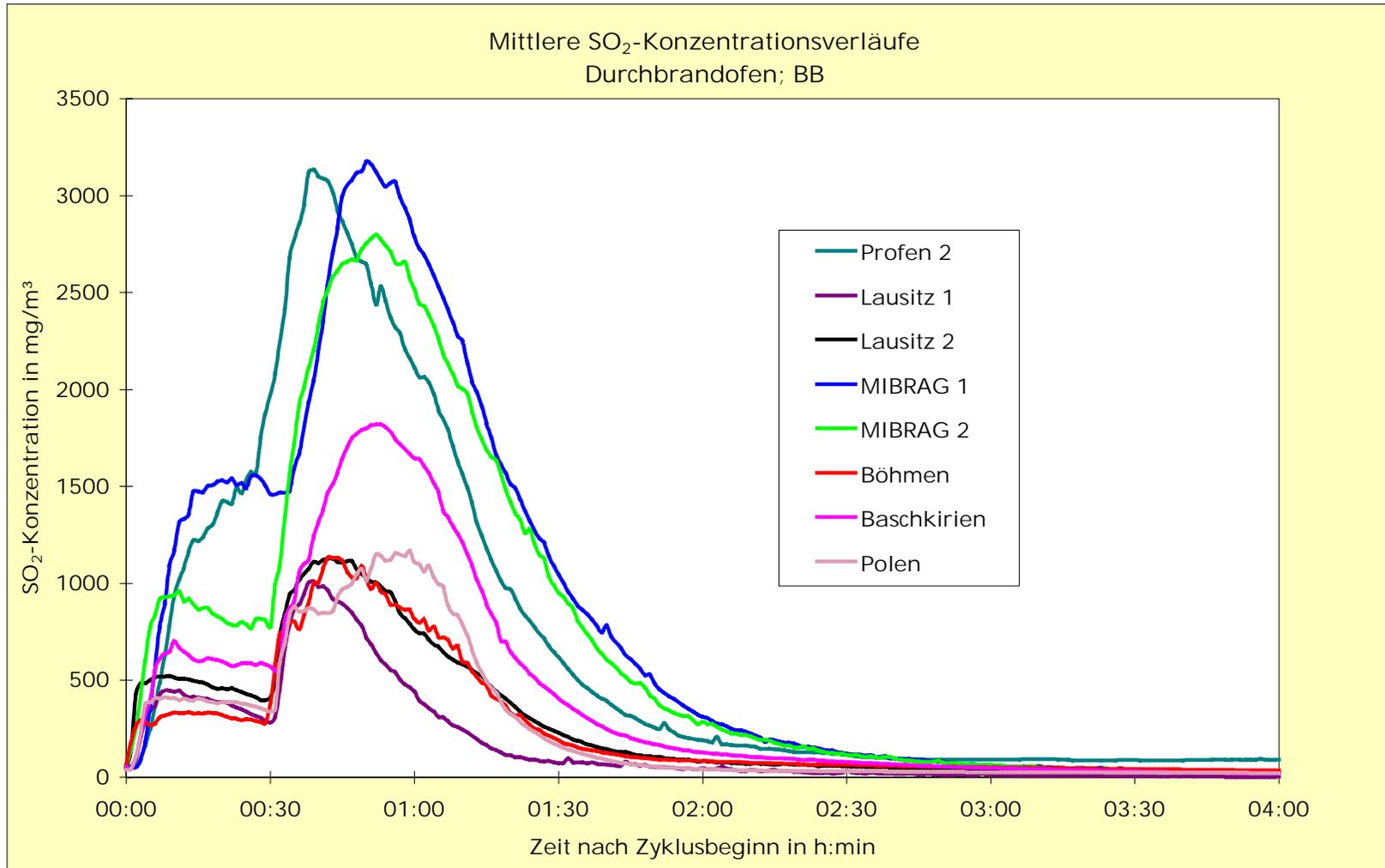


Abbildung 2-2 : Mittlere Konzentrationsverläufe Durchbrandofen - Brikett

Feuerstätte:

Mittlere Konzentrationsverläufe:

Durchbrandofen

Stickstoffoxide

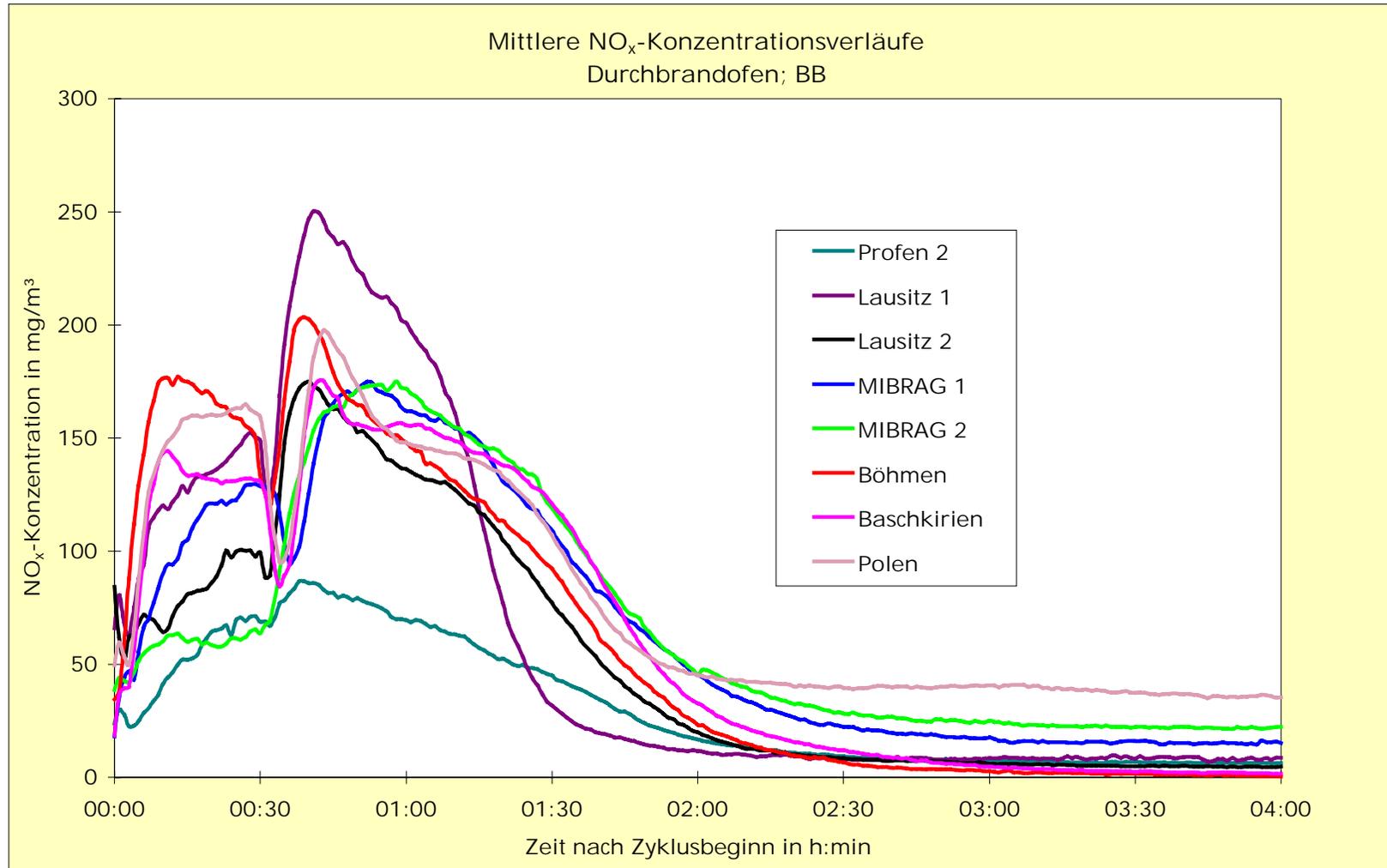


Abbildung 2-2 : Mittlere Konzentrationsverläufe Durchbrandofen - Brikett

Feuerstätte:

Mittlere Konzentrationsverläufe:

Durchbrandofen  
Gesamtkohlenstoff

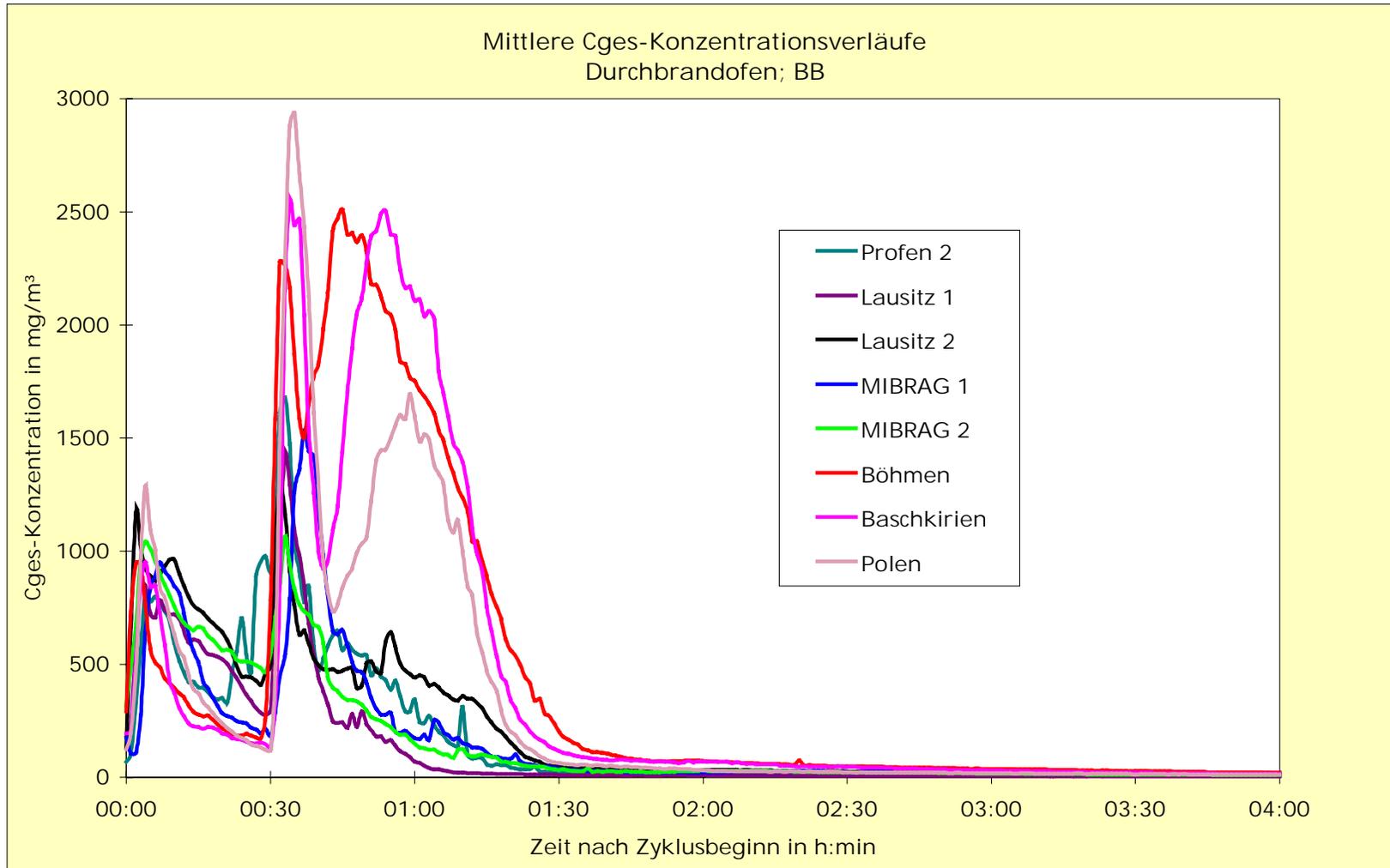


Abbildung 2-2 : Mittlere Konzentrationsverläufe Durchbrandofen - Brikett

Feuerstätte:

Durchbrandofen

Mittlere Konzentrationsverläufe:

Kohlenmonoxid

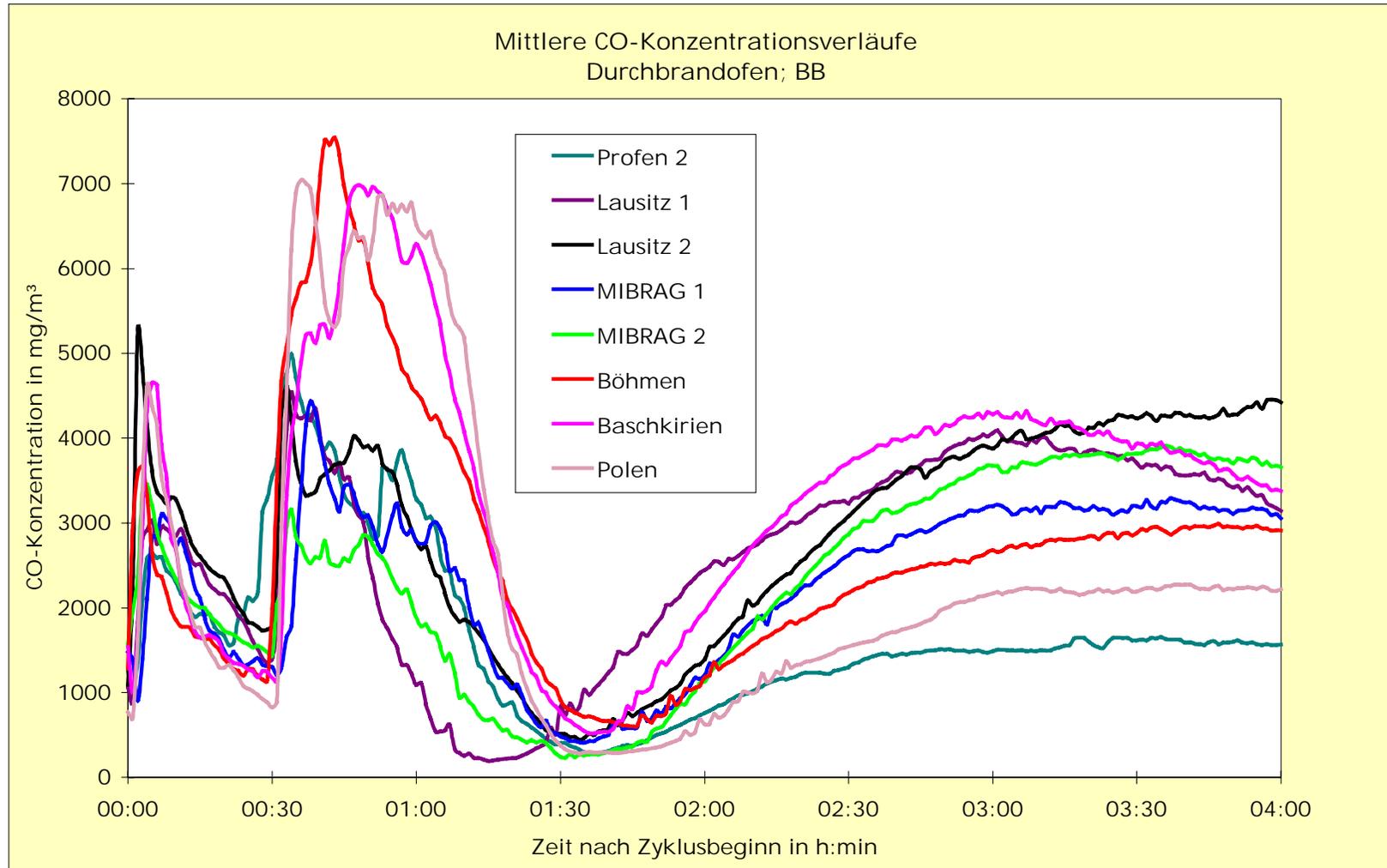


Abbildung 2-2 : Mittlere Konzentrationsverläufe Durchbrandofen - Brikett

Feuerstätte:

Durchbrandofen

Mittlere Konzentrationsverläufe:

Sauerstoff

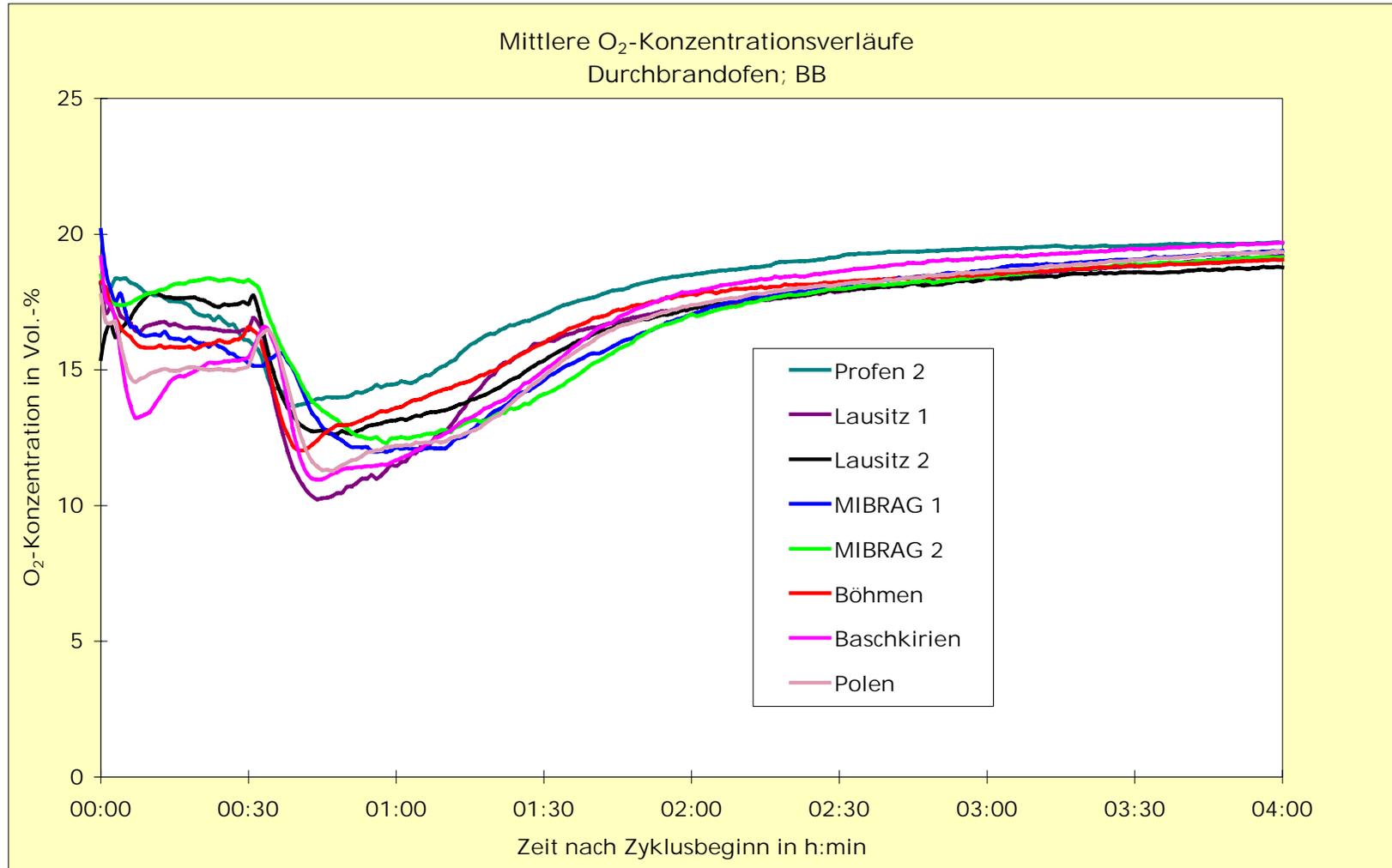


Abbildung 2-2 : Mittlere Konzentrationsverläufe Durchbrandofen - Brikett

Feuerstätte:

Mittlere Konzentrationsverläufe:

Durchbrandofen  
Kohlendioxid

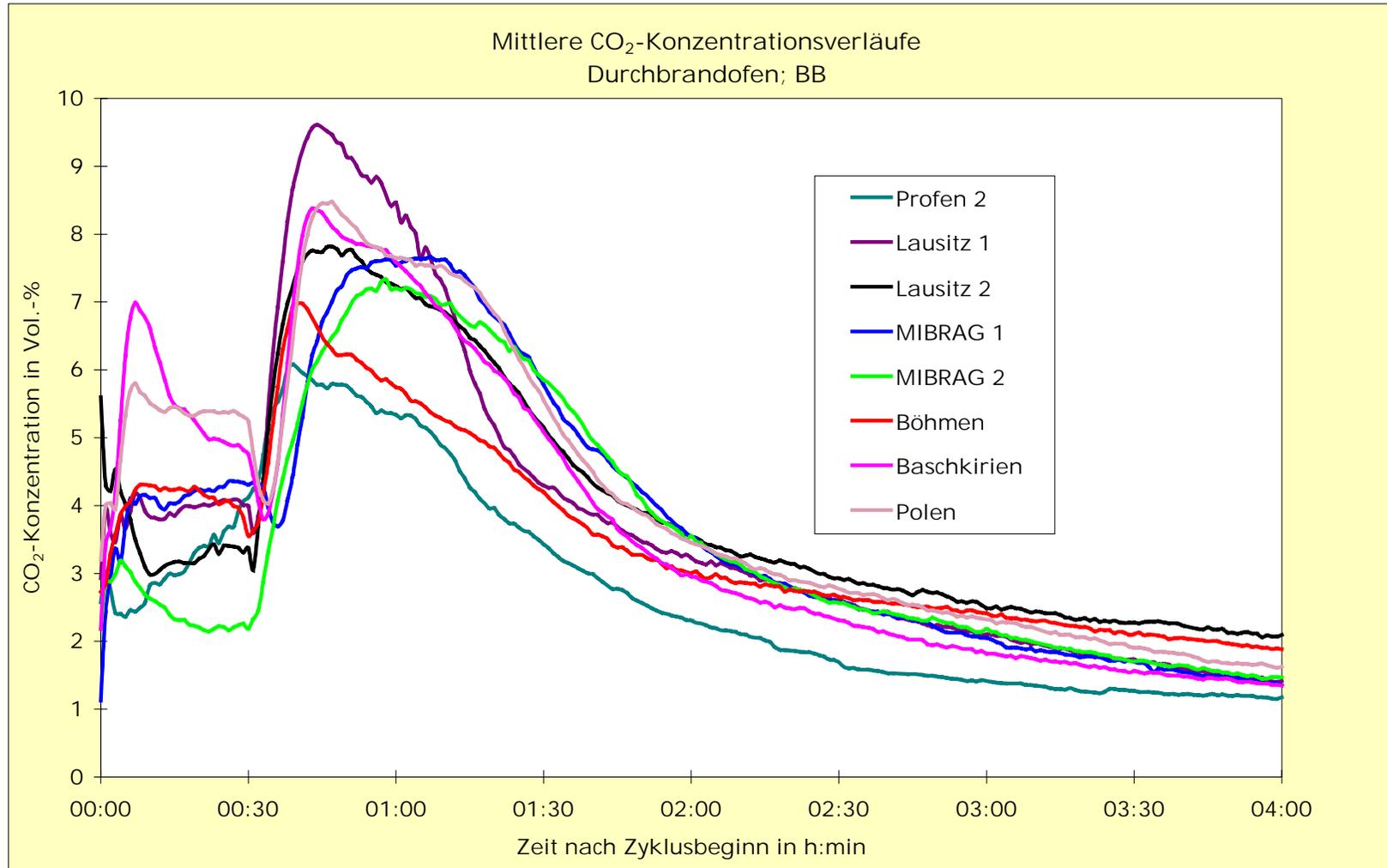


Abbildung 2-3 : Mittlere Abgastemperaturverläufe Kachelofenluftheizung - Brikett

Feuerstätte:

Kachelofenluftheizung

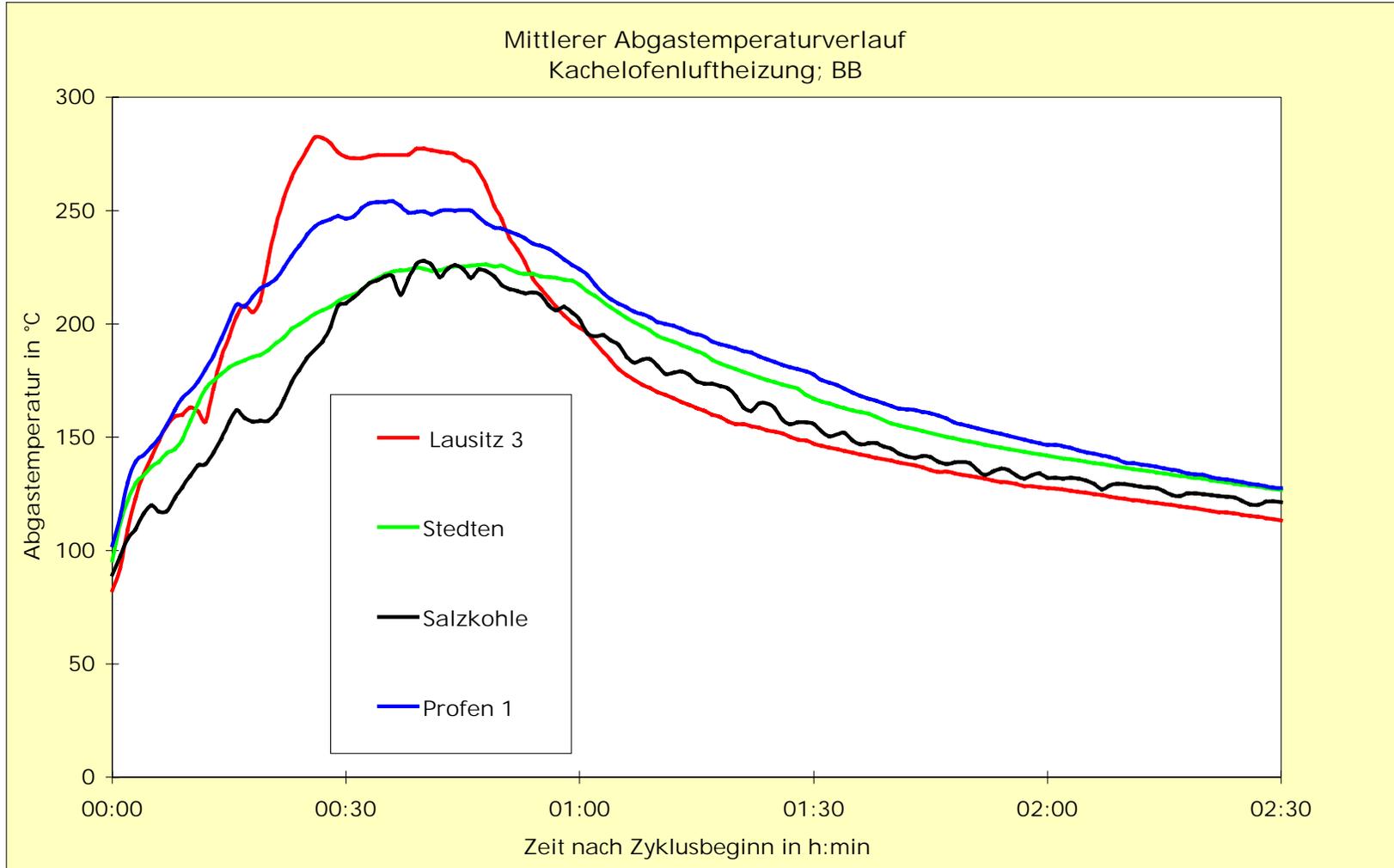


Abbildung 24 : Mittlere Abgastemperaturverläufe Durchbrandofen - Brikett

Feuerstätte:

Durchbrandofen

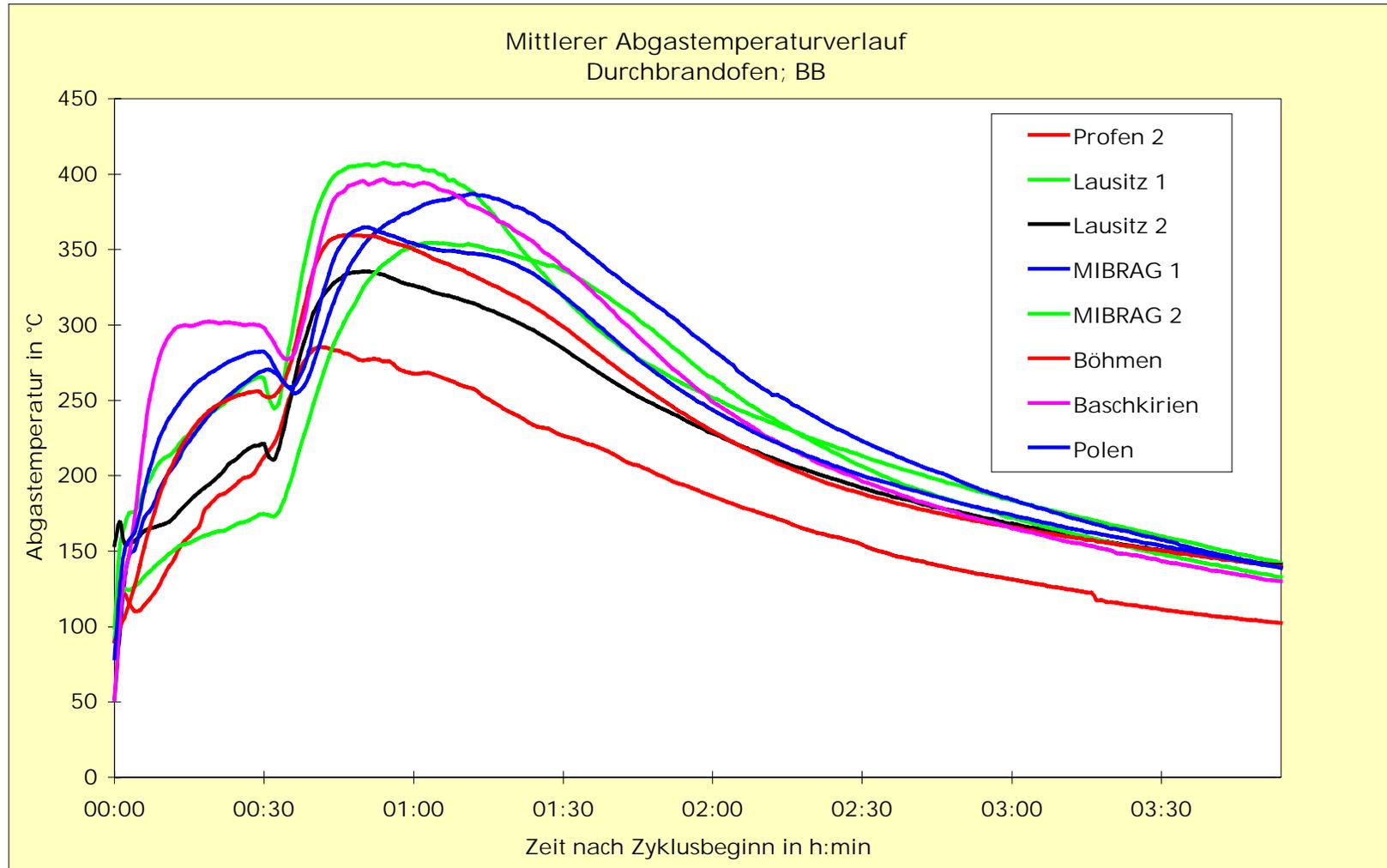


Abbildung 3-1 : Mittlere Konzentrationsverläufe (bez. auf 17% O<sub>2</sub>) Kachelofenluftheizung - Brikett

Feuerstätte:

Kachelofenluftheizung

Mittlere Konzentrationsverläufe:

Schwefeldioxid

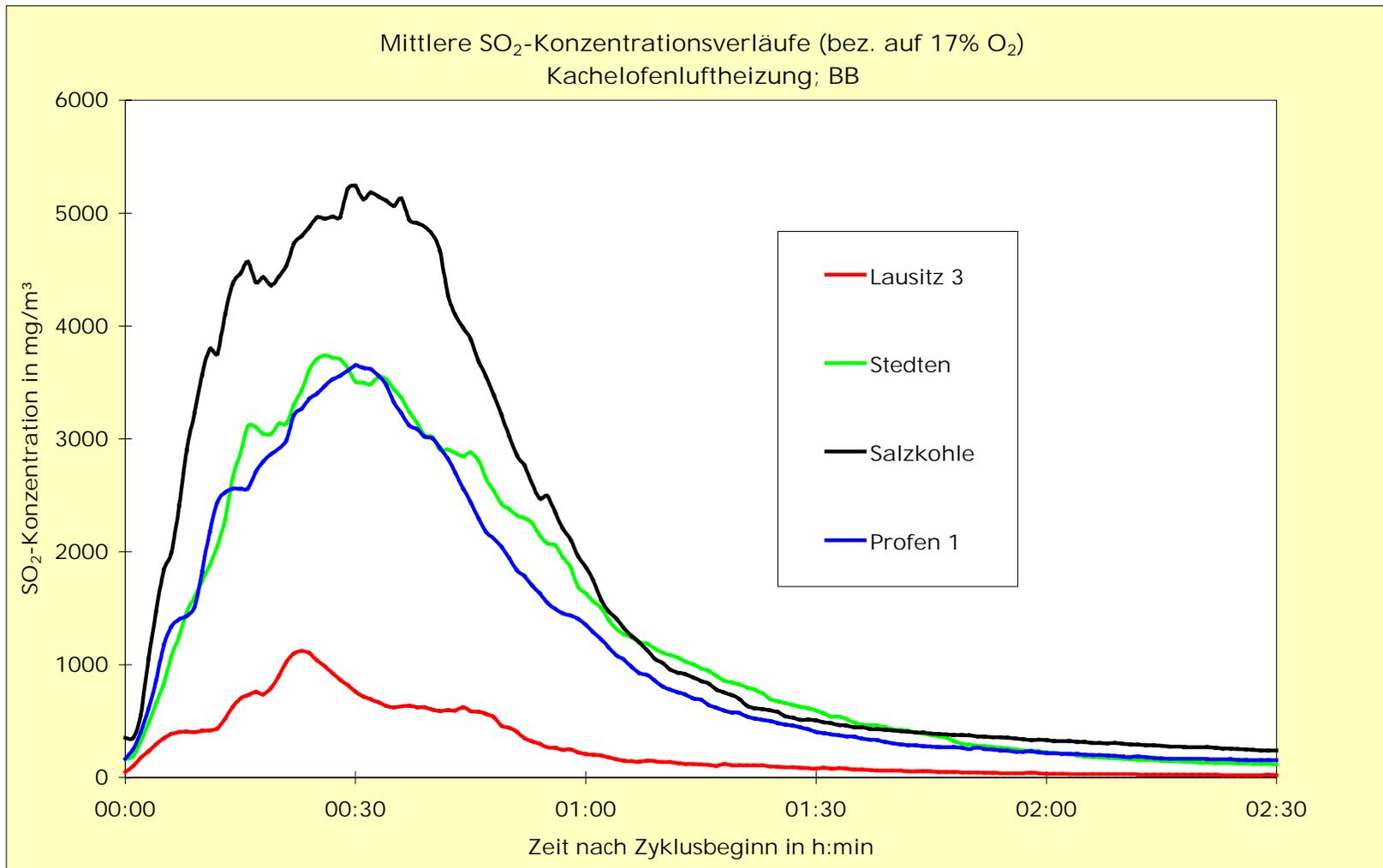


Abbildung 3-1 : Mittlere Konzentrationsverläufe (bez. auf 17% O<sub>2</sub>) Kachelofenluftheizung - Brikett

Feuerstätte:

Kachelofenluftheizung

Mittlere Konzentrationsverläufe:

Stickstoffoxide

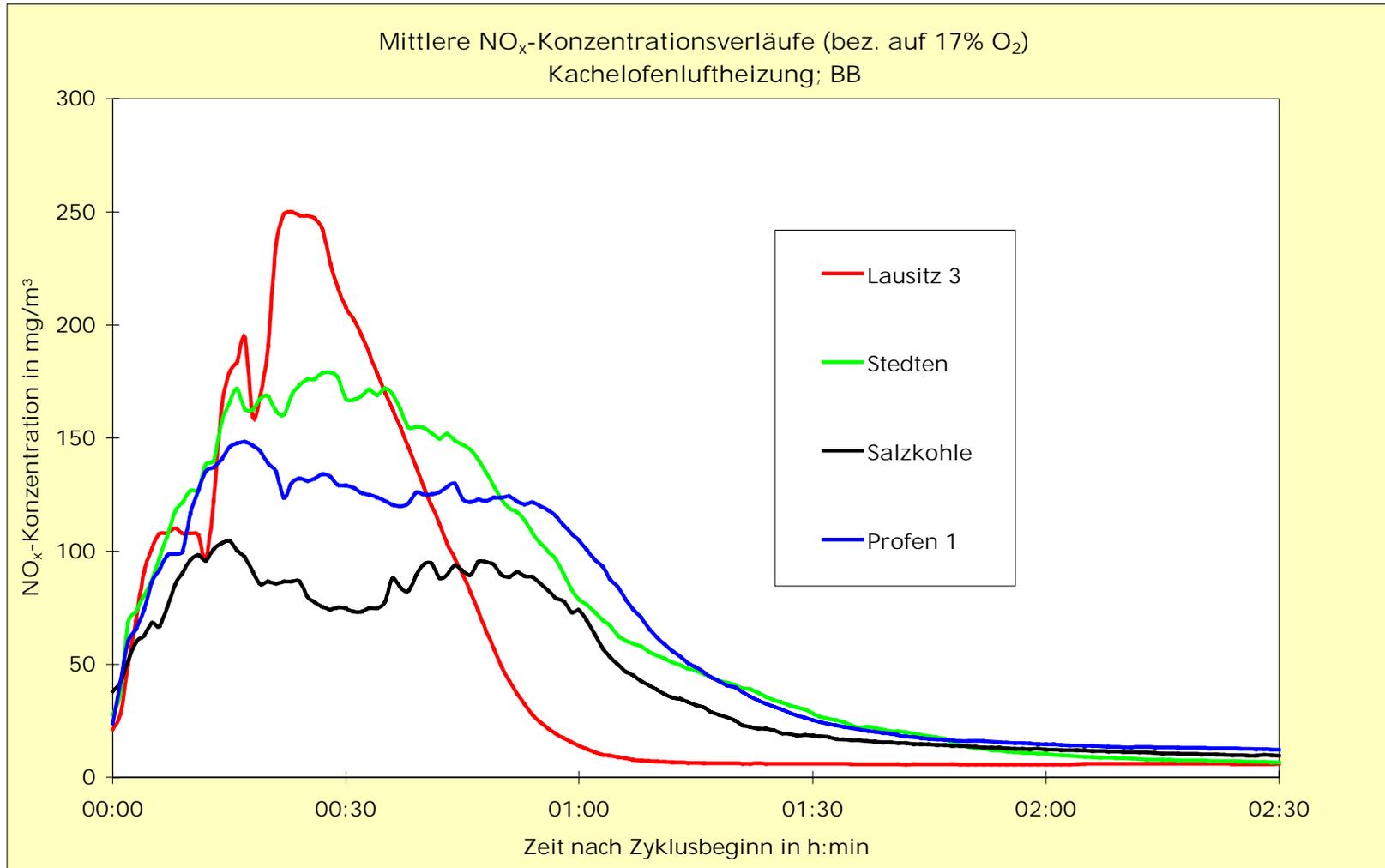


Abbildung 3-1 : Mittlere Konzentrationsverläufe (bez. auf 17% O<sub>2</sub>) Kachelofenluftheizung - Brikett

Feuerstätte:

Mittlere Konzentrationsverläufe:

Kachelofenluftheizung

Gesamtkohlenstoff

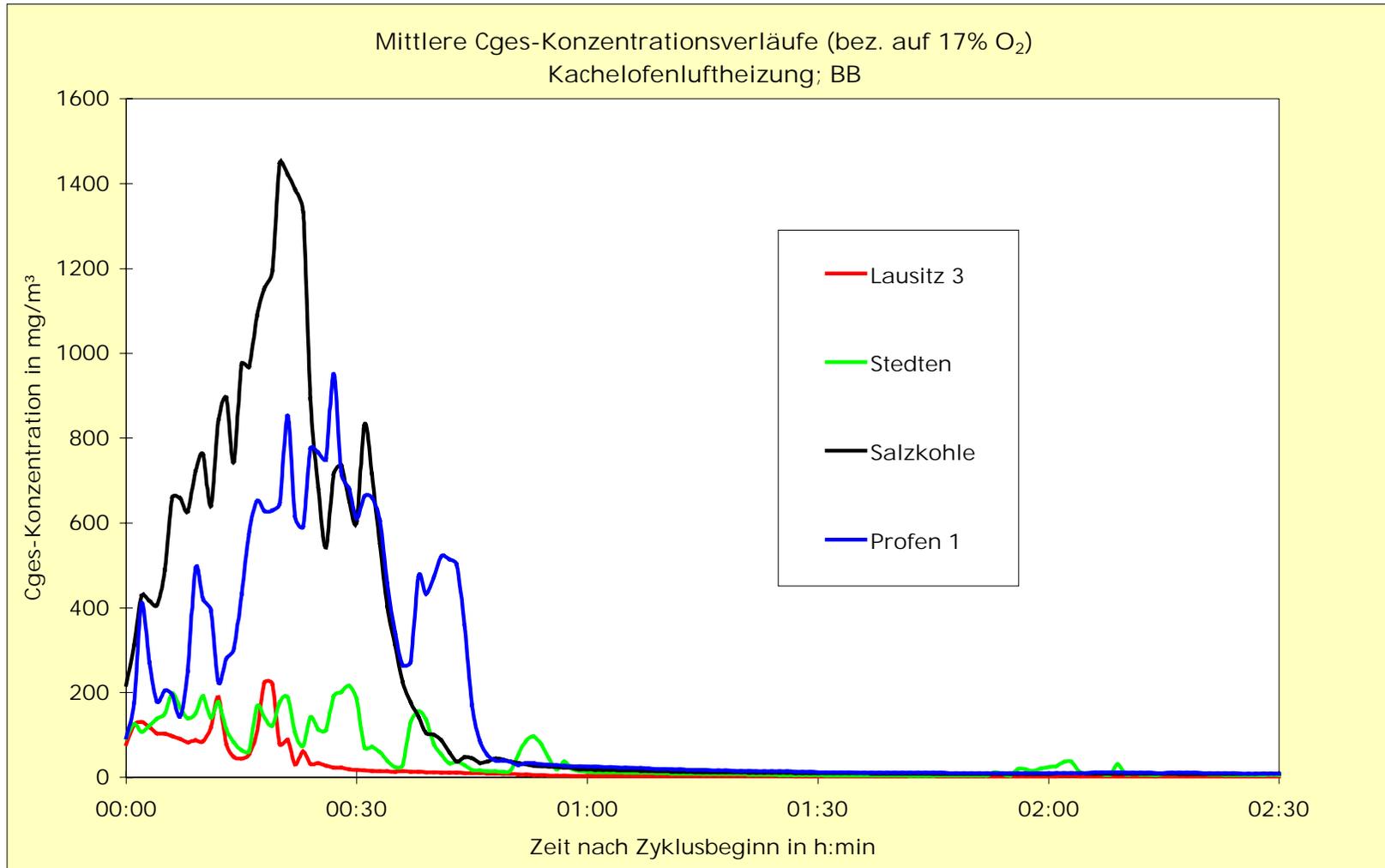


Abbildung 3-1 : Mittlere Konzentrationsverläufe (bez. auf 17% O<sub>2</sub>) Kachelofenlufttheizung - Brikett

Feuerstätte:

Kachelofenlufttheizung

Mittlere Konzentrationsverläufe:

Kohlenmonoxid

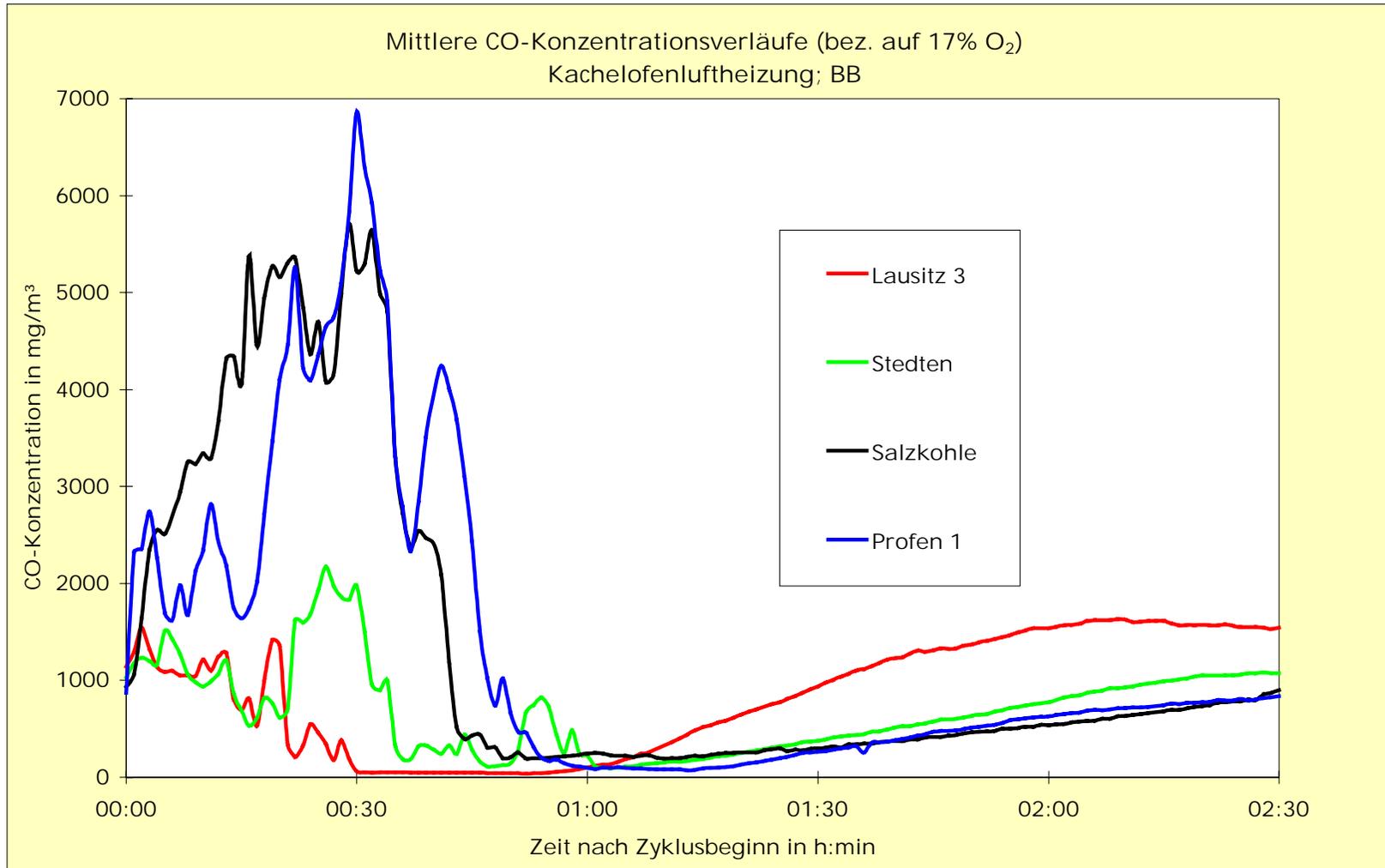


Abbildung 3-2 : Mittlere Konzentrationsverläufe (bez. auf 17% O<sub>2</sub>) Durchbrandofen - Brikett

Feuerstätte:

Mittlere Konzentrationsverläufe:

Durchbrandofen  
Schwefeldioxid

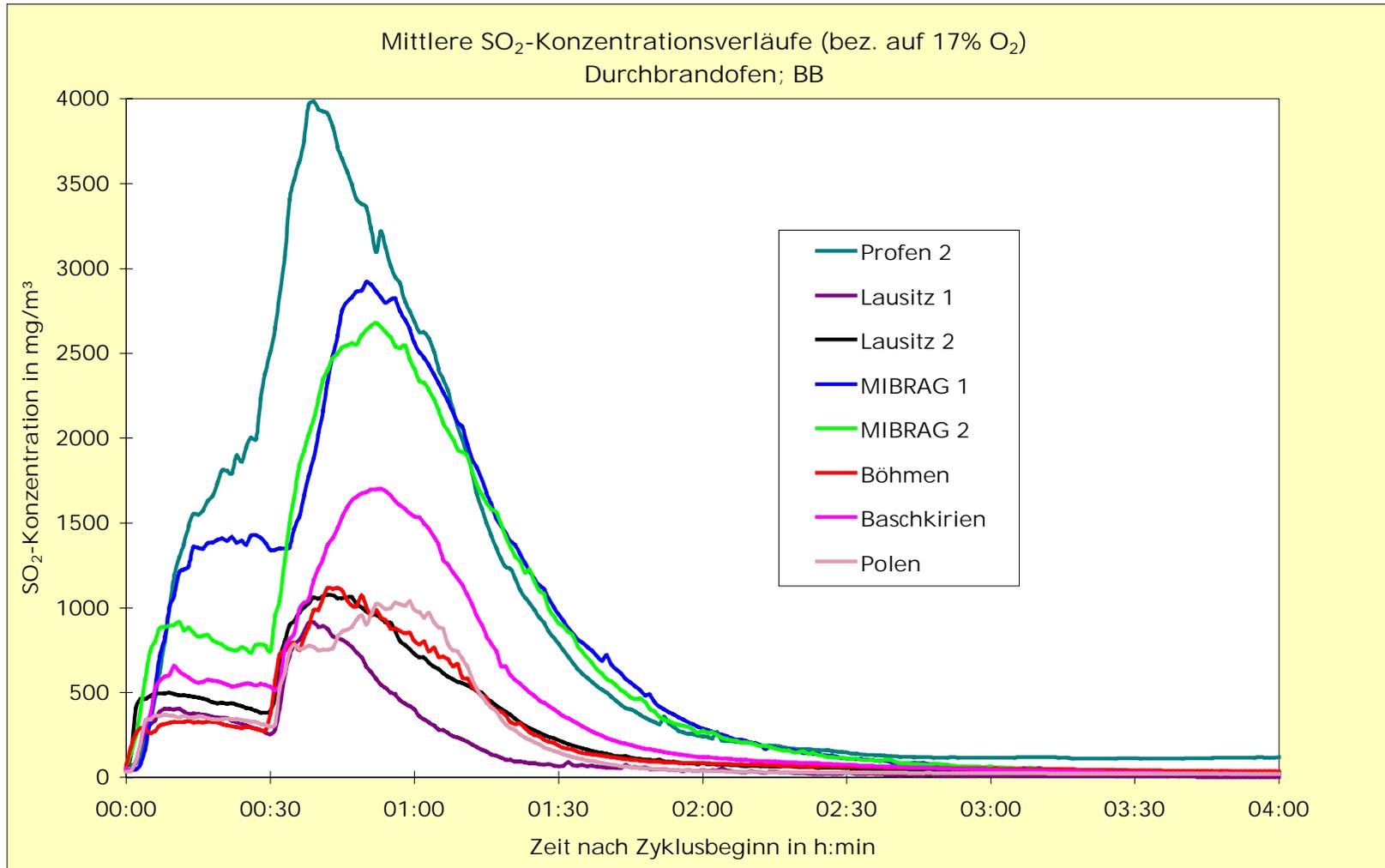


Abbildung 3-2 : Mittlere Konzentrationsverläufe (bez. auf 17% O<sub>2</sub>) Durchbrandofen - Brikett

Feuerstätte:

Mittlere Konzentrationsverläufe:

Durchbrandofen

Stickstoffoxide

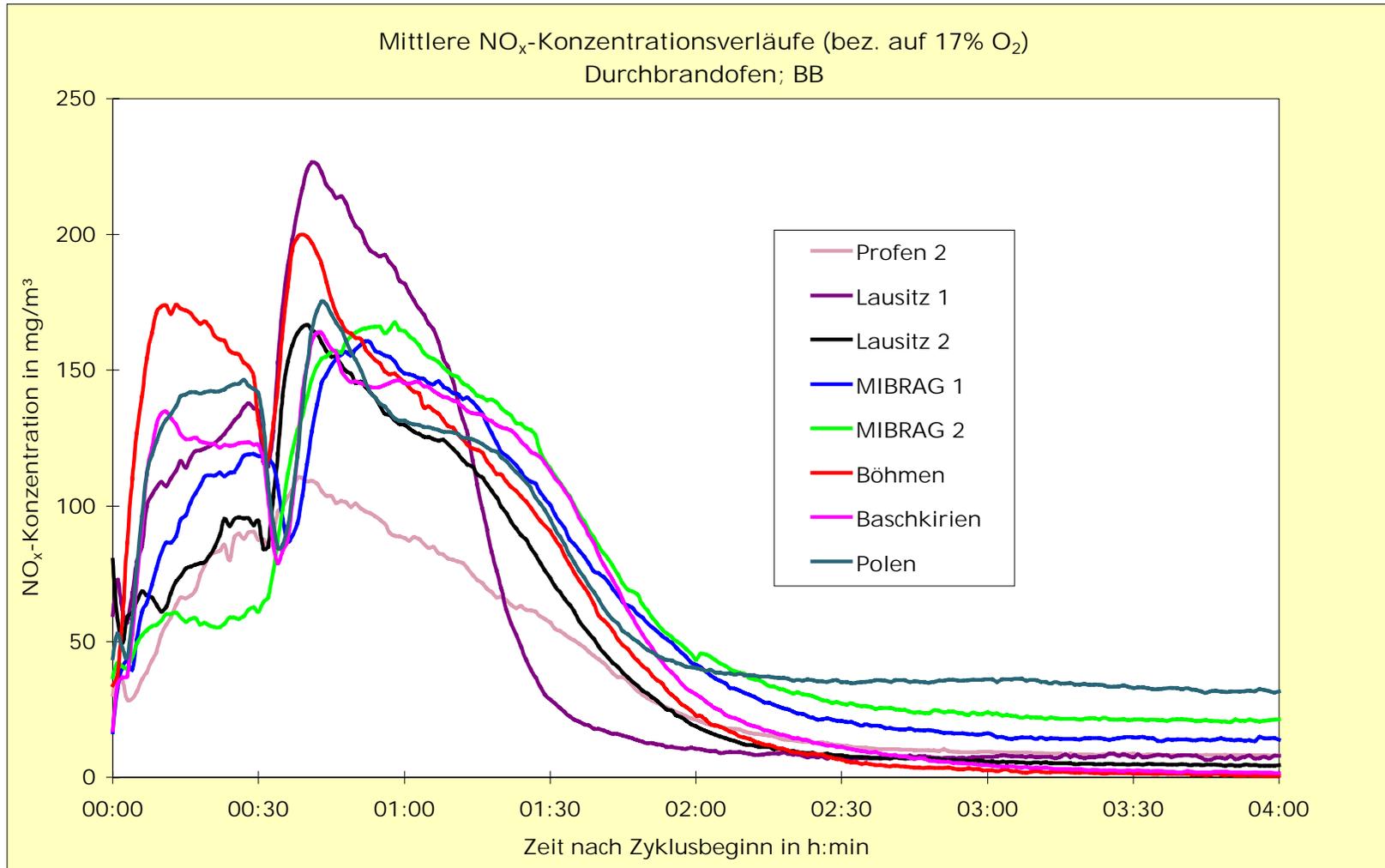


Abbildung 3-2 : Mittlere Konzentrationsverläufe (bez. auf 17% O<sub>2</sub>) Durchbrandofen - Brikett

Feuerstätte:

Mittlere Konzentrationsverläufe:

Durchbrandofen  
Gesamtkohlenstoff

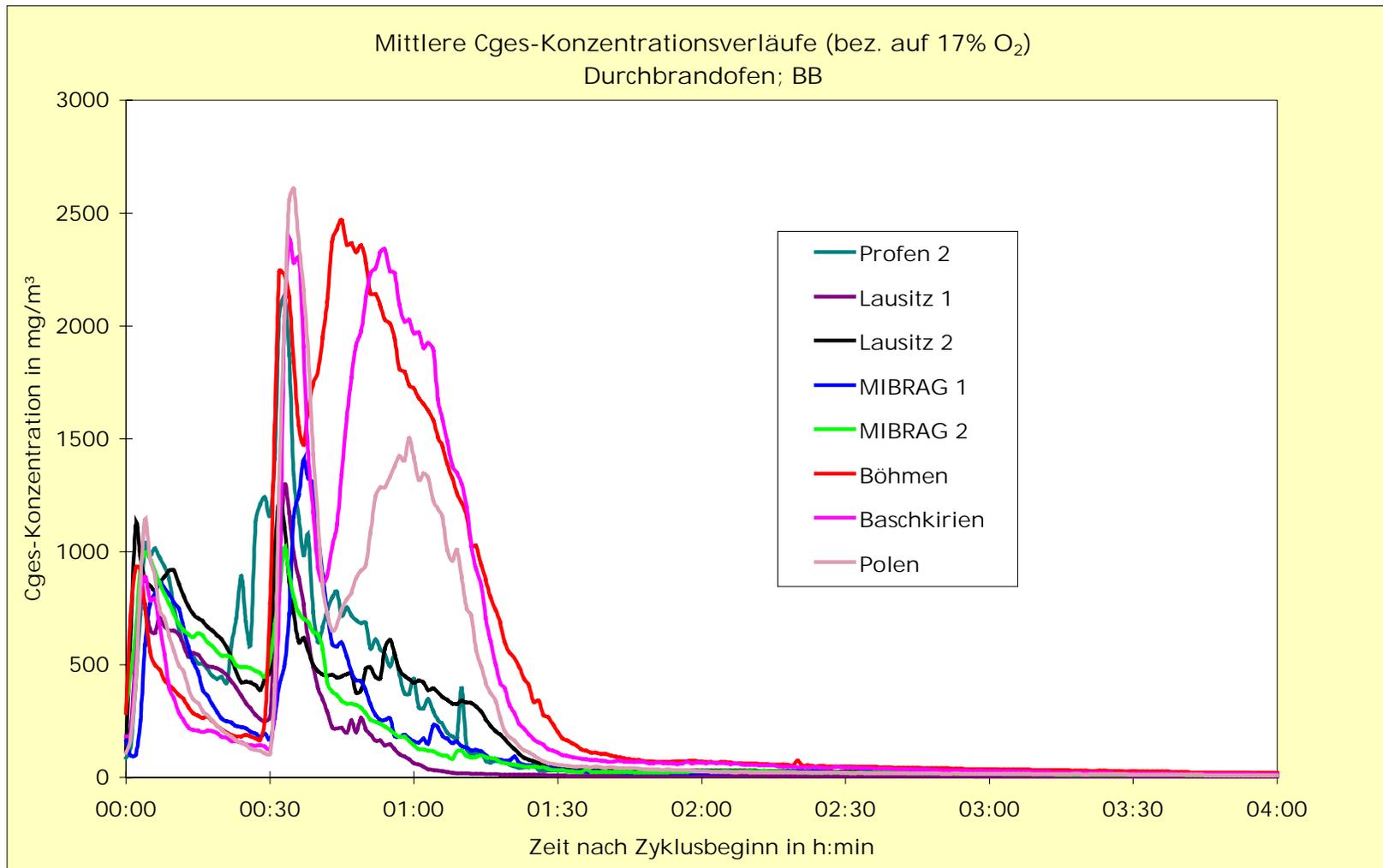
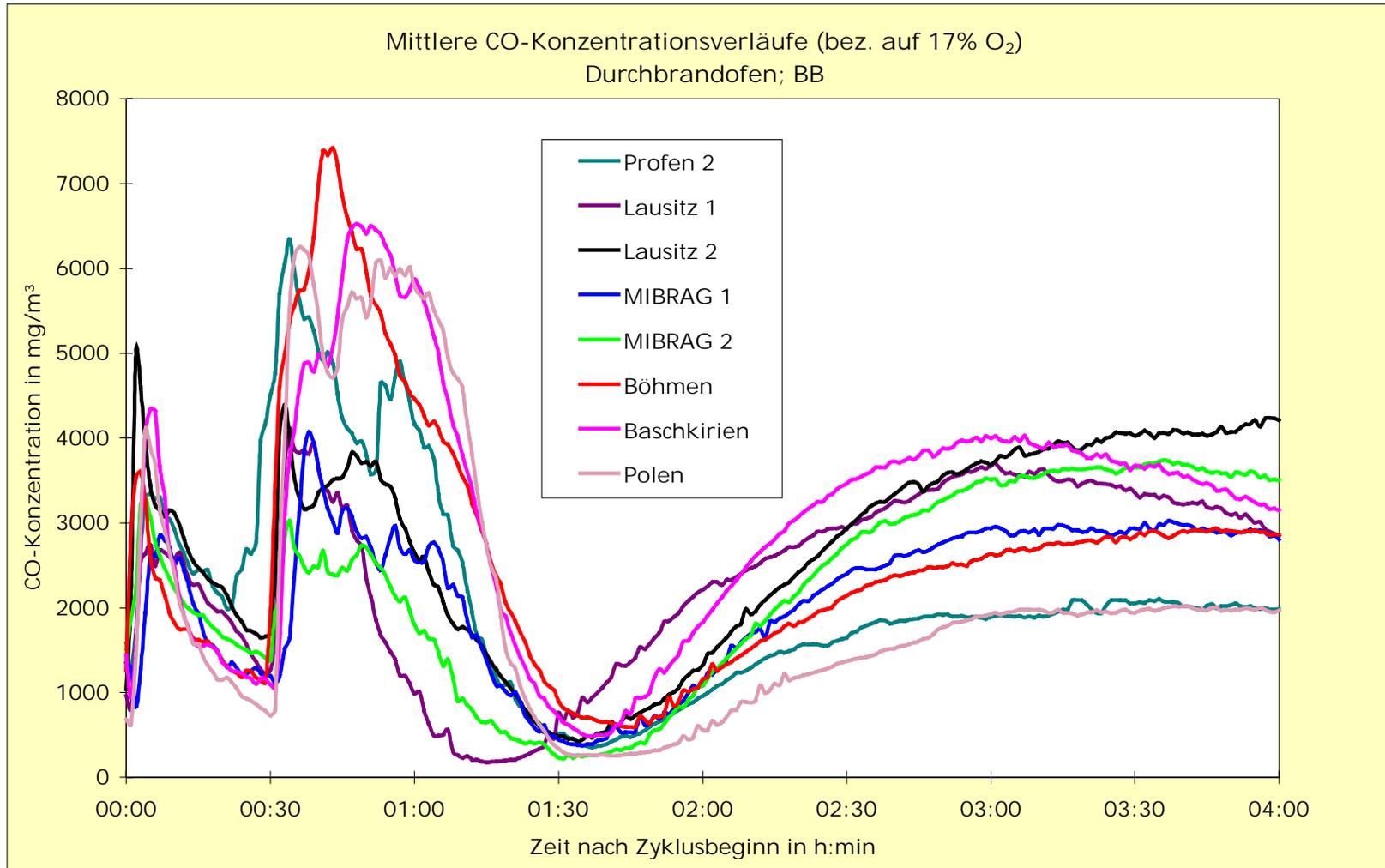


Abbildung 3-2 : Mittlere Konzentrationsverläufe (bez. auf 17% O<sub>2</sub>) Durchbrandofen - Brikett

Feuerstätte:

Mittlere Konzentrationsverläufe:

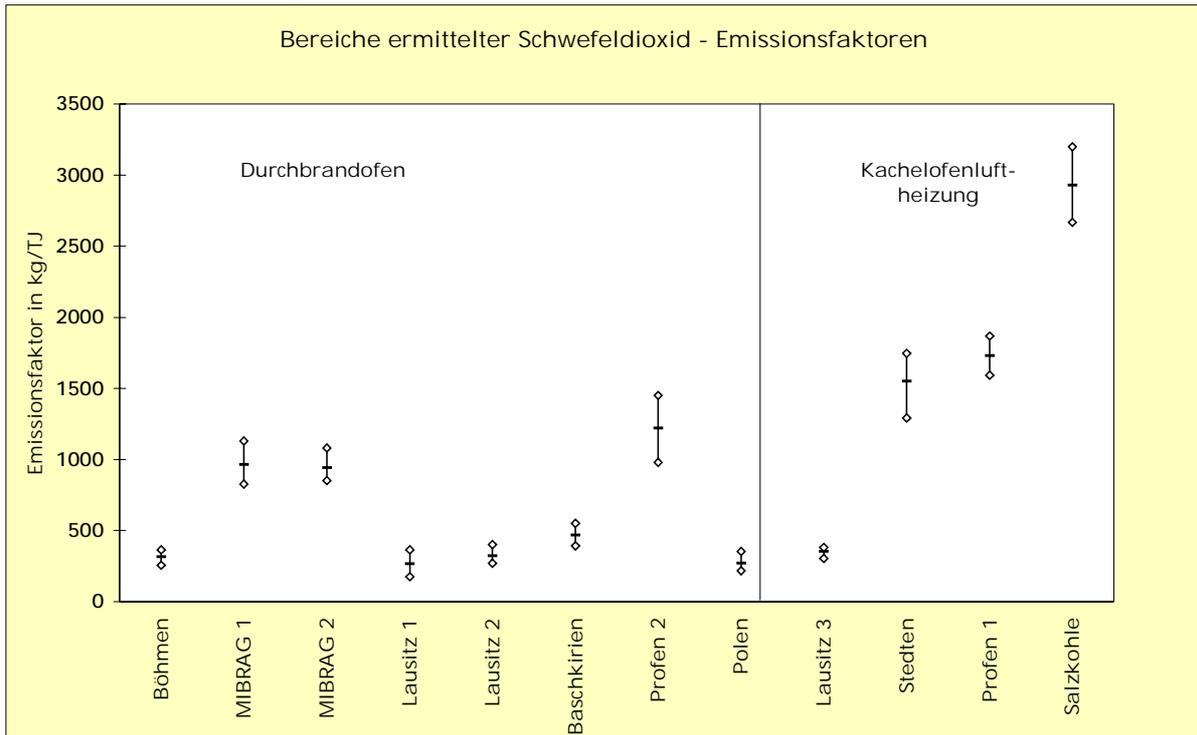
Durchbrandofen  
Kohlenmonoxid



**Abbildung 4: Spannweiten ausgewählter Emissionsfaktoren**

Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

Schwefeldioxid



Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

Stickstoffoxide

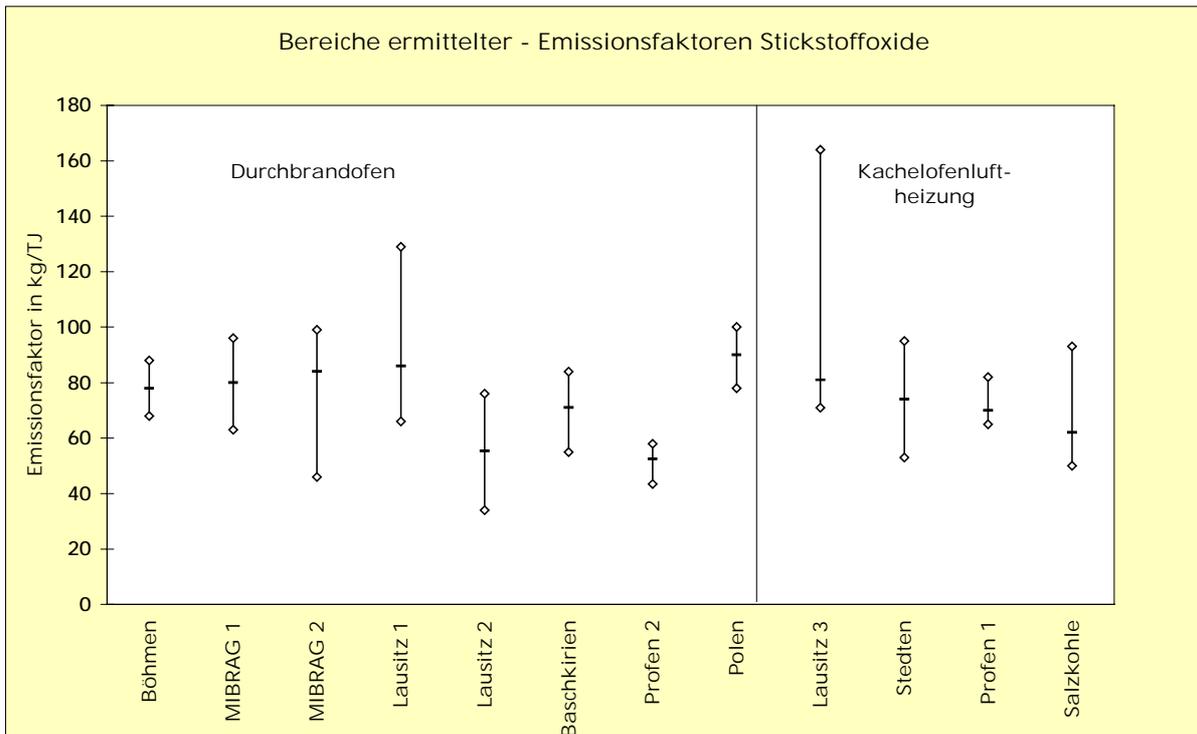
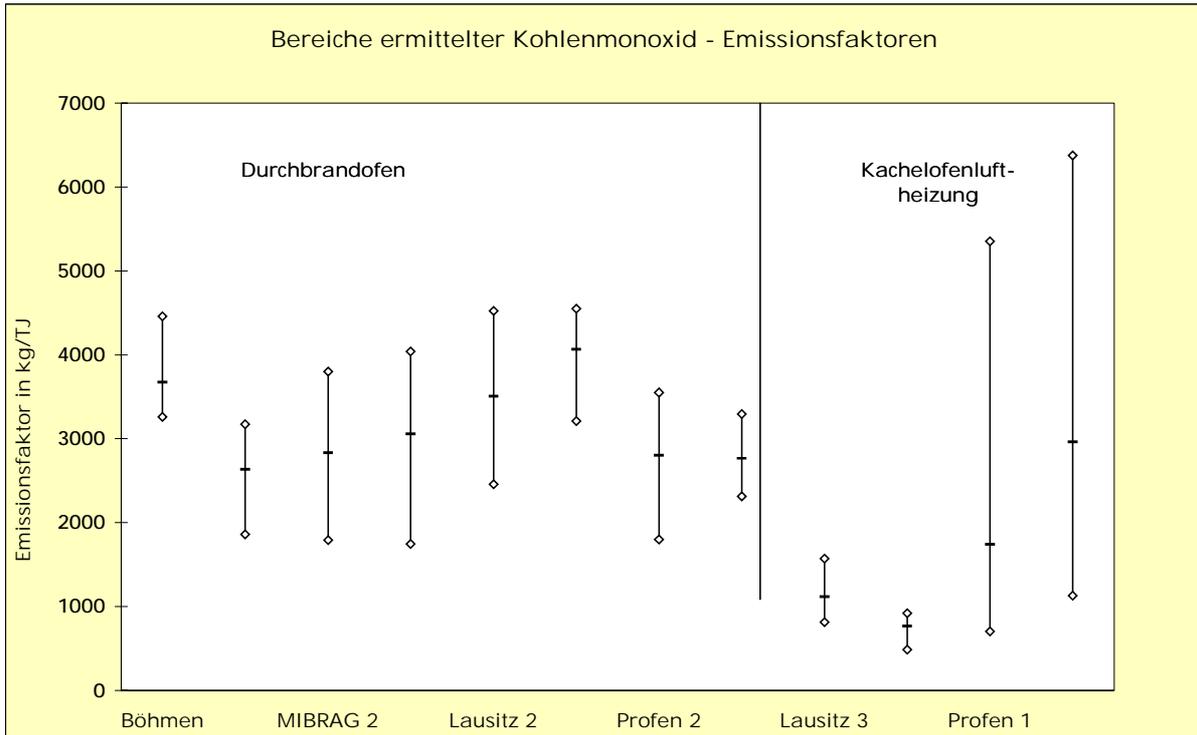


Abbildung 4: Spannweiten ausgewählter Emissionsfaktoren

Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

Kohlenmonoxid



Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

Chlorwasserstoff

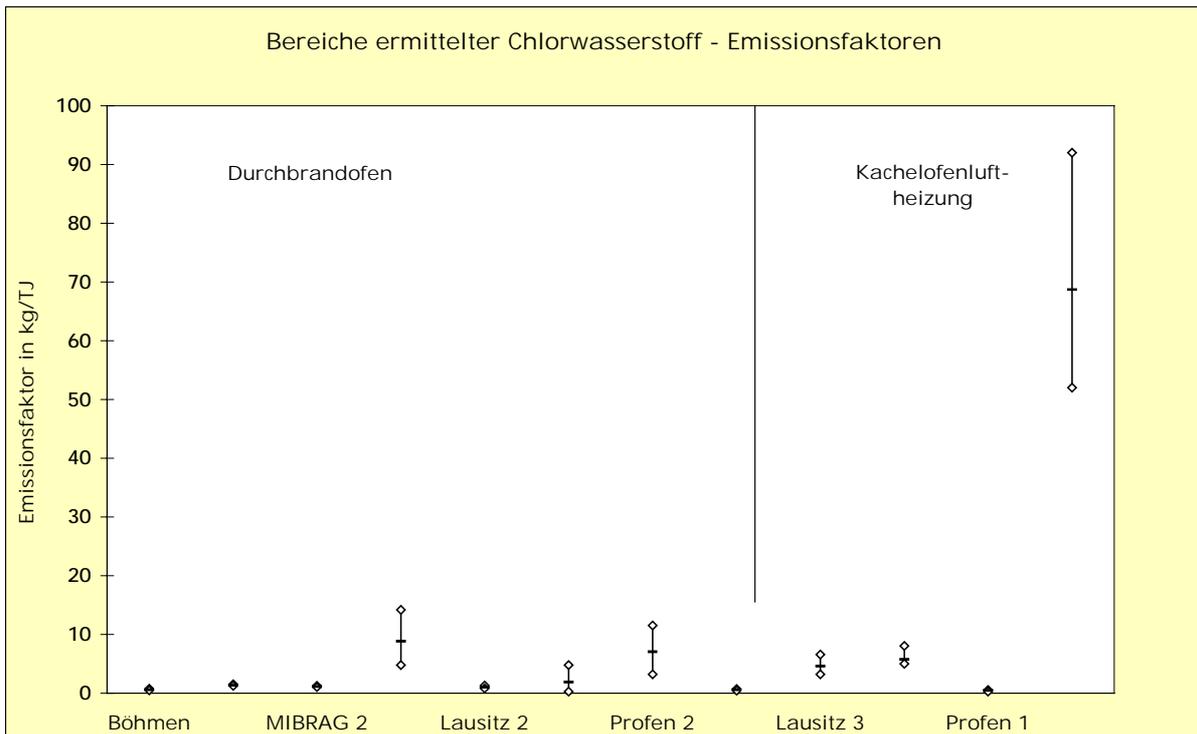
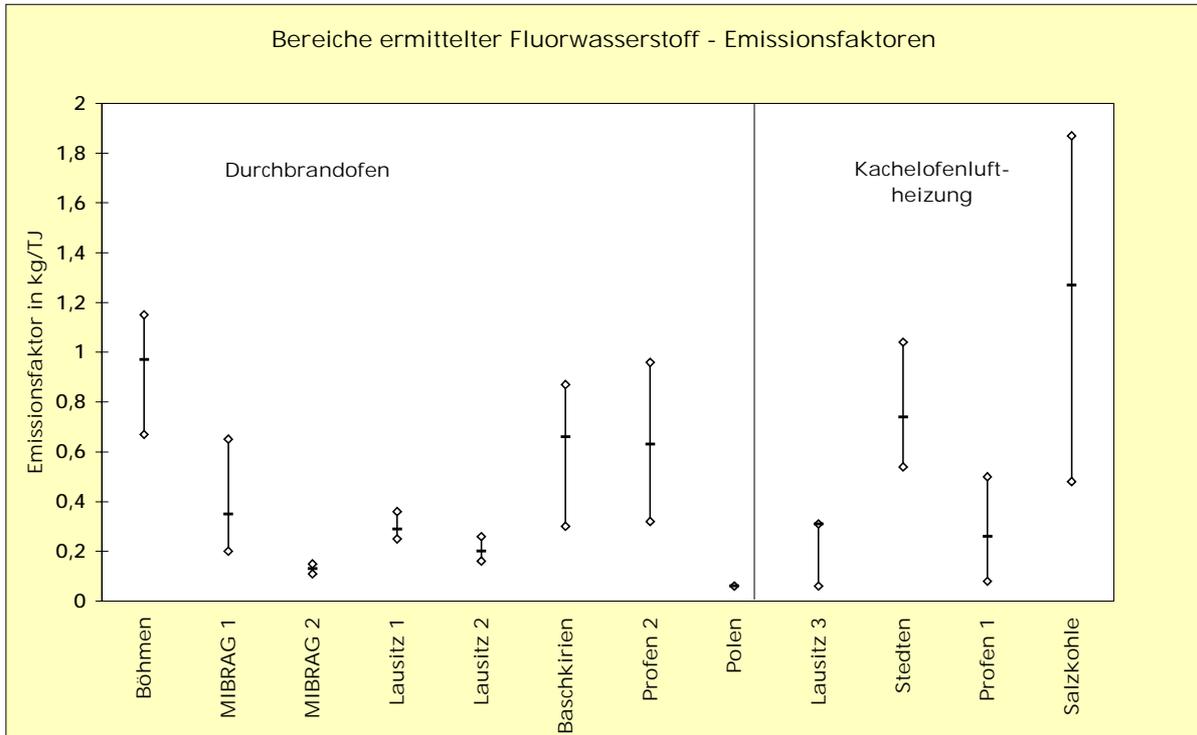


Abbildung 4: Spannweiten ausgewählter Emissionsfaktoren

Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

Fluorwasserstoff



Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

Schwefelwasserstoff

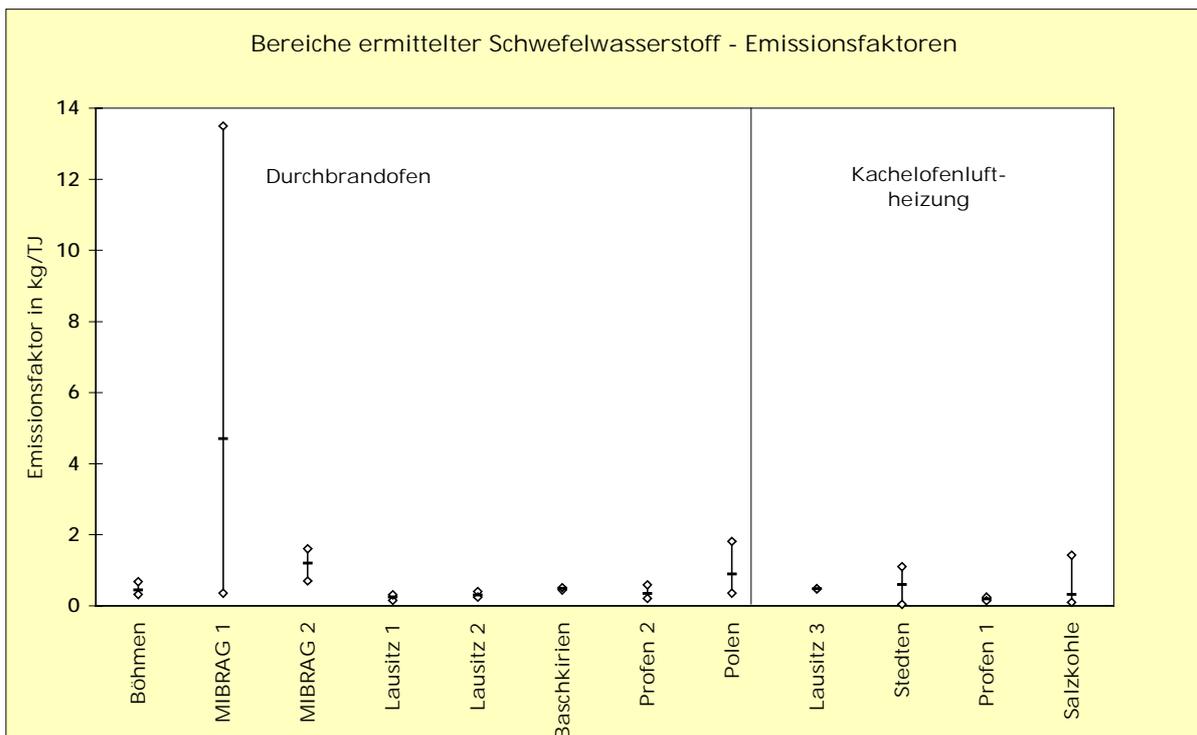
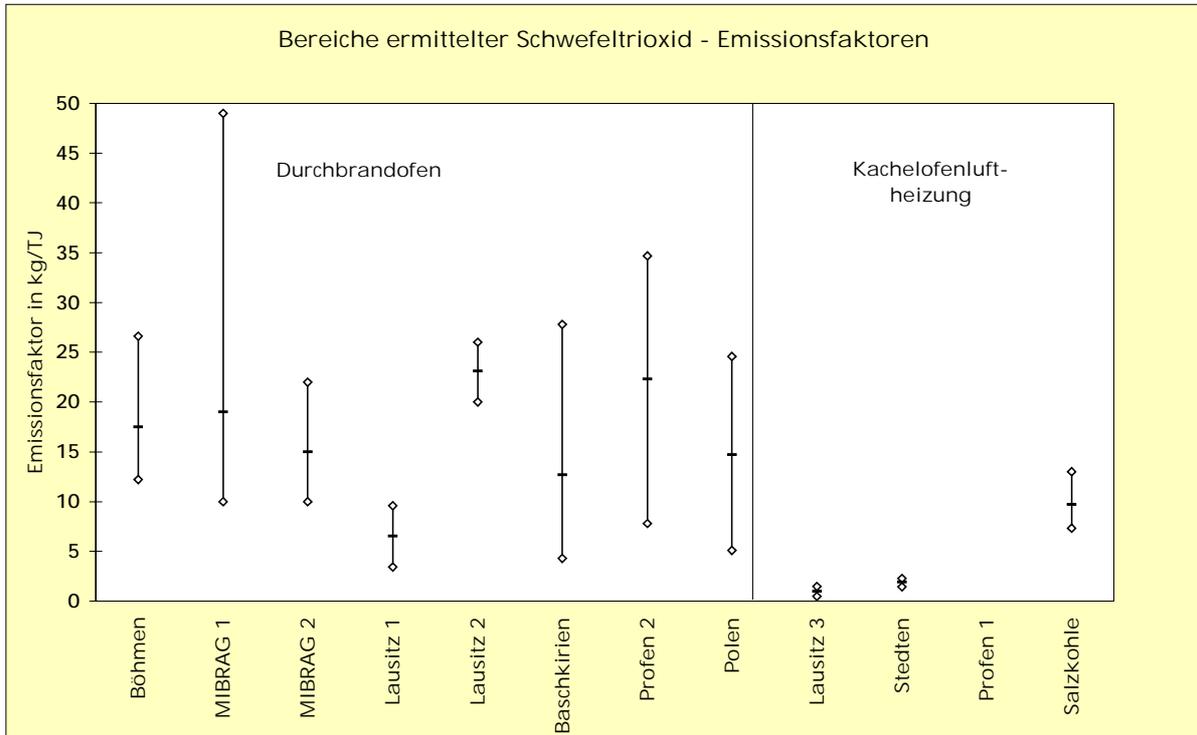


Abbildung 4: Spannweiten ausgewählter Emissionsfaktoren

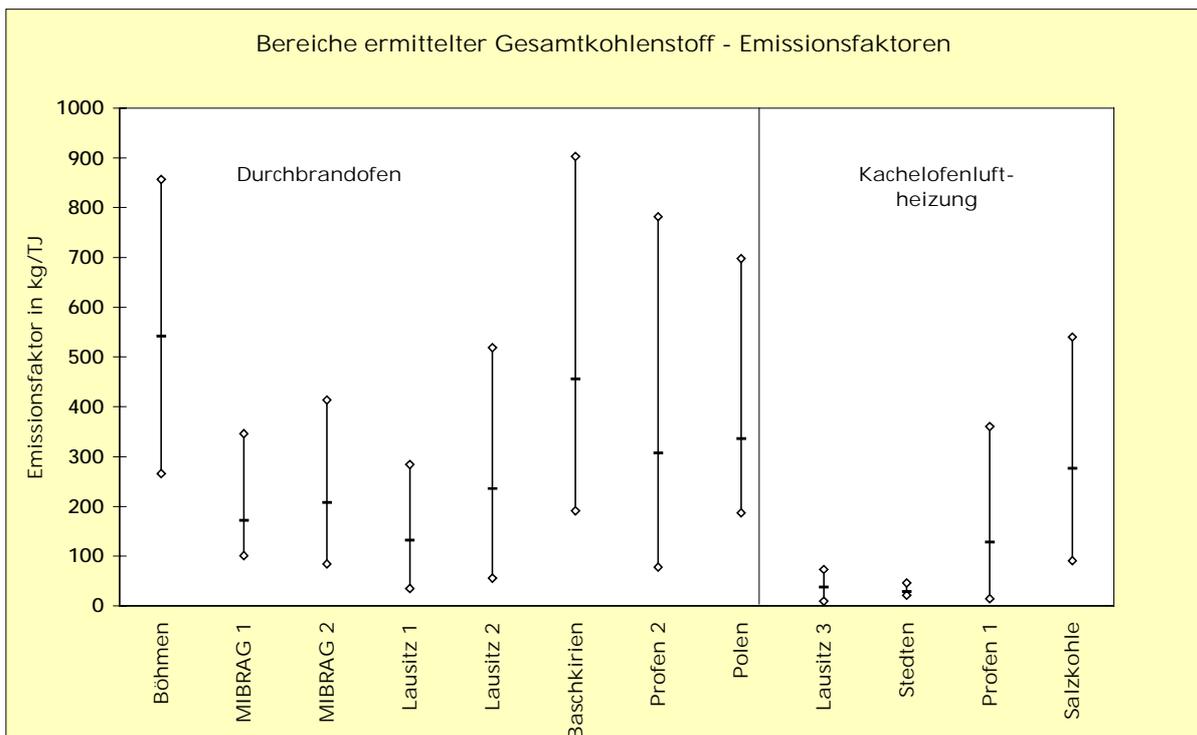
Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

Schwefeltrioxid



Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

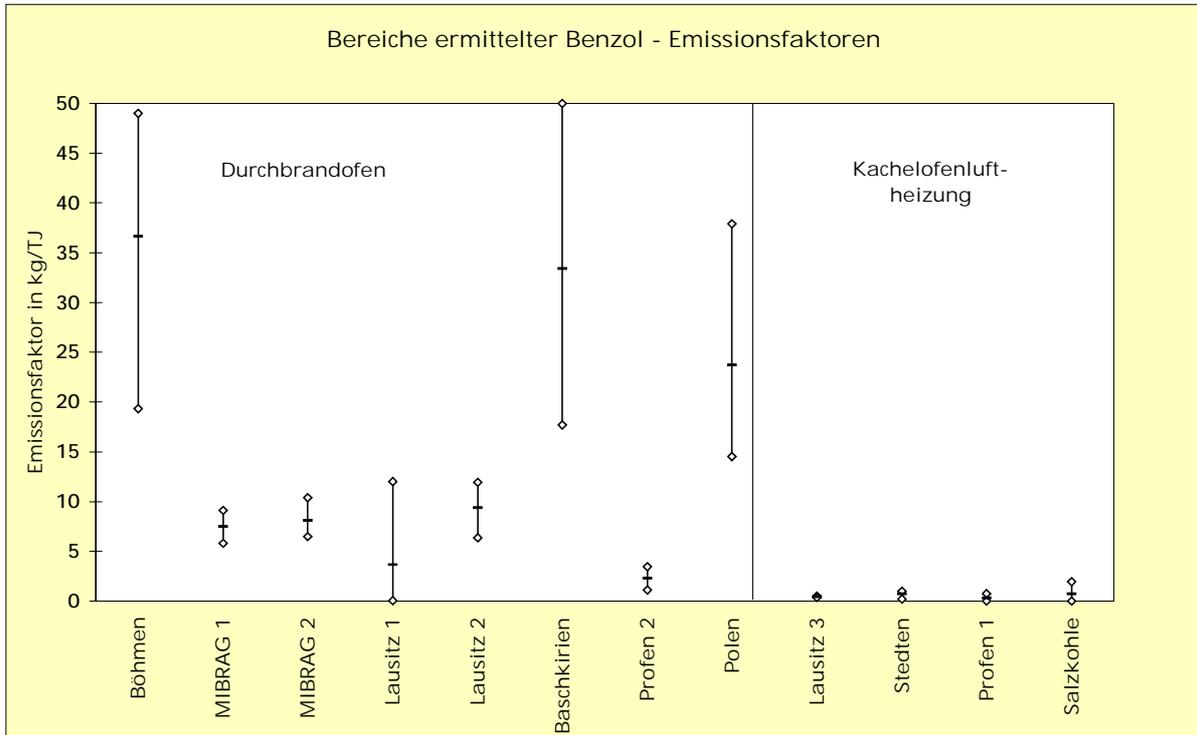
Gesamtkohlenstoff



**Abbildung 4: Spannweiten ausgewählter Emissionsfaktoren**

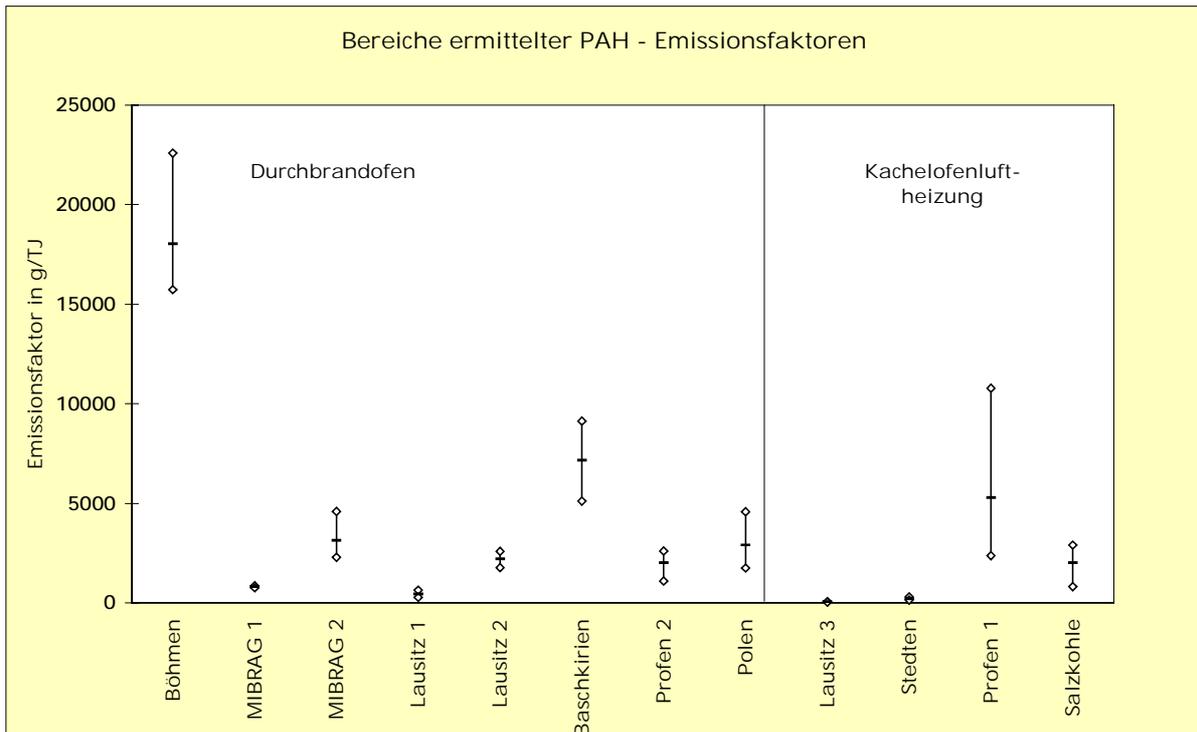
Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

**Benzol**



Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

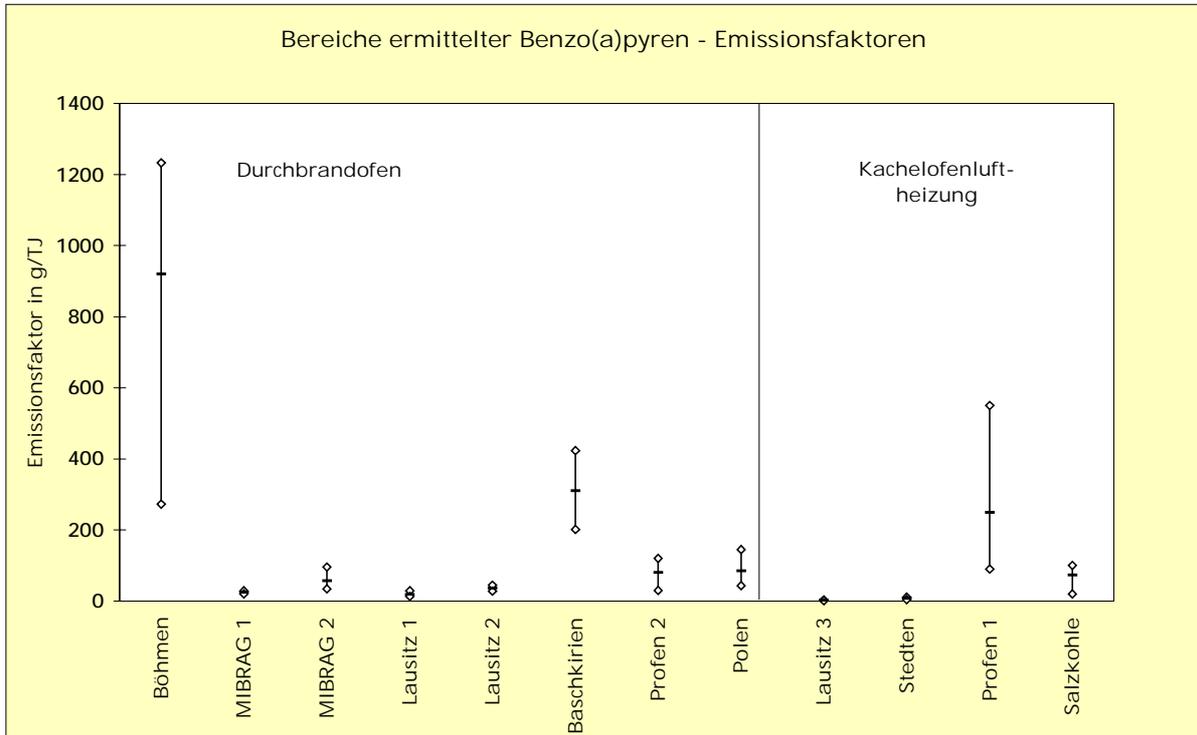
**PAH**



**Abbildung 4: Spannweiten ausgewählter Emissionsfaktoren**

Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

Benzo(a)pyren



Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

Summe BTX

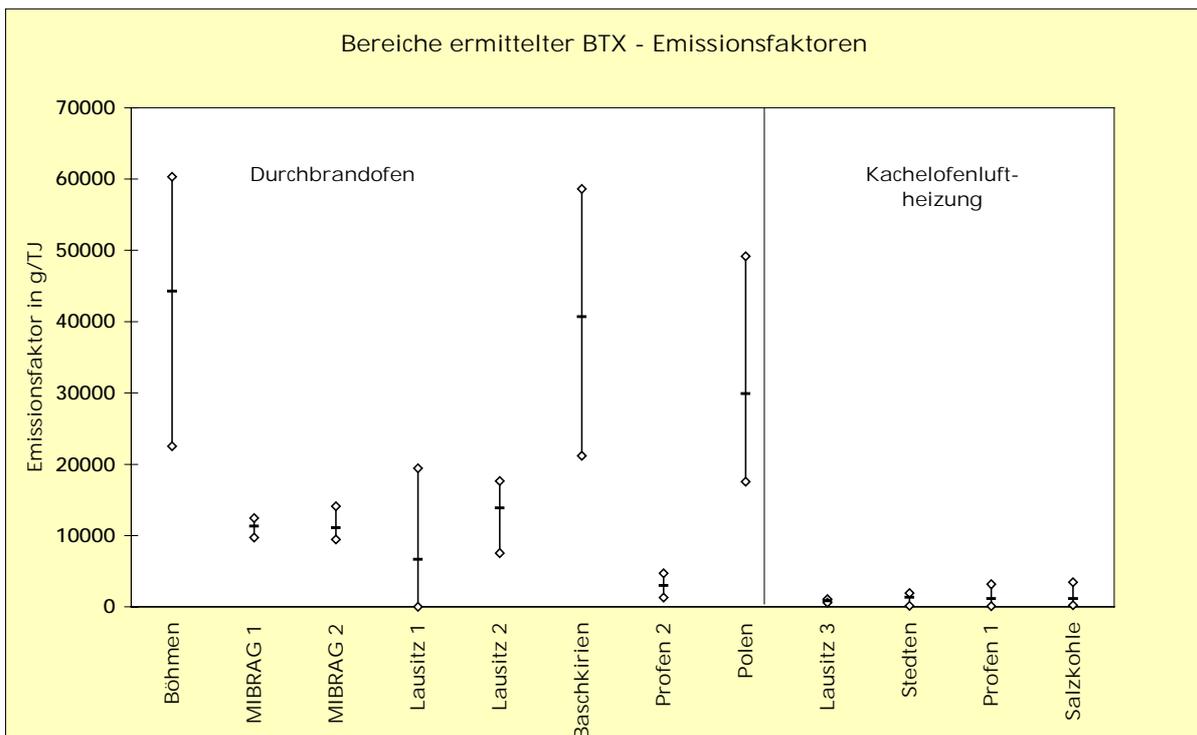
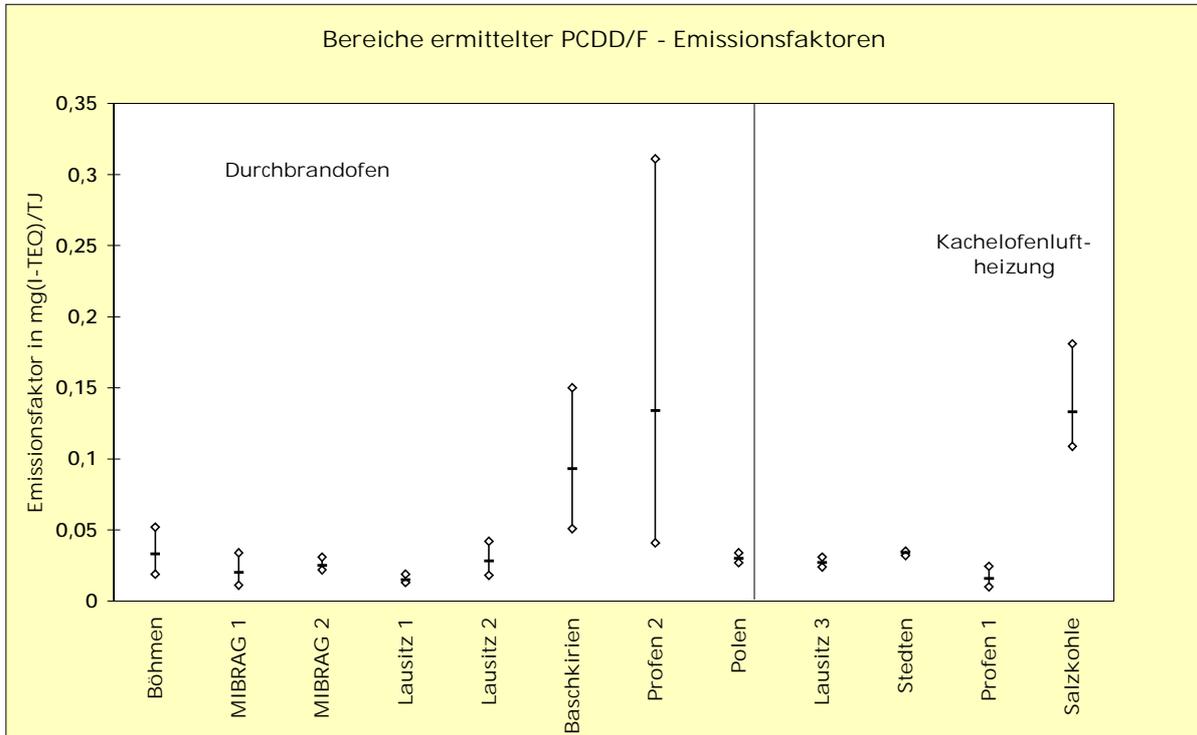


Abbildung 4: Spannweiten ausgewählter Emissionsfaktoren

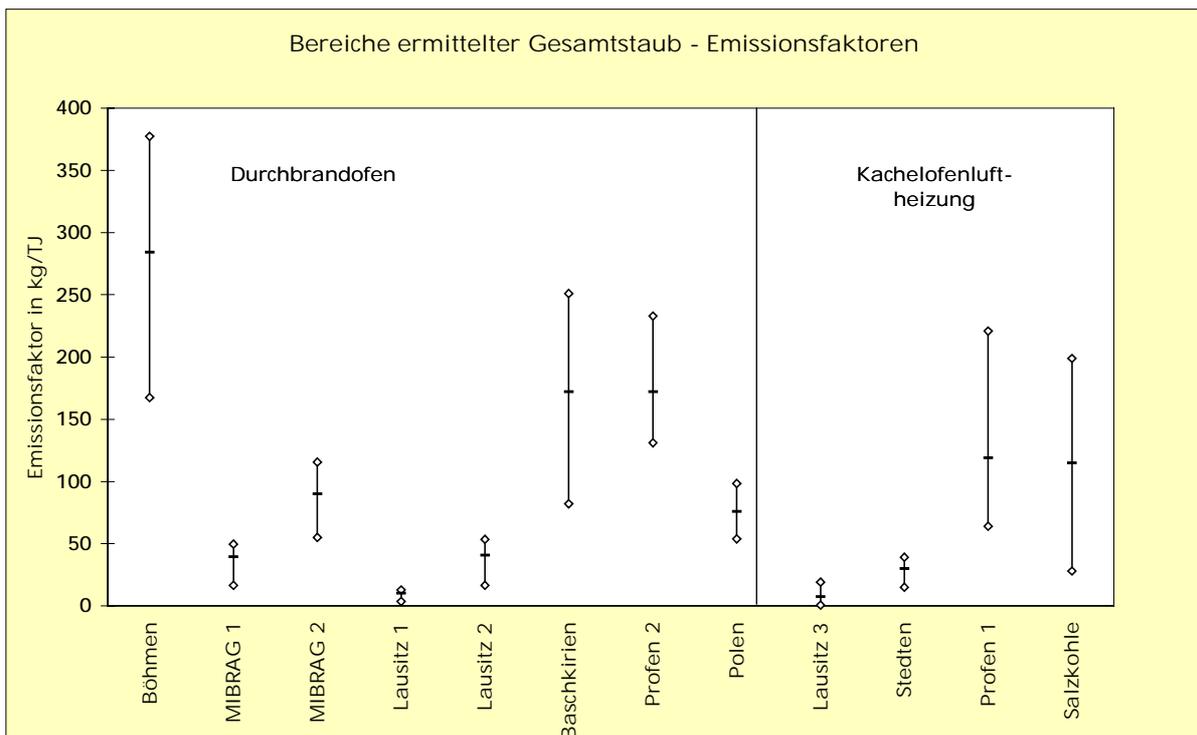
Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

PCDD/F



Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

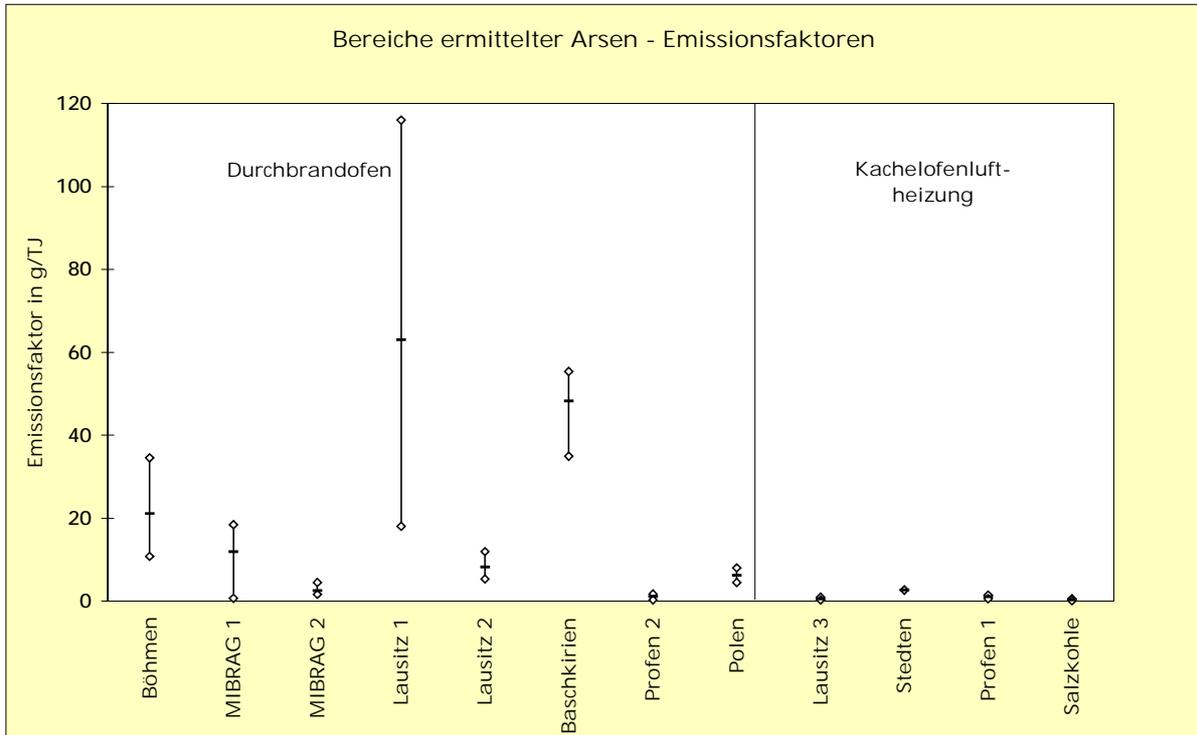
Gesamtstaub



**Abbildung 4: Spannweiten ausgewählter Emissionsfaktoren**

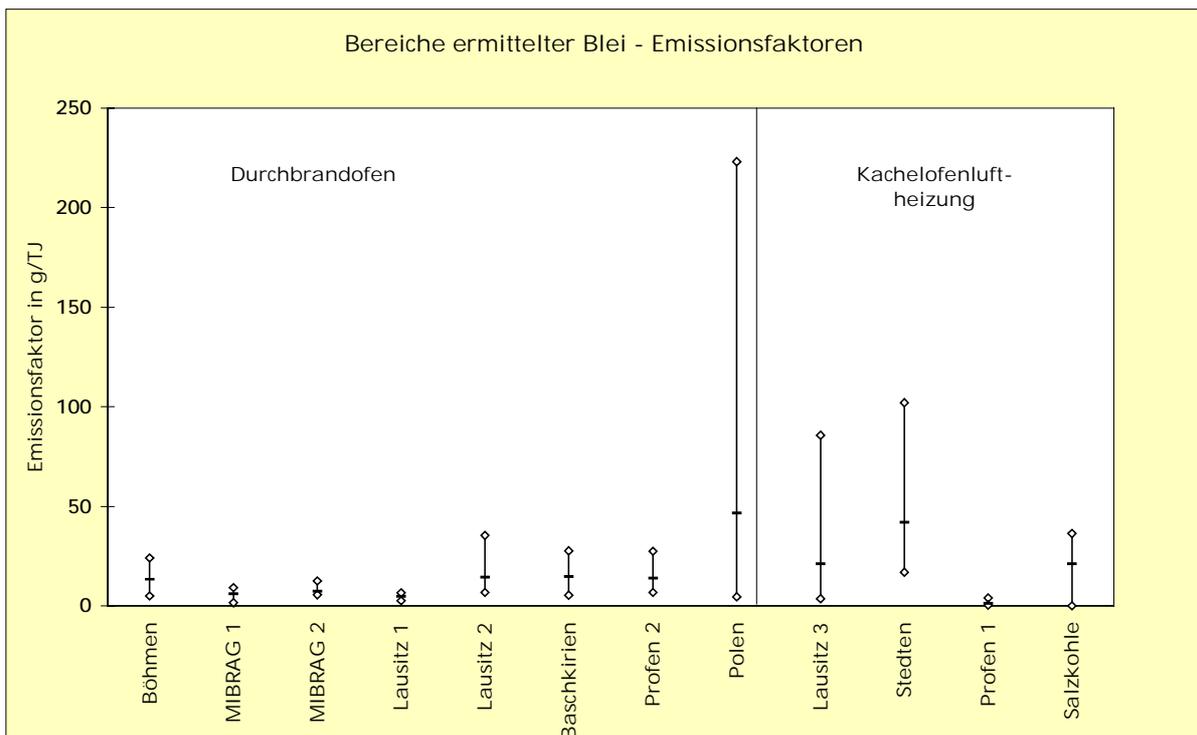
Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

**Arsen (partikelgeb. und filtergängig)**



Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

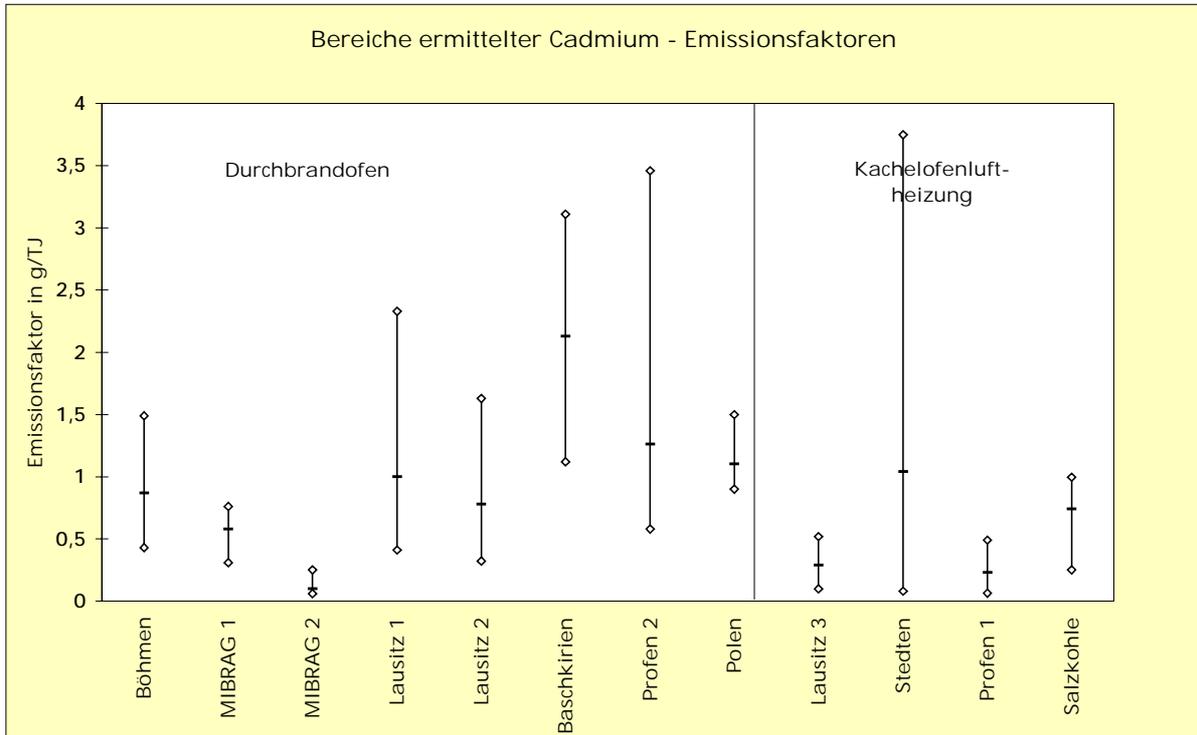
**Blei (partikelgeb. und filtergängig)**



**Abbildung 4: Spannweiten ausgewählter Emissionsfaktoren**

Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

Cadmium (partikelgeb. und filterg.)



Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

Cobalt (partikelgebunden)

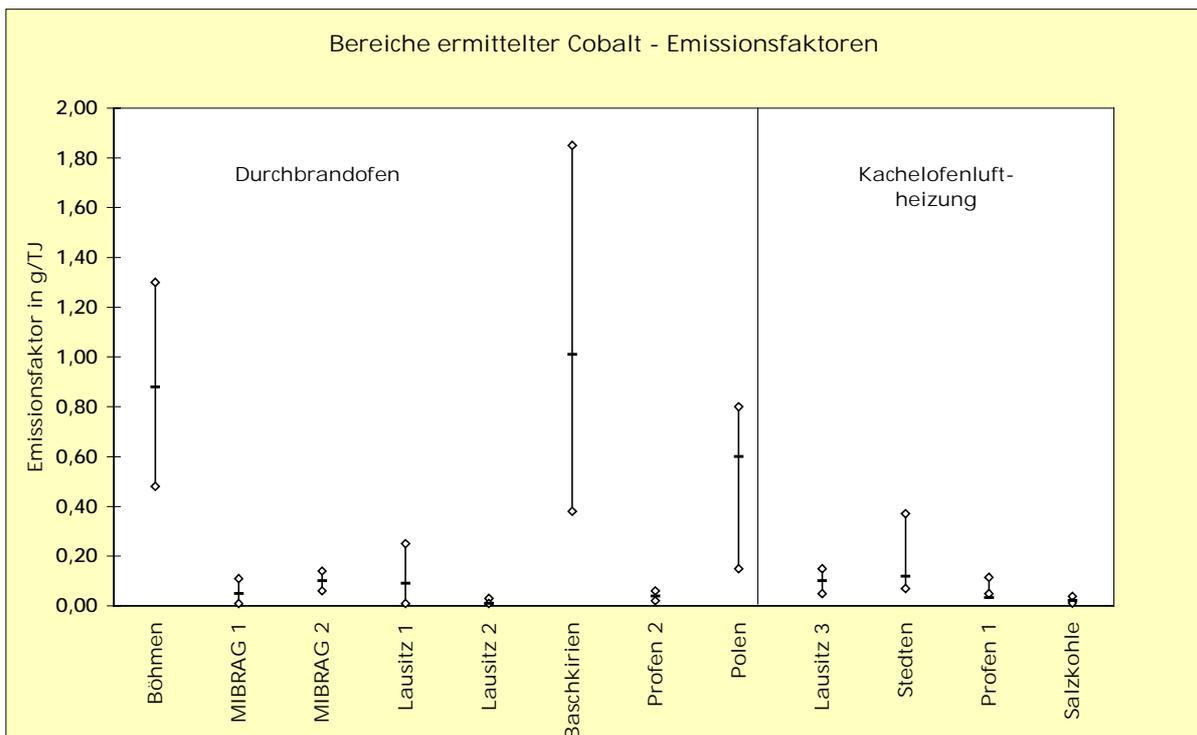
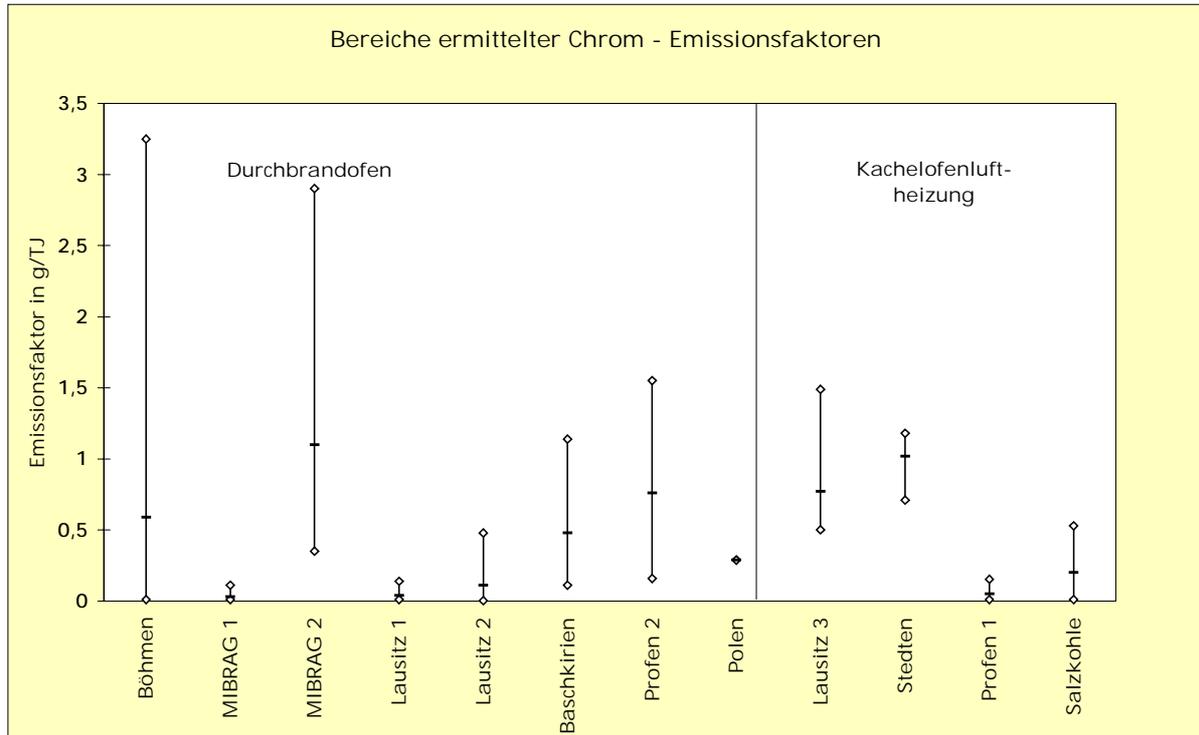


Abbildung 4: Spannweiten ausgewählter Emissionsfaktoren

Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

Chrom (partikelgebunden)



Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

Kupfer (partikelgebunden)

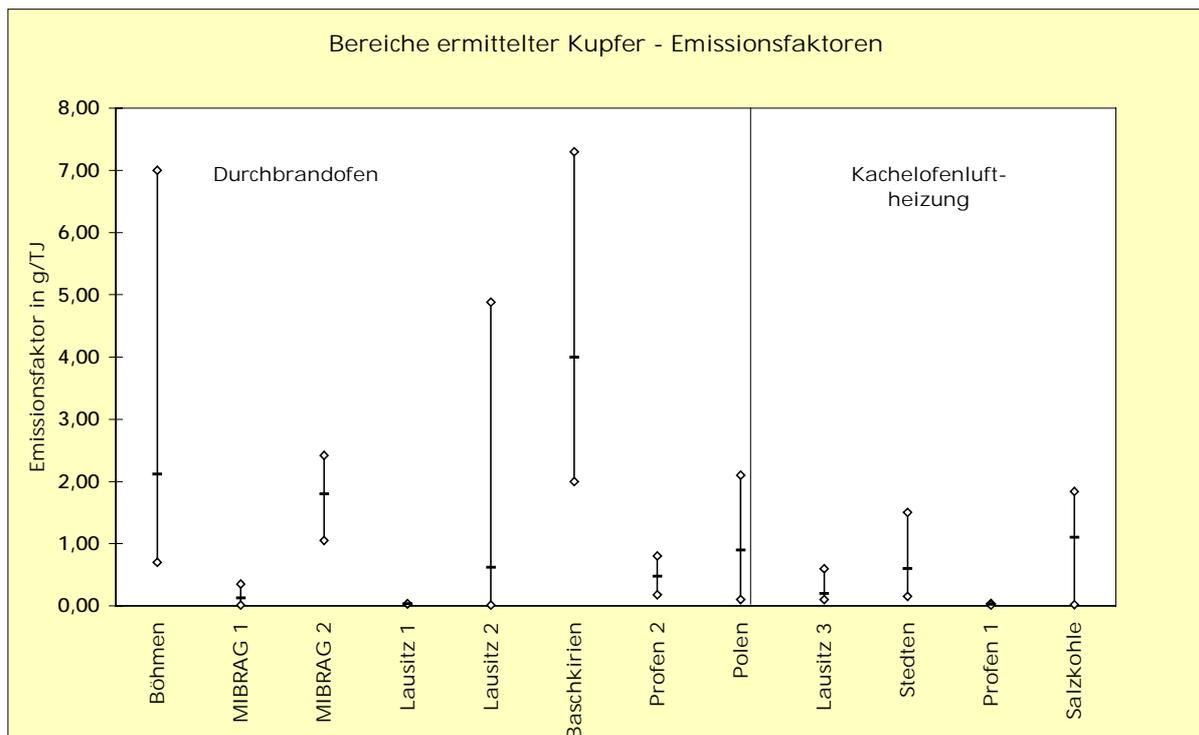
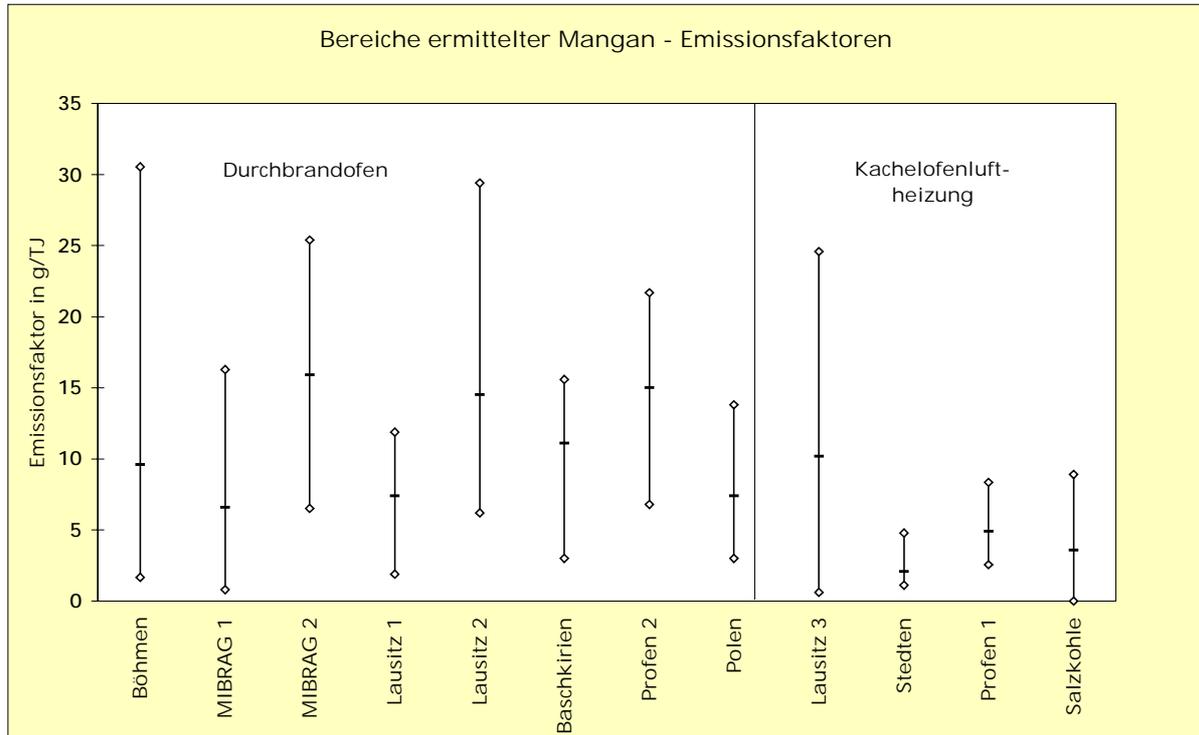


Abbildung 4: Spannweiten ausgewählter Emissionsfaktoren

Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

Mangan (partikelgebunden)



Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

Nickel (partikelgebunden)

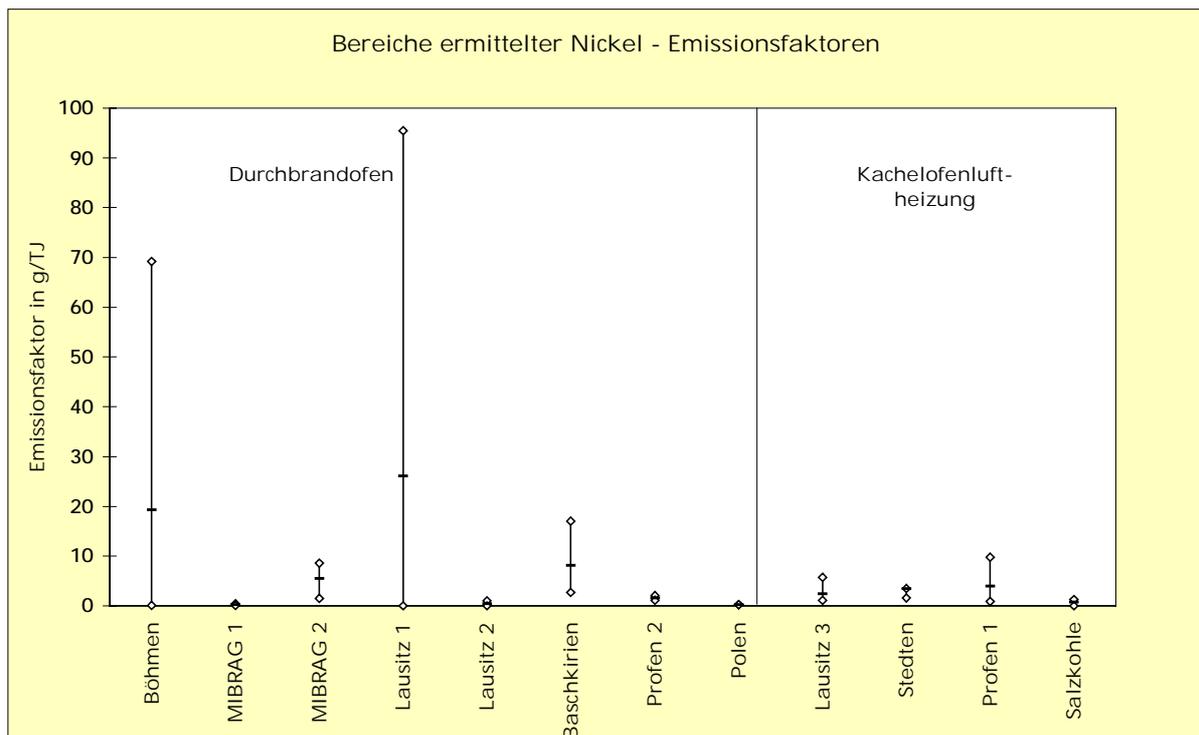
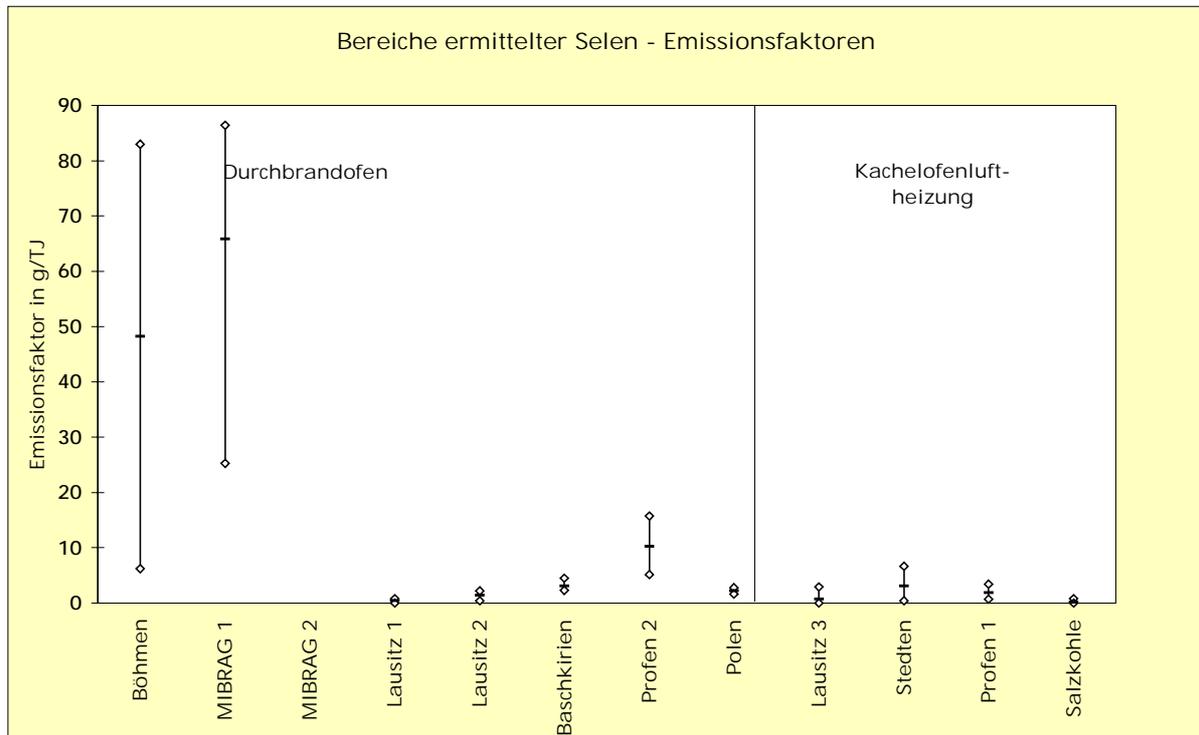


Abbildung 4: Spannweiten ausgewählter Emissionsfaktoren

Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

Selen (partikelgebunden)



Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

Thallium (partikelgebunden)

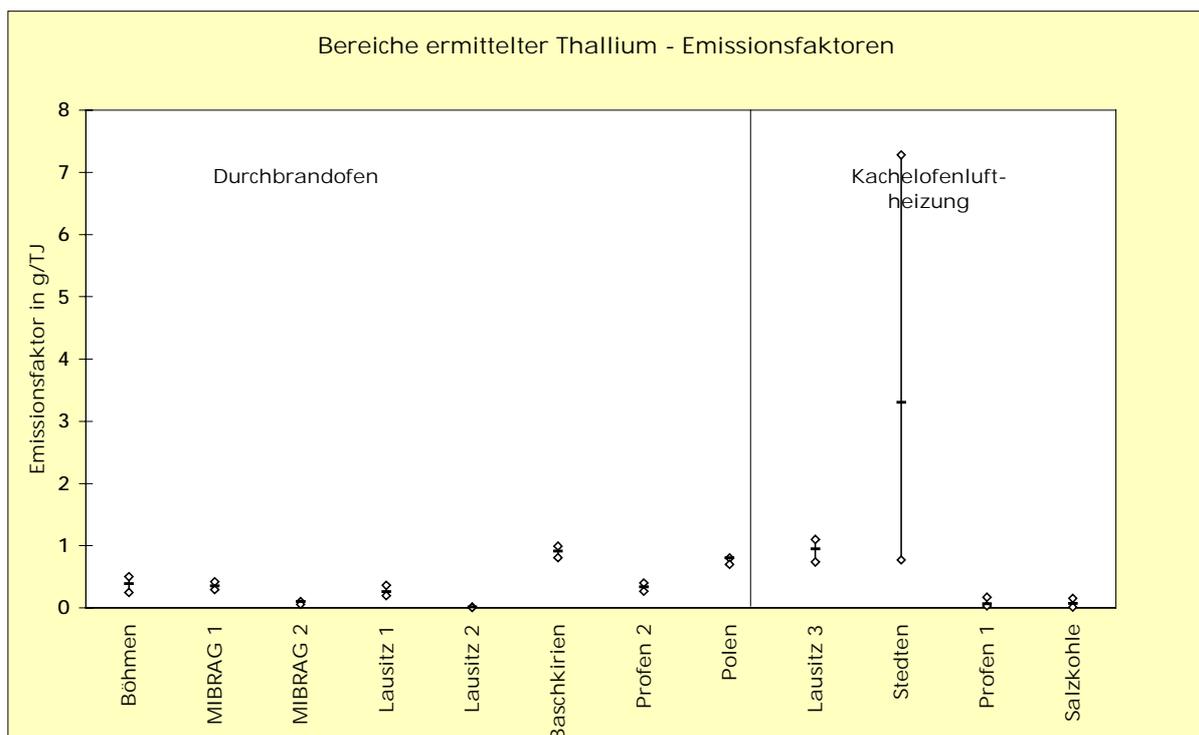


Abbildung 4: Spannweiten ausgewählter Emissionsfaktoren

Spannweiten ermittelter Emissionsfaktoren:

Vanadium (partikelgebunden)

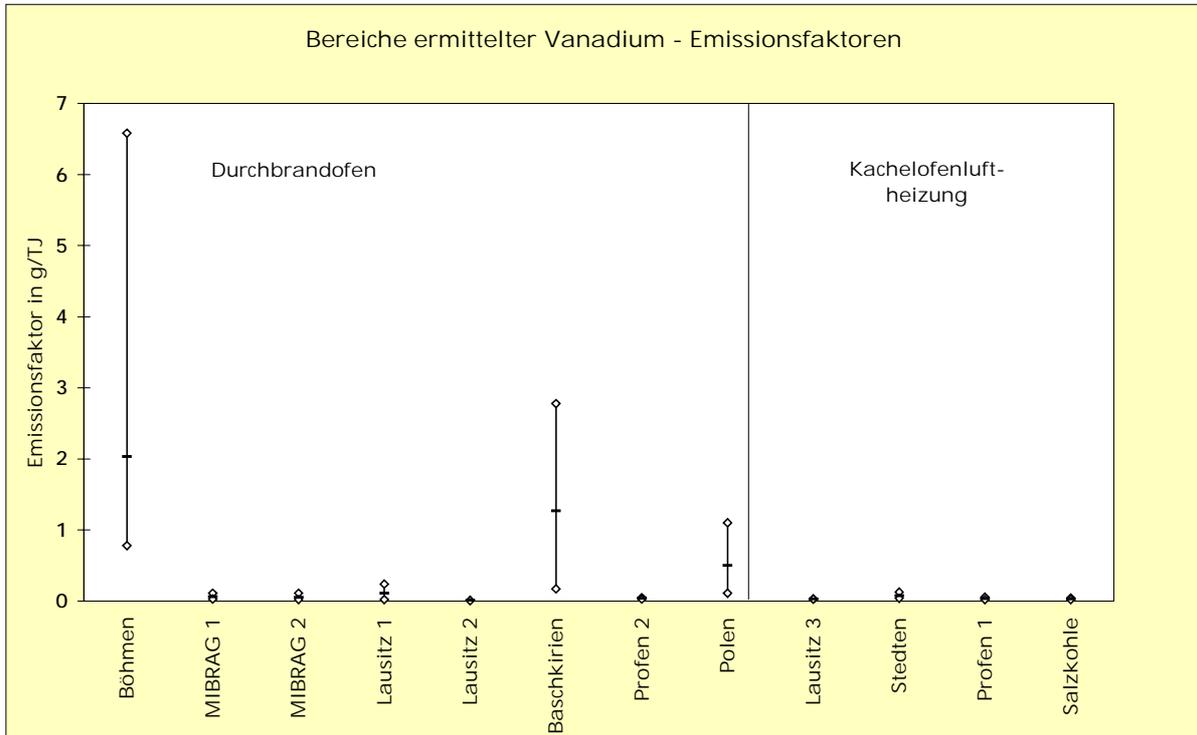


Table 1: Versuchsprogramme

	Kachelofen- luftheizung				Durchbrandofen							
LAU-Meßberichts-Nr.	LAU 11-92	LAU 12/92	LAU 04/93	LAU 05/93	LAU 01/94	LAU 01/95	LAU 04/95	LAU 07/95	LAU 09/95	LAU 01/96	LAU 01/97	LAU 02/97
Brikettsorte	Lausitz 3	Stedten	Salzkohle	Profen 1	Profen 2	MIBRAG 1	Lausitz 1	MIBRAG 2	Lausitz 2	Böhmen	Baschkirien	Polen

Komponente	Anzahl der Ermittlungen (Abbrandzyklen)											
Schwefeldioxid	9	8	10	9	13	16	18	18	18	16	17	16
Stickstoffoxide	9	8	10	9	13	16	18	18	18	16	17	16
Gesamtkohlenstoff	9	8	10	9	13	16	18	18	18	16	17	16
Kohlenmonoxid	9	8	10	9	13	16	18	18	18	16	17	16
Kohlendioxid	9	8	10	9	13	16	18	18	18	16	17	16
Sauerstoff	9	8	10	9	13	16	18	18	18	16	17	16
Schwefelwasserstoff	3	3	3	3	3	6	3	3	3	3	3	3
Schwefeltrioxid	3	4	3	-	3	8	5	4	2	8	9	9
Fluorwasserstoff	2	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Chlorwasserstoff	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Gesamtstaub <i>Staubinhaltsstoffe</i>	6	5	7	6	7	8	7	7	7	7	7	8
Antimon	-	-	-	-	-	-	-	6	8	7	7	8
Arsen	3	1	3	3	3	7	3	7	8	3	3	8
Blei	6	5	7	6	6	7	7	6	8	7	7	8
Cadmium	6	5	7	6	6	7	7	7	8	7	7	8
Cobalt	6	5	7	6	6	7	7	6	8	7	7	8
Chrom	6	5	7	6	6	7	7	6	8	7	7	8
Kupfer	6	5	7	6	6	7	7	6	8	7	7	8
Mangan	6	5	7	6	6	7	7	6	8	7	7	8
Nickel	3	4	4	3	3	4	4	3	4	4	4	4
Palladium	6	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Selen	6	5	7	6	6	7	7	-	8	7	7	8
Tellur	6	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thallium	6	5	7	6	6	7	7	6	8	7	7	8
Vanadium	6	5	7	6	6	7	7	6	8	7	7	8
Zink	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-
Zinn	6	5	-	-	6	7	7	6	8	7	7	8
Eisen	-	-	-	-	-	-	-	6	8	-	-	-
BTX	3	2	-	3	2	3	7	3	4	3	3	7
PAH	3	3	-	3	3	3	3	4	4	3	3	3
PCDD/F	2	3	-	3	3	3	3	3	4	3	3	3
PCB	-	-	-	-	-	3	3	-	-	3	3	3

Tabelle 2-1 : Einzelmeßwerte Kachelofenluftheizung - Lausitz 3 - Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 1									
Feuerstätte:		Kachelofenluftheizung									
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Lausitz 3									
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus									
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	Mittelwert
Schwefeldioxid	mg/m <sup>3</sup>	215	329	197	253	267	200	363	292	277	253
Stickstoffoxide	mg/m <sup>3</sup>	56	60	54	58	kein Wert	52	58	52	53	55
Gesamtkohlenstoff	mg/m <sup>3</sup>	31	8	25	43	51	30	20	25	10	27
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	854	687	786	825	1100	859	866	811	943	799
Sauerstoff	Vol.-%	17,5	16,6	17,6	17,3	17,9	17,6	16,8	17,2	17,5	17,3
Schwefelwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	<0,34	<0,34	<0,34							<0,34
Schwefeltrioxid <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	0,75	1,06	0,34							0,72
Fluorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,22	<0,22								0,22
Chlorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	2,94	4,70	2,26							3,3
Gesamtstaub	mg/m <sup>3</sup>	13,1	5,7	5,1	1,7	2,3	0,5				4,7
Staubinhaltsstoffe											
Arsen	µg/m <sup>3</sup>	n.b.	0,82	n.b.	0,17	n.b.	0,19				0,39
Blei	µg/m <sup>3</sup>	22,28	17,66	43,73	2,10	1,49	1,93				14,97
Cadmium	µg/m <sup>3</sup>	0,28	0,26	0,34	0,09	0,12	0,07				0,19
Cobalt	µg/m <sup>3</sup>	0,05	0,06	0,10	0,04	0,05	0,09				0,07
Chrom	µg/m <sup>3</sup>	<0,43	<0,42	<0,46	<0,40	<0,42	1,01				<0,52
Kupfer	µg/m <sup>3</sup>	0,13	<0,06	<0,06	<0,05	<0,06	0,41				0,13
Mangan	µg/m <sup>3</sup>	9,57	4,86	16,04	0,50	10,02	4,12				7,52
Nickel	µg/m <sup>3</sup>	<0,72	n.b.	3,71	n.b.	0,75	n.b.				1,73
Palladium	µg/m <sup>3</sup>	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01				<0,01
Selen	µg/m <sup>3</sup>	2,01	0,13	0,36	0,28	0,25	<0,02				0,51
Tellur	µg/m <sup>3</sup>	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002				<0,002
Thallium	µg/m <sup>3</sup>	0,50	0,80	0,71	0,64	0,67	0,77				0,68
Vanadium	µg/m <sup>3</sup>	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02				<0,02
Zinn	µg/m <sup>3</sup>	<0,06	<0,06	<0,06	<0,05	<0,06	<0,05				<0,06

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

Tabelle 2-1 : Einzelmeßwerte Kachelofenluftheizung - Lausitz 3 - Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 2																
Feuerstätte:		Kachelofenluftheizung																
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Lausitz 3																
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus																
		1.	2.	3.														Mittelwert
Summe BTX <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	0,78	0,48	0,48														0,58
Benzol	mg/m <sup>3</sup>	0,32	0,31	0,29														0,31
Toluol	mg/m <sup>3</sup>	0,26	0,08	0,09														0,14
Ethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,02	0,03														0,04
m-p-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,04	0,04														0,05
o-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,01														0,01
4-Ethyltoluol	mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,01	0,01														0,02
1,2,4-Trimethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,01														0,01
		Probe 1			Probe 2			Probe 3										
Summe 20 PAH <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	48,60			47,88			20,66							39,05			
Benzoapyren	µg/m <sup>3</sup>	1,72			2,13			0,76							1,54			
Fluoranthen	µg/m <sup>3</sup>	14,07			12,74			5,98							10,93			
Pyren	µg/m <sup>3</sup>	12,03			11,12			4,61							9,25			
Benzo(b)naphto(2,1-d)thiophen	µg/m <sup>3</sup>	0,27			0,66			0,23							0,39			
Benzo(ghi)fluoranthen+	µg/m <sup>3</sup>	2,85			3,21			1,31							2,46			
Cyclopenta(cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	1,16			<1,52			0,57							1,08			
Benz(a)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	2,36			3,24			1,31							2,30			
Chrysen+Triphenylol	µg/m <sup>3</sup>	3,51			4,67			2,05							3,41			
Benzofluoranthen(b+j+k)	µg/m <sup>3</sup>	4,26			4,48			1,84							3,53			
Benzo(e)pyren	µg/m <sup>3</sup>	1,26			1,19			0,49							0,98			
Perylol	µg/m <sup>3</sup>	0,34			0,45			0,17							0,32			
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	1,66			1,62			0,55							1,28			
Dibenz(a,h)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	0,2			0,29			0,09							0,19			
Benzo(ghi)perylol	µg/m <sup>3</sup>	1,83			1,74			0,6							1,39			
Antanthren	µg/m <sup>3</sup>	0,21			0,34			0,1							0,22			
Coronen	µg/m <sup>3</sup>	0,87			<0,6			<0,18							0,55			

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

Tabelle 2-1 : Einzelmeßwerte Kachelofenluftheizung - Lausitz 3 - Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 3				
Feuerstätte:		Kachelofenluftheizung				
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Lausitz 3				
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus				
		Probe 1	Probe 2			Mittelwert
Dioxine/Furane <sup>3</sup>						
TE (NATO/CCMS excl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,017	0,021			0,019
TE (NATO/CCMS incl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,017	0,021			0,019
2378- TetraCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,001	0,001			0,001
12378- PentaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,005			0,004
123478-/123469HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,002	0,004			0,003
123678-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,005	0,009			0,007
123789-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,007			0,005
1234678-HeptaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,023	0,044			0,034
OctaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,05	0,08			0,065
2378-TetraCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,015	0,014			0,015
12378-/12346(8)-PentaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,021	0,029			0,025
23478-12349-PentaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,014	0,015			0,015
123478-/124689-HexaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,012	0,017			0,015
123678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,011	0,013			0,012
123789-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	<0,001	<0,001			<0,001
234678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,009	0,01			0,01
1234678-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,013	0,018			0,015
1234789-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,001	0,001			0,001
OctaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,01	0,01			0,01

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

<sup>2</sup> gaschromatographisch mit der Kapillarsäule DB-Dioxin nicht trennbar

Tabelle 2-2 : Einzelmeßwerte Kachelofenluftheizung - Stedten - Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen											Blatt 1
Feuerstätte:											Kachelofenluftheizung
Brennstoff:											Braunkohlenbrikett Stedten
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus									Mittelwert
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
Schwefeldioxid	mg/m <sup>3</sup>	1520	1140	1150	1150	1030	1620	1430	1290		1395
Stickstoffoxide	mg/m <sup>3</sup>	86	63	59	65	63	66	66	48		67
Gesamtkohlenstoff	mg/m <sup>3</sup>	36	16	20	17	31	40	89	49		26
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	566	436	699	827	597	612	930	723		686
Sauerstoff	Vol.-%	16,1	17,5	17,2	17,1	17,6	16,5	16,9	17,1		17,0
Schwefelwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,19	0,85	<0,34							0,46
Schwefeltrioxid <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	1,94	1,21	1,57	1,74						1,62
Fluorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,48	0,38	0,73	0,77						0,59
Chlorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	3,44	5,22	5,67	3,54						4,47
Gesamtstaub	mg/m <sup>3</sup>	13,2	20,5	25,5	28,1	26,5					22,8
Staubinhaltsstoffe											
Arsen	µg/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	1,79	n.b.	n.b.					1,79
Blei	µg/m <sup>3</sup>	14,7	20,6	20,8	79,9	18,8					30,98
Cadmium	µg/m <sup>3</sup>	0,07	<0,07	0,72	2,95	0,12					0,79
Cobalt	µg/m <sup>3</sup>	0,06	0,06	0,09	0,13	0,10					0,09
Chrom	µg/m <sup>3</sup>	<0,62	<0,79	<0,74	<0,75	<0,78					<0,74
Kupfer	µg/m <sup>3</sup>	<0,08	<0,10	1,12	<0,10	0,79					0,44
Mangan	µg/m <sup>3</sup>	1,95	<0,79	<0,74	3,76	<0,78					<1,60
Nickel	µg/m <sup>3</sup>	2,99	2,06	n.b.	<1,25	2,20					1,82
Palladium	µg/m <sup>3</sup>	<0,02	<0,03	<0,02	<0,03	<0,03					<0,03
Selen	µg/m <sup>3</sup>	3,65	1,39	1,33	0,62	4,52					2,3
Tellur	µg/m <sup>3</sup>	<0,003	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004					<0,004
Thallium	µg/m <sup>3</sup>	0,72	<0,63	4,57	<0,60	4,92					2,29
Vanadium	µg/m <sup>3</sup>	0,089	0,04	0,09	<0,03	<0,03					0,06
Zinn	µg/m <sup>3</sup>	1,57	1,08	1,21	0,79	2,23					1,38

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

Tabelle 2-2 : Einzelmeßwerte Kachelofenluftheizung - Stedten - Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 2															
Feuerstätte:		Kachelofenluftheizung															
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Stedten															
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus															Mittelwert
		1.	2.														
Summe BTX <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	0,29	1,66														0,965
Benzol	mg/m <sup>3</sup>	0,21	0,86														0,535
Toluol	mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,36														0,195
Ethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,13														0,07
m-p-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,18														0,1
o-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	0,007	0,07														0,038
4-Ethyltoluol	mg/m <sup>3</sup>	0,007	0,03														0,018
1,2,4-Trimethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,007	0,03														0,018
		Probe 1			Probe 2			Probe 3									
Summe 20 PAH <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	133,46			268,25			129,90						177,2			
Benzoapyren	µg/m <sup>3</sup>	4,63			10,33			5,01						6,66			
Fluoranthen	µg/m <sup>3</sup>	39,07			70,70			34,74						48,17			
Pyren	µg/m <sup>3</sup>	33,98			63,06			32,27						43,1			
Benzo(b)naphto(2,1-d)thiophen	µg/m <sup>3</sup>	1,59			3,36			1,74						2,23			
Benzo(ghi)fluoranthen+	µg/m <sup>3</sup>	8,26			15,84			8,01						10,7			
Cyclopenta(cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	<0,96			13,56			<1,31						5,28			
Benz(a)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	6,73			6,95			6,38						6,69			
Chrysen+Triphenylol	µg/m <sup>3</sup>	9,55			17,56			9,00						12,04			
Benzofluoranthen(b+j+k)	µg/m <sup>3</sup>	13,33			25,83			13,02						17,39			
Benzo(e)pyren	µg/m <sup>3</sup>	3,84			7,38			3,90						5,04			
Perylol	µg/m <sup>3</sup>	0,81			1,55			0,80						1,05			
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	6,25			12,95			6,35						8,52			
Dibenz(a,h)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	<0,74			<1,58			<0,83						<1,05			
Benzo(ghi)perylol	µg/m <sup>3</sup>	4,89			10,74			5,25						6,96			
Antanthren	µg/m <sup>3</sup>	0,50			1,78			0,54						0,94			
Coronen	µg/m <sup>3</sup>	<2,76			6,66			2,89						4,1			

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

Tabelle 2-2 : Einzelmeßwerte Kachelofenluftheizung - Stedten - Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 3				
Feuerstätte:		Kachelofenluftheizung				
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Stedten				
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus				
		Probe 1	Probe 2	Probe 3		Mittelwert
Dioxine/Furane <sup>3</sup>						
TE (NATO/CCMS excl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,037	0,032	0,031		0,033
TE (NATO/CCMS incl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,037	0,032	0,031		0,033
2378- TetraCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,006	0,005	0,005		0,005
12378- PentaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,015	0,018	0,013		0,015
123478-/123469HexaCDD <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,013	0,021	0,018		0,017
123678-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,012	0,024	0,011		0,016
123789-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,014	0,02	0,016		0,017
1234678-HeptaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,087	0,162	0,114		0,121
OctaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,39	0,76	0,58		0,58
2378-TetraCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,011	0,007	0,012		0,01
12378-/12346(8)-PentaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,027	0,009	0,011		0,016
23478-12349-PentaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,021	0,011	0,015		0,016
123478-/124689-HexaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,021	0,008	0,013		0,014
123678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,019	0,007	0,013		0,013
123789-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001
234678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,011	0,006	0,01		0,009
1234678-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,029	0,016	0,023		0,023
1234789-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,001	<0,001	0,002		0,004
OctaCDF	ng/m <sup>3</sup>	<0,01	<0,01	0,03		<0,02

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

<sup>2</sup> gaschromatographisch mit der Kapillarsäule DB-Dioxin nicht trennbar

*Tabelle 2-2 : Einzelmeßwerte Kachelofenluftheizung - Stedten - Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 4				
Feuerstätte:		Kachelofenluftheizung				
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Stedten				
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus				Mittelwert
		Probe 1	Probe 2	Probe 3		
Polychlorierte Biphenyle <sup>3</sup>						
Summe PCB in TEQ(WHO),exkl.NWG	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
Summe PCB in TEQ(WHO),inkl.NWG	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
Summe PCB (Ballschmitter)	ng/m <sup>3</sup>					
PCB 28	ng/m <sup>3</sup>	<3	<3	<3		<3
PCB 52	ng/m <sup>3</sup>	<15	<3	<4		<7
PCB 101	ng/m <sup>3</sup>	<3	<3	<3		<3
PCB 138	ng/m <sup>3</sup>	<3	<3	<3		<3
PCB 153	ng/m <sup>3</sup>	<3	<3	<3		<3
PCB 180	ng/m <sup>3</sup>	<3	<3	<3		<3
Mono-ortho substituierte PCB						
PCB 105	ng/m <sup>3</sup>	<3	<3	<3		<3
PCB 114	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 118	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 123	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 156	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 157	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 167	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 189	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
Coplanare PCB						
PCB 77	ng/m <sup>3</sup>	<3	<3	<3		<3
PCB 126	ng/m <sup>3</sup>	<3	<3	<3		<3
PCB 169	ng/m <sup>3</sup>	<3	<3	<3		<3
Sonstige PCB						
PCB 170	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

Tabelle 2-3 : Einzelmeßwerte Kachelofenluftheizung - Salzkohle - Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 1										
Feuerstätte:		Kachelofenluftheizung										
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett "Salzkohle"										
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus										Mittelwert
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Schwefeldioxid	mg/m <sup>3</sup>	2440	1850	1410	2330	2430	2620	2230	2330	2200	2930	2330
Stickstoffoxide	mg/m <sup>3</sup>	56	45	33	49	53	47	67	49	40	56	49
Gesamtkohlenstoff	mg/m <sup>3</sup>	494	60	82	219	100	210	141	219	215	338	219
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	1500	747	1210	2360	1260	2560	1180	2360	4960	4020	2360
Sauerstoff	Vol.-%	16,2	17,4	18,2	16,7	16,1	16,1	17,0	16,7	17,0	15,9	16,7
Schwefelwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	1,14	0,69	0,08								0,63
Schwefeltrioxid <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	10,07	5,66	6,82								7,5
Fluorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,98	0,82	0,71								0,74
Chlorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	47,6	47,9	49,6								48,4
Gesamtstaub	mg/m <sup>3</sup>	90,7	18,5	31,1	112,1	74,0	170,4	135,7				90
Staubinhaltsstoffe												
Arsen	µg/m <sup>3</sup>	n.b.	0,05	n.b.	n.b.	0,51	n.b.	0,07				0,21
Blei	µg/m <sup>3</sup>	16,32	7,21	19,00	21,84	<0,04	10,75	<0,04				15,0
Cadmium	µg/m <sup>3</sup>	0,91	0,51	0,81	0,72	0,22	0,38	0,18				0,53
Cobalt	µg/m <sup>3</sup>	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01				<0,01
Chrom	µg/m <sup>3</sup>	0,17	0,24	0,15	0,42	<0,01	<0,02	<0,01				<0,15
Kupfer	µg/m <sup>3</sup>	1,26	0,99	<0,01	0,29	1,17	1,57	0,20				0,91
Mangan	µg/m <sup>3</sup>	n.n.	n.n.	4,67	2,14	0,61	1,06	3,23				2,3
Nickel	µg/m <sup>3</sup>	1,14	n.b.	0,15	0,48	n.b.	<0,02	n.b.				0,59
Selen	µg/m <sup>3</sup>	<0,01	0,09	0,42	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02				<0,08
Thallium	µg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,02	0,04	0,08	0,13	0,05				0,05
Vanadium	µg/m <sup>3</sup>	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	<0,03				<0,02

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

Tabelle 2-3 : Einzelmeßwerte Kachelofenluftheizung - Salzkohle - Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 2													
Feuerstätte:		Kachelofenluftheizung													
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett "Salzkohle"													
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus													
		1.	2.	3.											Mittelwert
Summe BTX <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	1,32	0,22	2,48											1,65
Benzol	mg/m <sup>3</sup>	0,71	<0,007	1,39											1,05
Toluol	mg/m <sup>3</sup>	0,43	0,12	0,12											0,22
Ethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,04	0,62											0,25
m-p-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,03	0,20											0,09
o-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	<0,007	<0,007	0,14											<0,05
4-Ethyltoluol	mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	<0,007											0,02
1,2,4-Trimethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	<0,007	0,01	<0,007											<0,02
		Probe 1			Probe 2			Probe 3							
Summe 19 PAH <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	650			1690			2830						1730	
Benzoapyren	µg/m <sup>3</sup>	20			70			100						63	
Fluoranthen	µg/m <sup>3</sup>	180			320			790						430	
Pyren	µg/m <sup>3</sup>	160			410			600						390	
Benzo(b)naphto(2,1-d)thiophen	µg/m <sup>3</sup>	10			40			70						40	
Benzo(ghi)fluoranthen+	µg/m <sup>3</sup>	40			90			170						100	
Cyclopenta(cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	10			80			70						53	
Benz(a)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	40			110			140						97	
Chrysen+Triphenylol	µg/m <sup>3</sup>	70			150			260						160	
Benzofluoranthen(b+j+k)	µg/m <sup>3</sup>	70			150			320						180	
Benzo(e)pyren	µg/m <sup>3</sup>	10			50			80						47	
Perylol	µg/m <sup>3</sup>	n.b.			n.b.			n.b.						n.b.	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	20			120			110						83	
Dibenz(a,h)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	10			50			40						33	
Benzo(ghi)perylol	µg/m <sup>3</sup>	10			60			60						43	
Coronen	µg/m <sup>3</sup>	n.b.			n.b.			20						20	

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

Tabelle 2-3 : Einzelmeßwerte Kachelofenluftheizung - Salzkohle - Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 3				
Feuerstätte:		Kachelofenluftheizung				
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett "Salzkohle"				
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus				
		Probe 1	Probe 2	Probe 3		Mittelwert
Dioxine/Furane <sup>3</sup>						
TE (NATO/CCMS excl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,087	0,134	0,106		0,109
TE (NATO/CCMS incl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,087	0,134	0,106		0,109
2378- TetraCDD	ng/m <sup>3</sup>		0,029	0,017		0,023
12378- PentaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,026	0,037	0,025		0,029
123478 HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,019	0,038	0,019		0,025
123678-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,024	0,030	0,019		0,024
123789-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,013	0,017	0,018		0,016
1234678-HeptaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,086	0,203	0,097		0,129
OctaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,302	1,250	0,380		0,650
2378-TetraCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,095	0,123	0,080		0,099
12378-PentaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,091	0,069	0,108		0,089
23478-PentaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,077	0,096	0,077		0,083
123478HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,014	0,013	0,018		0,015
123678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,078	0,052	0,091		0,074
123789-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,002	0,003		0,003
234678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,037	0,035	0,049		0,145
1234678-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,121	0,078	0,111		0,103
1234789-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,013	0,009	0,010		0,011
OctaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,025	0,021	0,029		0,025

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

Tabelle 2-4 : Einzelmeßwerte Kachelofenluftheizung - Profen 1 - Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen											Blatt 1
Feuerstätte:											Kachelofenluftheizung
Brennstoff:											Braunkohlenbrikett Profen 1
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus									
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	Mittelwert
Schwefeldioxid	mg/m <sup>3</sup>	1500	1490	1600	1560	1420	986	1620	1440	1600	1500
Stickstoffoxide	mg/m <sup>3</sup>	60	75	71	63	56	30	69	63	55	61
Gesamtkohlenstoff	mg/m <sup>3</sup>	281	83	62	135	312	114	102	84	56	114
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	2140	826	811	1460	2150	1200	1230	1000	2760	1530
Sauerstoff	Vol.-%	15,9	15,9	15,9	16,1	16,2	18,1	15,7	16,3	15,9	16,2
Schwefelwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,14	0,22	0,15							0,17
Schwefeltrioxid <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>										
Fluorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,44	0,07	0,17							0,23
Chlorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	<0,4	<0,4	<0,5							<0,38
Gesamtstaub	mg/m <sup>3</sup>	86,1	59,2	91,0	86,7	119,4	116,8				93
Staubinhaltsstoffe											
Arsen	µg/m <sup>3</sup>	0,96	1,32	n.b.	0,53	n.b.	n.b.				0,94
Blei	µg/m <sup>3</sup>	0,78	0,46	0,68	0,68	<0,37	2,05				0,84
Cadmium	µg/m <sup>3</sup>	0,15	0,06	0,10	0,07	0,43	0,26				0,18
Cobalt	µg/m <sup>3</sup>	0,01	0,02	0,04	<0,01	0,004	0,06				0,024
Chrom	µg/m <sup>3</sup>	0,14	0,09	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01				<0,045
Kupfer	µg/m <sup>3</sup>	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02				<0,018
Mangan	µg/m <sup>3</sup>	2,31	3,80	2,68	2,74	7,23	4,40				3,86
Nickel	µg/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	0,60	n.b.	0,77	5,17				2,18
Selen	µg/m <sup>3</sup>	1,06	1,84	3,10	2,46	0,61	0,53				1,6
Thallium	µg/m <sup>3</sup>	0,03	0,07	0,03	0,03	0,04	0,09				0,05
Vanadium	µg/m <sup>3</sup>	<0,02	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03				<0,028

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

Tabelle 2-4 : Einzelmeßwerte Kachelofenluftheizung - Profen 1 - Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 2														
Feuerstätte:		Kachelofenluftheizung														
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Profen 1														
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus														Mittelwert
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	
Summe BTX <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,35	3,1												1,18
Benzol	mg/m <sup>3</sup>	<0,007	0,12	0,76												0,30
Toluol	mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,11	1,31												0,48
Ethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,009	0,03	0,37												0,14
m-p-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	<0,007	0,01	0,06												0,03
o-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	<0,007	0,05	0,52												0,19
4-Ethyltoluol	mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,07												0,03
1,2,4-Trimethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,02	<0,007												0,02
		Probe 1			Probe 2			Probe 3								
Summe 19 PAH <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	2570			1990			10130						4900		
Benzoapyren	µg/m <sup>3</sup>	100			80			520						230		
Fluoranthen	µg/m <sup>3</sup>	720			560			2550						1277		
Pyren	µg/m <sup>3</sup>	620			470			2370						1153		
Benzo(b)naphto(2,1-d)thiophen	µg/m <sup>3</sup>	30			30			170						77		
Benzo(ghi)fluoranthen+	µg/m <sup>3</sup>	160			150			540						283		
Cyclopenta(cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	100			100			670						290		
Benz(a)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	140			110			670						307		
Chrysen+Triphenylol	µg/m <sup>3</sup>	200			160			920						427		
Benzofluoranthen(b+j+k)	µg/m <sup>3</sup>	140			90			500						243		
Benzo(e)pyren	µg/m <sup>3</sup>	70			50			230						117		
Perylol	µg/m <sup>3</sup>	n.b.			n.b.			n.b.						n.b.		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	110			80			390						193		
Dibenz(a,h)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	60			10			90						53		
Benzo(ghi)perylol	µg/m <sup>3</sup>	90			60			320						157		
Coronen	µg/m <sup>3</sup>	30			30			200						87		

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

Tabelle 2-4 : Einzelmeßwerte Kachelofenluftheizung - Profen 1 - Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 3				
Feuerstätte:		Kachelofenluftheizung				
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Profen 1				
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus				
		Probe 1	Probe 2	Probe 3		Mittelwert
Dioxine/Furane <sup>3</sup>						
TE (NATO/CCMS excl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,013	0,024	0,011		0,016
TE (NATO/CCMS incl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,013	0,024	0,011		0,016
2378- TetraCDD	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	0,003	n.n.		0,003
12378- PentaCDD	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	0,005	0,002		0,004
123478-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	0,003	0,002		0,003
123678-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	0,005	0,003		0,004
123789-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	0,004	0,002		0,003
1234678-HeptaCDD	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	0,038	0,014		0,026
OctaCDD	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	0,142	0,072		0,107
2378-TetraCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,026	0,023	0,017		0,022
12378- PentaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,025	0,018	0,013		0,019
23478-PentaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,011	0,019	0,010		0,013
123478-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,009	0,005	0,004		0,006
123678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,019	0,021	0,009		0,016
123789-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,001	0,001	0,001		0,001
234678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,010	0,003		0,005
1234678-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,056	0,051	0,018		0,042
1234789-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,003	0,002		0,003
OctaCDF	ng/m <sup>3</sup>	n.n.	0,017	0,009		0,013

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

Tabelle 2-5 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - Profen 2 - Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen																	Blatt 1	
Feuerstätte:																	Durchbrandofen	
Brennstoff:																	Braunkohlenbrikett Profen 2	
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus																
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	Mittelwert
Schwefeldioxid	mg/m <sup>3</sup>	742	844	627	680	661	525	792	782	786	739	833	926	884				756
Stickstoffoxide	mg/m <sup>3</sup>	27	44	30	27	28	27	32	38	34	31	35	35	35				33
Gesamtkohlenstoff	mg/m <sup>3</sup>	400	114	208	66	94	173	353	178	333	151	50	178	182				190
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	1580	2060	1780	1150	1330	1450	2450	1680	2560	1845	1150	2010	2080				1700
Kohlendioxid	Vol.-%	2,3	3,5	2,9	2,3	2,2	2,1	3,3	3,2	3,2	2,9	3	3,2	3,1				2,9
Sauerstoff	Vol.-%	18,5	16,6	17,4	18,4	18,4	18,5	17,2	17,2	17,1	17,5	17,4	17,3	17,3				17,5
Schwefelwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,13	0,41	0,15														0,23
Schwefeltrioxid <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	11,8	16,0	5,7														11,2
Fluorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,5	0,4	0,2														0,4
Chlorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	5,9	2,0	4,9														4,3
Gesamtstaub	mg/m <sup>3</sup>	144,2	93,4	80,3	92,4	61,8	83,0	138,2										99
Staubinhaltsstoffe																		
Arsen	µg/m <sup>3</sup>	1,12	1,23	0,77	n.b.	n.b.	n.b.											1,04
Blei	µg/m <sup>3</sup>	6,48	4,8	12,17	4,88	14,91	4,27											7,92
Cadmium	µg/m <sup>3</sup>	0,38	0,43	0,54	2,45	0,48	0,44											0,79
Chrom	µg/m <sup>3</sup>	0,32	0,14	0,65	0,64	0,85	0,08											0,45
Cobalt	µg/m <sup>3</sup>	0,04	<0,017	<0,017	<0,017	0,029	0,025											0,02
Kupfer	µg/m <sup>3</sup>	0,55	<0,08	<0,08	0,56	0,43	<0,08											<0,3
Mangan	µg/m <sup>3</sup>	7,82	11,05	8,8	15,4	8,58	3,26											9,15
Nickel	µg/m <sup>3</sup>	0,74	0,77	1,13	n.b.	n.b.	n.b.											0,88
Selen	µg/m <sup>3</sup>	5,68	7,06	3,35	10,59	2,79	7,5											6,16
.Thallium	µg/m <sup>3</sup>	0,19	0,17	0,23	0,19	0,215	0,17											0,19
Vanadium	µg/m <sup>3</sup>	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02											<0,02
Zinn	µg/m <sup>3</sup>	<0,09	0,12	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09											<0,09

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

Tabelle 2-5 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - Profen 2 - Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 2																
Feuerstätte:		Durchbrandofen																
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Profen 2																
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus																
		1.	2.															Mittelwert
Summe BTX <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	2,99	0,63															1,81
Benzol	mg/m <sup>3</sup>	2,2	0,57															1,38
Toluol	mg/m <sup>3</sup>	0,5	0,02															0,26
Ethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01															0,03
m-p-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	0,13	0,01															0,07
o-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,01															0,05
4-Ethyltoluol	mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,01															0,02
1,2,4-Trimethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.															
		Probe 1			Probe 2			Probe 3										
Summe 21 PAH <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	1829			1634			767						1410				
Benzo(a)pyren	µg/m <sup>3</sup>	74,5			88,5			17,9						60,3				
Fluoranthren	µg/m <sup>3</sup>	458,3			371,6			194,2						341,3				
Pyren	µg/m <sup>3</sup>	328,8			272			133,3						244,7				
Benzo(b)naphto(2,1-d)thiophen	µg/m <sup>3</sup>	19,6			16,6			9,8						15,3				
Benzo(ghi)fluoranthren+	µg/m <sup>3</sup>	113,6			98,7			46,5						86,3				
Cyclopenta(cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	11,2			12,9			2,68						8,92				
Benz(a)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	106,2			87,6			43,0						78,9				
Chrysen+Triphenylen	µg/m <sup>3</sup>	207,7			198,2			93,1						166,3				
Benzofluoranthren(b+j+k)	µg/m <sup>3</sup>	233,8			247,1			104,7						195,2				
Benzo(e)pyren	µg/m <sup>3</sup>	68			71			22,4						53,8				
Perylol	µg/m <sup>3</sup>	5,59			9,22			27,7						14,2				
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	65,2			64,5			18,8						49,5				
Dibenz(a,h)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	17,7			10,1			8,95						12,3				
Picen	µg/m <sup>3</sup>	41,9			5,53			18,8						22,1				
Benzo(ghi)perylen	µg/m <sup>3</sup>	47,5			47,9			15,2						36,9				
Antanthren	µg/m <sup>3</sup>	10,3			13,8			5,37						9,8				
Coronen	µg/m <sup>3</sup>	19,6			18,4			4,47						14,2				

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

*Tabelle 2-5 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - Profen 2 - Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 3				
Feuerstätte:		Durchbrandofen				
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Profen 2				
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus				
		Probe 1	Probe 2	Probe 3		Mittelwert
Dioxine/Furane <sup>3</sup>						
TE (NATO/CCMS excl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,183	0,03	0,03		0,081
TE (NATO/CCMS incl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,21	0,03	0,03		0,09
2378- TetraCDD	ng/m <sup>3</sup>	< 0,03	0,01	0,01		0,01
12378- PentaCDD	ng/m <sup>3</sup>	< 0,06	0,01	0,02		0,03
123478-/123469HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	< 0,4	0,01	0,01		0,02
123678-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,10	0,01	0,01		0,04
123789-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	n.n.		0,03
1234678-HeptaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,37	0,02	0,02		0,14
OctaCDD	ng/m <sup>3</sup>	1,42	0,17	0,05		0,55
2378-TetraCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,09	0,02	0,05		0,05
12378-/12378-PentaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,10	0,01	0,01		0,04
23478-12349-PentaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,13	0,01	0,02		0,05
123478-/124689-HexaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,20	0,02	0,01		0,08
123678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,18	0,01	0,01		0,07
123789-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,29	0,02	0,01		0,11
234678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	< 0,06	0,01	n.n.		0,03
1234678-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	1,06	0,03	0,03		0,37
1234789-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,22	0,01	0,01		0,08
OctaCDF	ng/m <sup>3</sup>	1,26	0,12	0,01		0,44

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

<sup>2</sup> gaschromatographisch mit der Kapillarsäule SP 2331 nicht trennbare Kongenere

*Tabelle 2-6 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - MIBRAG 1 - Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen																	Blatt 1	
Feuerstätte:																	Durchbrandofen	
Brennstoff:																	Braunkohlenbrikett MIBRAG 1	
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus																
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	Mittelwert
Schwefeldioxid	mg/m <sup>3</sup>	987	811	660	681	791	877	869	674	781	1087	682	843	1066	783	770	819	823
Stickstoffoxide	mg/m <sup>3</sup>	76	77	64	55	71	71	69	51	65	87	58	76	73	64	65	66	68
Gesamtkohlenstoff	mg/m <sup>3</sup>	302	146	229	108	88	137	134	126	125	196	138	157	255	125	136	122	147
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	2250	2000	2500	2500	2000	2130	2250	2380	2250	2000	2380	2630	2880	2500	1500	2380	2240
Kohlendioxid	Vol.-%	3,9	3,6	3,5	3,6	4,0	4,0	4,2	3,6	3,8	4,6	3,3	3,8	4,5	3,5	3,5	3,9	3,8
Sauerstoff	Vol.-%		16,8	16,8	16,8	16,4	16,3	16,2	17,0	16,7	15,6	17,0	16,6	15,5	16,7	17,1	16,8	16,6
Schwefelwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	11,6	4,4	1,7	4,7	0,9	<0,3											3,9
Schwefeltrioxid <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	15,7	22,1	23,6	45,2	7,7	13,2	10,4	12,0									16,5
Fluorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,4	0,2	0,2														0,3
Chlorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	<1,0	<1,0	<1,3														<1,1
Gesamtstaub	mg/m <sup>3</sup>	39,3	32,6	38,3	34,4	41,2	35,1	14,7	26,4									32,8
Staubinhaltsstoffe																		
Antimon	µg/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.										n.b.
Arsen	µg/m <sup>3</sup>	11,7	8,4	2,6	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.										7,56
Blei	µg/m <sup>3</sup>	3,72	4,57	4,44	6,15	5,37	2,13	7,72										4,87
Cadmium	µg/m <sup>3</sup>	0,38	0,41	0,40	0,46	0,63	0,57	0,43										0,47
Cobalt	µg/m <sup>3</sup>	<0,01	0,02	0,06	0,08	0,01	0,08	0,01										0,05
Chrom	µg/m <sup>3</sup>	0,03	0,05	<0,01	0,04	0,01	0,01	0,05										0,03
Kupfer	µg/m <sup>3</sup>	0,12	0,22	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,30										0,11
Mangan	µg/m <sup>3</sup>	0,67	2,42	1,37	4,21	13,50	10,1	5,76										5,51
Nickel	µg/m <sup>3</sup>	0,22	0,14	n.b.	n.b.	0,12	n.b.	0,35										0,21
Selen	µg/m <sup>3</sup>	53,0	66,3	69,6	59,4	55,9	20,0	49,0										53,3
Thallium	µg/m <sup>3</sup>	<0,26	<0,27	<0,27	<0,29	<0,29	<0,29	<0,36										<0,29
Vanadium	µg/m <sup>3</sup>	0,03	0,09	0,04	0,08	0,05	0,02	0,03										0,05
Zink	µg/m <sup>3</sup>	7,7	9,3	14,3	14,5	13,8	8,3	15,8										12,5
Zinn	µg/m <sup>3</sup>	8,3	15,8	<0,04	7,98	1,72	1,51	<0,05										1,75

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

*Tabelle 2-6 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - MIBRAG 1 - Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 2												
Feuerstätte:		Durchbrandofen												
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett MIBRAG 1												
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus												
		1.	2.	3.									Mittelwert	
Summe BTX <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	8,6	8,5	11,0									9,8	
Benzol	mg/m <sup>3</sup>	4,9	5,2	8,1									6,5	
Toluol	mg/m <sup>3</sup>	2,0	1,9	1,7									1,9	
Ethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,2	0,2	0,1									0,2	
m-p-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	0,5	0,4	0,3									0,4	
o-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	0,3	0,3	0,2									0,2	
4-Ethyltoluol	mg/m <sup>3</sup>	0,4	0,3	0,4									0,4	
1,2,4-Trimethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,3	0,2	0,2									0,2	
		Probe 1			Probe 2			Probe 3						
Summe 21 PAH <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	705			782			598				695		
Benzoapyren	µg/m <sup>3</sup>	16,9			25,8			20,1				20,9		
Fluoranthen	µg/m <sup>3</sup>	161			179			135				158		
Pyren	µg/m <sup>3</sup>	150			164			123				146		
Benzo(b)naphto(2,1-d)thiophen	µg/m <sup>3</sup>	11,4			12,3			7,8				10,5		
Benzo(ghi)fluoranthen + Benzo(c)phenanthren	µg/m <sup>3</sup>	52,5			58,6			43,3				51,5		
Cyclopenta(cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	1,7			6,4			6,6				38,8		
Benz(a)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	39,7			44,0			32,7				65,5		
Chrysen + Triphenylol	µg/m <sup>3</sup>	64,8			73,7			58,0				71,57		
Benzofluoranthen(b+j+k)	µg/m <sup>3</sup>	73,0			82,3			59,4				20,3		
Benzo(e)pyren	µg/m <sup>3</sup>	20,8			23,6			16,5				2,57		
Perylol	µg/m <sup>3</sup>	1,7			3,4			2,6				2,6		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	28,5			30,8			23,6				27,6		
Dibenz(a,h)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	6,3			6,9			4,5				5,9		
Picen	µg/m <sup>3</sup>	42,0			34,1			36,0				37,4		
Benzo(ghi)perylol	µg/m <sup>3</sup>	27,8			29,5			22,5				26,6		
Antanthren	µg/m <sup>3</sup>	0,5			1,3			1,1				0,9		
.Coronen	µg/m <sup>3</sup>	6,4			7,2			5,3				6,3		

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

*Tabelle 2-6 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - MIBRAG 1 - Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 3				
Feuerstätte:		Durchbrandofen				
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett MIBRAG 1				
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus				Mittelwert
		Probe 1	Probe 2	Probe 3		
Dioxine/Furane <sup>3</sup>						
TE (NATO/CCMS excl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,013	0,031	0,009		0,018
TE (NATO/CCMS incl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,014	0,031	0,009		0,018
2378- TetraCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,001	0,001	0,002		0,001
12378- PentaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,002	0,003		0,003
123478-/123469HexaCDD <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,002	0,002	0,003		0,002
123678-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,002	0,003		0,003
123789-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,004	0,003	0,003		0,003
1234678-HeptaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,018	0,015	0,015		0,016
OctaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,113	0,080	0,103		0,099
2378-TetraCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,015	0,052	0,006		0,024
12378-/12348-PentaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,008	0,041	0,006		0,018
23478-12349-PentaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,008	0,020	0,004		0,011
123478-/124689-HexaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,020	0,080	0,010		0,037
123678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,006	0,020	0,003		0,01
123789-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	< 0,0001	0,001	0,001		0,001
234678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,004	0,004	0,003		0,004
1234678-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,012	0,016	0,009		0,012
1234789-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,005	0,002		0,003
OctaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,038	0,013	0,017		0,023

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

<sup>2</sup> gaschromatographisch mit der Kapillarsäule DB-Dioxin nicht trennbar

*Tabelle 2-6 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - MIBRAG 1 - Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 4				
Feuerstätte:		Durchbrandofen				
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett MIBRAG 1				
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus				
		Probe 1	Probe 2	Probe 3		Mittelwert
Polychlorierte Biphenyle <sup>3</sup>						
Summe PCB in TEQ(WHO),exkl. NWG	ng/m <sup>3</sup>	0,013	0,004	0,008		0,0083
Summe PCB in TEQ(WHO),incl. NWG	ng/m <sup>3</sup>	0,013	0,004	0,008		0,0083
Summe PCB (Ballschmitter)	ng/m <sup>3</sup>	12,6	7,21	7,95		9,25
PCB 28	ng/m <sup>3</sup>	5.70	3.03	2.52		3.75
PCB 52	ng/m <sup>3</sup>	2.99	1.76	1.83		2.19
PCB 101	ng/m <sup>3</sup>	1.11	0.66	1.02		0.93
PCB 138	ng/m <sup>3</sup>	0.95	0.63	0.81		0.8
PCB 153	ng/m <sup>3</sup>	1.26	0.77	1.05		1.03
PCB 180	ng/m <sup>3</sup>	0.59	0.35	0.71		0.55
Mono-ortho substituierte PCB						
PCB 105	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 114	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 118	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 123	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 156	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 157	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 167	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 189	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
Coplanare PCB						
PCB 77	ng/m <sup>3</sup>	0,62	0,25	0,33		0,40
PCB 126	ng/m <sup>3</sup>	0.10	0.03	0.06		0.07
PCB 169	ng/m <sup>3</sup>	0.26	0.09	0.19		0.18
Sonstige PCB						
PCB 170	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

Tabelle 2-7 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - Lausitz 1 - Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 1																		
Feuerstätte:		Durchbrandofen																		
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Lausitz 1																		
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus																		Mittelwert
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	
Schwefeldioxid	mg/m <sup>3</sup>	240	127	209	304	240	193	210	286	277	220	312	194	169	116	193	247	197	249	221
Stickstoffoxide	mg/m <sup>3</sup>	57	66	63	62	60	60	61	58	66	92	110	93	102	41	63	67	69	72	70
Gesamtkohlenstoff	mg/m <sup>3</sup>	152	81	99	129	152	99	57	149	35	115	62	153	84	135	113	57	115	74	103
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	2380	2380	2750	3000	3380	2630	2130	3130	2130	2500	2380	3130	3000	1630	2000	1630	2250	2000	2470
Kohlendioxid	Vol.-%	4,1	3,5	3,6	4,0	4,1	3,7	4,4	3,8	4,9	3,8	4,5	3,8	3,8	2,3	3,9	4,2	4,3	4,7	4,0
Sauerstoff	Vol.-%	16,1	17,2	16,8	16,2	16,1	16,7	16,1	16,3	15,2	16,8	16,1	16,6	16,4	18,4	16,7	16,5	13,3	15,9	16,3
Schwefelwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	< 0,2	< 0,3	< 0,1																< 0,2
Schwefeltrioxid <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	8,3	3,4	8,2	7,5	3,6														6,2
Fluorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,3	0,3	0,2																0,2
Chlorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	10,9	3,6	5,9																6,8
Gesamtstaub	mg/m <sup>3</sup>	9,1	2,5	7,0	7,1	12,2	9,6	10,1												8,2
Staubinhaltsstoffe																				
Arsen	µg/m <sup>3</sup>	88,1	87,1	38,5	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.												71,2
Blei	µg/m <sup>3</sup>	4,4	4,9	4,2	3,9	5,1	1,9	2,9												3,9
Cadmium	µg/m <sup>3</sup>	1,1	1,8	0,6	8,7	0,5	0,5	0,3												0,8
Cobalt	µg/m <sup>3</sup>	0,20	0,13	0,13	<0,01	0,02	<0,01	0,01												0,07
Chrom	µg/m <sup>3</sup>	<0,03	0,10	0,04	0,01	<0,01	<0,01	<0,01												< 0,028
Kupfer	µg/m <sup>3</sup>	<0,03	<,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02												< 0,02
Mangan	µg/m <sup>3</sup>	9,4	6,9	6,2	1,7	3,1	8,4	4,8												5,8
Nickel	µg/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.	<0,01	0,09	<0,01	<0,01												< 0,03
Palladium	µg/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.												n.b.
Selen	µg/m <sup>3</sup>	0,6	<0,02	0,08	0,11	0,42	0,84	0,36												0,35
Tellur	µg/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.												n.b.
Thallium	µg/m <sup>3</sup>	0,16	0,21	0,26	0,27	0,21	0,16	0,17												0,21
Vanadium	µg/m <sup>3</sup>	<0,02	0,13	0,17	0,04	0,04	0,11	0,09												0,08
Zinn	µg/m <sup>3</sup>	0,09	0,32	0,17	0,26	0,62	0,34	0,33												0,31

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

Tabelle 2-7 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - Lausitz 1 - Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 2											
Feuerstätte:		Durchbrandofen											
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Lausitz 1											
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus											
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.				Mittelwert	
Summe BTX <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	15,3	< 0,036	< 0,115	< 0,076	5,48	5,62	7,21					4,8
Benzol	mg/m <sup>3</sup>	9,47	< 0,004	0,009	0,035	2,65	2,58	4,25					2,7
Toluol	mg/m <sup>3</sup>	3,29	0,004	< 0,004	< 0,004	1,24	1,25	1,38					1,0
Ethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,43	< 0,004	< 0,004	0,060	0,25	0,26	0,21					0,17
m-p-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	0,76	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,47	0,55	0,45					0,32
o-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	0,43	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,28	0,33	0,27					0,19
4-Ethyltoluol	mg/m <sup>3</sup>	0,59	0,006	< 0,004	< 0,004	0,31	0,34	0,37					0,23
1,2,4-Trimethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,36	0,010	< 0,004	< 0,004	0,28	0,31	0,28					0,18
		Probe 1			Probe 2			Probe 3					
Summe 21 PAH <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	270			256			337				297	
Benzoapyren	µg/m <sup>3</sup>	13,6			11,8			12,8				12,7	
Fluoranthren	µg/m <sup>3</sup>	55,7			52,2			69,7				59,2	
Pyren	µg/m <sup>3</sup>	45,1			41,5			51,1				45,9	
Benzo(b)naphto(2,1-d)thiophen	µg/m <sup>3</sup>	1,1			0,9			1,1				1,0	
Benzo(ghi)fluoranthren + Benzo(c)phenanthren	µg/m <sup>3</sup>	25,0			19,4			31,2				25,2	
Cyclopenta(cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	8,1			3,4			2,8				4,8	
Benz(a)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	22,3			15,4			21,6				19,8	
Chrysen+Triphenylol	µg/m <sup>3</sup>	27,3			21,6			33,4				27,4	
Benzofluoranthren(b+j+k)	µg/m <sup>3</sup>	35,7			34,7			43,4				38,0	
Benzo(e)pyren	µg/m <sup>3</sup>	10,1			8,9			12,1				10,4	
Perylol	µg/m <sup>3</sup>	5,0			2,5			2,5				3,3	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	12,5			12,6			14,9				13,3	
Dibenz(a,h)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	4,5			3,3			5,6				4,4	
Picen	µg/m <sup>3</sup>	13,1			12,8			16,1				14,0	
Benzo(ghi)perylol	µg/m <sup>3</sup>	12,3			12,2			14,0				12,8	
Antanthren	µg/m <sup>3</sup>	1,7			0,5			0,6				0,9	
Coronen	µg/m <sup>3</sup>	3,6			2,7			3,8				3,4	

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

*Tabelle 2-7 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - Lausitz 1 - Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 3					
Feuerstätte:		Durchbrandofen					
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Lausitz 1					
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus					
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Probe 5	Mittelwert
Dioxine/Furane <sup>3</sup>							
TE (NATO/CCMS excl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,016	0,012	0,013	0,013	0,011	0,013
TE (NATO/CCMS incl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,016	0,014	0,015	0,013	0,011	0,014
2378- TetraCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,002	< 0,002	< 0,002	0,002	0,001	0,001
12378- PentaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,004	0,005	0,008	0,005	0,004	0,005
123478-/123469 HexaCDD <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,004	0,002	0,002	0,003	0,001	0,002
123678-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
123789-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,004	0,003	0,004	0,003	0,002	0,003
1234678-HeptaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,017	0,017	0,020	0,014	0,012	0,016
OctaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,045	0,081	0,066	0,055	0,048	0,059
2378-TetraCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,016	0,021	0,015	0,018	0,019	0,018
12378-/12378-PentaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,012	0,008	0,009	0,009	0,006	0,009
23478-12349-PentaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,010	0,008	0,008	0,009	0,007	0,008
123478-/123479-HexaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,011	0,009	0,005	0,006	0,005	0,007
123678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,007	0,004	0,004	0,005	0,004	0,005
123789-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,003	0,002	0,001	0,002	0,002
234678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,010	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005
1234678-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,014	0,008	0,012	0,013	0,013	0,012
1234789-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,001	0,002	< 0,001	< 0,001	0,002
OctaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,009	0,008	0,013	0,005	0,004	0,008

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

<sup>2</sup> gaschromatographisch mit der Kapillarsäule SP 2331 nicht trennbare Kongenere

*Tabelle 2-7 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - Lausitz 1 - Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 4				
Feuerstätte:		Durchbrandofen				
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Lausitz 1				
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus				
		Probe 1	Probe 2	Probe 3		Mittelwert
Polychlorierte Biphenyle <sup>3</sup>						
Summe PCB in TEQ(WHO),exkl. NWG	ng/m <sup>3</sup>	0,27	0,022	0,015		0,102
Summe PCB in TEQ(WHO),incl. NWG	ng/m <sup>3</sup>	0,27	0,022	0,015		0,102
Summe PCB (Ballschmitter)	ng/m <sup>3</sup>	3,6	3,4	3,3		3,5
PCB 28	ng/m <sup>3</sup>	< 0,002	1,0	0,7		0,6
PCB 52	ng/m <sup>3</sup>	1,2	0,3	0,3		0,6
PCB 101	ng/m <sup>3</sup>	0,5	0,3	0,2		0,4
PCB 138	ng/m <sup>3</sup>	0,3	0,1	0,1		0,2
PCB 153	ng/m <sup>3</sup>	1,0	1,0	1,0		1,0
PCB 180	ng/m <sup>3</sup>	0,6	0,7	0,8		0,7
Mono-ortho substituierte PCB						
PCB 105	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 114	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 118	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 123	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 156	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 157	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 167	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 189	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
Coplanare PCB						
PCB 77	ng/m <sup>3</sup>	< 0,002	< 0,001	0,07		< 0,02
PCB 126	ng/m <sup>3</sup>	2,2	< 0,001	< 0,001		< 0,74
PCB 169	ng/m <sup>3</sup>	5,0	2,2	1,5		2,9
Sonstige PCB						
PCB 170	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

Tabelle 2-8 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - MIBRAG 2 - Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 1																		
Feuerstätte:		Durchbrandofen																		
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett, MIBRAG 2																		
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus																		Mittelwert
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	
Schwefeldioxid	mg/m <sup>3</sup>	729	839	630	837	709	929	730	952	791	763	758	652	650	698	668	561	536	690	731
Stickstoffoxide	mg/m <sup>3</sup>	73,3	78,2	70,8	78,6	70,5	74,8	66,1	77,4	58,3	73,7	34,8	68,7	60,3	69,7	60,6	50,5	41,7	64,6	65
Gesamtkohlenstoff	mg/m <sup>3</sup>	131	80	141	94	165	279	198	111	214	139	311	135	154	122	146	167	167	98	158
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	2900	1700	2820	1900	2670	2790	2365	2450	2890	2390	2130	2315	2265	1965	2380	1130	1210	1450	2210
Kohlendioxid	Vol.-%	3,6	4,4	3,3	3,9	3,4	4,3	3,5	4,0	4,0	3,7	3,4	3,4	3,2	3,5	3,4	2,8	2,5	3,0	3,5
Sauerstoff	Vol.-%	16,8	16,1	12,2	16,5	17,0	16,0	16,9	16,2	16,2	16,6	17,0	16,9	16,8	17,0	16,9	17,7	18,2	17,6	16,6
Schwefelwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	1,3	0,5	0,9																0,9
Schwefeltrioxid <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	16,7	7,7	11,7	9,5															11,4
Fluorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,1	0,1	0,1																0,1
Chlorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,8	0,9	0,9																0,9
Gesamtstaub	mg/m <sup>3</sup>	77,0	45,0	86,8	69,4	62,2	77,5	69,3												69,6
Staubinhaltsstoffe																				
Antimon	µg/m <sup>3</sup>	<0,04	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05													<0,05
Arsen	µg/m <sup>3</sup>	3,98	1,44	1,39																2,27
Blei	µg/m <sup>3</sup>	11,1	4,17	4,61	5,27	4,23	5,24													5,77
Cadmium	µg/m <sup>3</sup>	0,03	0,12	0,06	0,14	0,14	0,04	0,19												0,1
Chrom	µg/m <sup>3</sup>	0,48	0,48	2,18	1,32	0,33	0,26													0,84
Cobalt	µg/m <sup>3</sup>	0,11	0,10	0,07	0,08	0,07	0,04													0,08
Eisen	µg/m <sup>3</sup>	56	52	104	136	85	65													83
Kupfer	µg/m <sup>3</sup>	1,67	1,82	1,52	1,51	0,80	1,03													1,39
Mangan	µg/m <sup>3</sup>	5,76	10,1	19,5	11,0	19,5	6,52													12,1
Nickel	µg/m <sup>3</sup>	4,71	6,12	1,13																3,99
.Thallium	µg/m <sup>3</sup>	0,07	0,05	0,08	0,07	0,07	0,08													0,07
Vanadium	µg/m <sup>3</sup>	<0,02	<0,02	0,07	0,07	<0,02	<0,02													<0,04
Zinn	µg/m <sup>3</sup>	3,42	7,07	<0,10	2,62	9,01	1,88													4,02

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

Tabelle 2-8 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - MIBRAG 2 - Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 2													
Feuerstätte:		Durchbrandofen													
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett, MIBRAG 2													
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus													
		1.+2.	3.+4.	5.+6.											Mittelwert
Summe BTX <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	7,83	8,83	12,92											9,86
Benzol	mg/m <sup>3</sup>	5,39	6,67	9,51											7,19
Toluol	mg/m <sup>3</sup>	1,49	1,29	1,75											1,51
Ethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,18	0,11	0,21											0,17
m-p-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	0,16	0,22	0,49											0,29
o-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	0,066	0,1	0,21											0,12
4-Ethyltoluol	mg/m <sup>3</sup>	0,46	0,37	0,5											0,44
1,2,4-Trimethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,09	0,25											0,14
		Probe 1			Probe 2			Probe 3			Probe 4				
Summe 21 PAH <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	818			339			1187			711			764	
Benzo(a)pyren	µg/m <sup>3</sup>	24,6			17,1			65			40,9			37	
Fluoranthen	µg/m <sup>3</sup>	201,8			150,6			350			298,5			250	
Pyren	µg/m <sup>3</sup>	199,7			139,2			366			294,4			250	
Benzo(b)naphto(2,1-d)thiophen	µg/m <sup>3</sup>	5,6			n.b.			6,1*			n.b.			5,9	
Benzo(ghi)fluoranthen+ Benzo(c)phenanthren	µg/m <sup>3</sup>	60,6			n.b.			48,9*			n.b.			54,8	
Cyclopenta(cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	2,6			n.b.			3*			n.b.			2,8	
Benz(a)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	48,7			31,7			108			77,6			66,5	
Chrysen+Triphenylen	µg/m <sup>3</sup>	86			n.b.			84*			n.b.			86	
Benzofluoranthen(b+j+k)	µg/m <sup>3</sup>	62,8			n.b.			61,2*			n.b.			62	
Benzo(e)pyren	µg/m <sup>3</sup>	20			n.b.			18*			n.b.			19	
Perylol	µg/m <sup>3</sup>	1,7			n.b.			0,6*			n.b.			1,2	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	32,4			n.b.			23,4*			n.b.			27,9	
Dibenz(a,h)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	6,8			n.b.			6,3*			n.b.			6,6	
Picen	µg/m <sup>3</sup>	21,7			n.b.			26,1*			n.b.			23,9	
Benzo(ghi)perylen	µg/m <sup>3</sup>	28,9			n.b.			20*			n.b.			24,5	
Antanthren	µg/m <sup>3</sup>	0,22			n.b.			0,21*			n.b.			0,22	
Coronen	µg/m <sup>3</sup>	14,2			n.b.			n.b.			n.b.			14,2	

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

\*Probe 3+4

*Tabelle 2-8 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - MIBRAG 2 - Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 3				
Feuerstätte:		Durchbrandofen				
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett, MIBRAG 2				
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus				Mittelwert
		Probe 1	Probe 2	Probe 3		
Dioxine/Furane <sup>3</sup>						
TE (NATO/CCMS excl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,010	0,009	0,013		0,011
TE (NATO/CCMS incl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,010	0,009	0,013		0,011
2378- TetraCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,002	0,003	0,003		0,003
12378- PentaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,004	0,004		0,004
123478-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,002	0,003	0,003		0,003
123678-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,005	0,004		0,004
123789-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,004	0,008	0,007		0,006
1234678-HeptaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,018	0,025	0,028		0,024
OctaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,120	0,163	0,129		0,137
2378-TetraCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,006	0,006	0,007		0,006
12378PentaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,003	0,003		0,003
23478-PentaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,006	0,002	0,007		0,005
123478-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,005	0,005	0,004		0,005
123678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,003	0,004		0,003
123789-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,0004	0,0008	0,001		0,007
234678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,003	0,005		0,004
1234678-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,006	0,005	0,007		0,006
1234789-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,002	0,002	0,003		0,002
OctaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,006	0,006	0,009		0,007

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

*Tabelle 2-9 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - Lausitz 2 - Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 1																		
Feuerstätte:		Durchbrandofen																		
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Lausitz 2																		
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus																		Mittelwert
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	
Schwefeldioxid	mg/m <sup>3</sup>	244	286	250	265	318	230	263	259	268	346	399	229	235	204	212	291	223	275	271,9
Stickstoffoxide	mg/m <sup>3</sup>	49,9	46,0	46,5	47,8	34,9	59,0	61,2	55,7	57	49	44	43,8	40,0	25,4	25,3	41,7	46,2	46,3	45,9
Gesamtkohlenstoff	mg/m <sup>3</sup>	143	220	160	179	350	139	285	201	166	447	395	160	181	87	130	79	147	95	199,9
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	3000	2850	3520	2650	2730	2615	3120	3550	3030	3180	3080	3370	3150	2980	2690	2530	3090	2330	2880
Kohlendioxid	Vol.-%	3,4	4,0	3,8	3,7	4,1	3,8	3,8	4,0	3,7	3,7	4,2	3,5	3,7	3,6	3,5	4,7	3,5	4,3	3,9
Sauerstoff	Vol.-%	17,3	16,7	16,8	17,0	16,5	16,9	16,8	16,8	16,9	16,8	16,6	17,4	17,1	17,3	17,4	16,1	17,3	16,5	16,8
Schwefelwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,3	<0,2	<0,2																< 0,3
Schwefeltrioxid <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	15,4	21,5																	18,4
Fluorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,22	0,14	0,13																0,16
Chlorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,5	0,8	1,1																0,8
Gesamtstaub	mg/m <sup>3</sup>	12,4	26,4	39,3	45,6	30,8	41,0	35,5												33,0
Staubinhaltsstoffe																				
Antimon	µg/m <sup>3</sup>	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02										< 0,02
Arsen	µg/m <sup>3</sup>	5,90	6,46	6,69	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.											6,35
Blei	µg/m <sup>3</sup>	10,1	36,6	7,02	8,08	6,17	28,1	7,32	19,8											15,4
Cadmium	µg/m <sup>3</sup>	0,37	1,74	0,33	0,43	0,5	0,9	0,93	1,4											0,82
Chrom	µg/m <sup>3</sup>	<0,004	<0,01	0,08	0,37	<0,003	<0,003	0,23	<0,005											< 0,09
Cobalt	µg/m <sup>3</sup>	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	0,03											< 0,01
Eisen	µg/m <sup>3</sup>	112,3	199,5	75,0	58,6	69,1	76,9	103,6	110,6											100,7
Kupfer	µg/m <sup>3</sup>	<0,01	<0,04	<0,01	3,79	<0,01	0,02	<0,01	<0,01											< 0,49
Mangan	µg/m <sup>3</sup>	21,7	52,9	5,01	6,83	8,64	13	12,9	16,9											17,2
Nickel	µg/m <sup>3</sup>	<0,01	0,24	0,18	0,81	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.											0,31
Selen	µg/m <sup>3</sup>	1,4	2,41	0,73	1,74	1,42	0,85	1,2	1,32											1,29
.Thallium	µg/m <sup>3</sup>	<0,01	<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01											< 0,01
Vanadium	µg/m <sup>3</sup>	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01											< 0,01
Zinn	µg/m <sup>3</sup>	4,74	29,3	0,92	3,71	0,04	0,04	0,05	10,0											6,11

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

*Tabelle 2-9 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - Lausitz 2 - Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen																Blatt 2
Feuerstätte:																Durchbrandofen
Brennstoff:																Braunkohlenbrikett Lausitz 2
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus														Mittelwert
		1.	2.	3.	4.											
Summe BTX <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	9,88	6,17	13,44	12,39											10,4
Benzol	mg/m <sup>3</sup>	5,92	5,69	8,5	8,81											7,13
Toluol	mg/m <sup>3</sup>	2,57	0,88	3,21	2,34											2,17
Ethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,24	0,05	0,34	0,21											0,196
m-p-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	0,58	0,11	0,75	0,54											0,473
o-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	0,27	0,03	0,35	0,26											0,217
4-Ethyltoluol	mg/m <sup>3</sup>	0,06	<0,006	0,11	0,055											0,053
1,2,4-Trimethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,24	0,02	0,18	0,17											0,146
		Probe 1			Probe 2			Probe 3			Probe 4					
Summe 21 PAH <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	525,4			523,2			372			301,2			485,4		
Benzo(a)pyren	µg/m <sup>3</sup>	17,8			14,5			14,8			11,7			14,7		
Fluoranthren	µg/m <sup>3</sup>	156,1			170,4			152,3			113,2			148,0		
Pyren	µg/m <sup>3</sup>	134,7			147,0			124,2			105,3			127,8		
Benzo(b)naphto(2,1-d)thiophen	µg/m <sup>3</sup>	1,3			n.b.			n.b.			1,0			1,2		
Benzo(ghi)fluoranthren+ Benzo(c)phenanthren	µg/m <sup>3</sup>	31,2			n.b.			n.b.			22,3			26,7		
Cyclopenta(cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	4,8			n.b.			n.b.			1,7			3,2		
Benz(a)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	33,8			37,0			30,2			24,8			31,5		
Chrysen+Triphenylen	µg/m <sup>3</sup>	45,1			49,1			42,7			33,9			42,7		
Benzofluoranthren(b+j+k)	µg/m <sup>3</sup>	37,3			n.b.			n.b.			29,3			33,3		
Benzo(e)pyren	µg/m <sup>3</sup>	12,4			n.b.			n.b.			9,2			10,8		
Perylol	µg/m <sup>3</sup>	1,2			n.b.			n.b.			0,9			1,1		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	17,7			n.b.			n.b.			14			15,9		
Dibenz(a,h)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	5,2			3,8			< 0,1			3,8			4,2		
Picen	µg/m <sup>3</sup>	11,6			n.b.			n.b.			11,2			11,4		
Benzo(ghi)perylen	µg/m <sup>3</sup>	10,4			8,5			7,8			8,5			8,8		
Antanthren	µg/m <sup>3</sup>	0,2			n.b.			n.b.			0,2			0,2		
Coronen	µg/m <sup>3</sup>	4,6			n.b.			n.b.			3,1			3,9		

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

*Tabelle 2-9 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - Lausitz 2 - Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 3				
Feuerstätte:		Durchbrandofen				
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Lausitz 2				
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus				
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Mittelwert
Dioxine/Furane <sup>3</sup>						
TE (NATO/CCMS excl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,007	0,007	0,017	0,013	0,011
TE (NATO/CCMS incl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,007	0,008	0,017	0,013	0,011
2378- TetraCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
12378- PentaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,001	0,006	0,004	0,004
123478-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,002	0,002	0,004	0,003	0,003
123678-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,011	0,009	0,008	0,008
123789-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,004	0,006	0,009	0,007	0,007
1234678-HeptaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,027	0,024	0,062	0,041	0,038
OctaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,131	0,128	0,309	0,197	0,191
2378-TetraCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,006	0,005	0,013	0,008	0,008
12378-PentaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,005	0,009	0,007	0,006
23478-PentaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,004	0,008	0,008	0,007
123478-/124689-HexaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,005	0,005	0,009	0,006	0,006
123678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,003	0,002	0,008	0,005	0,005
123789-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,0007	0,0007	0,002	0,001	0,001
234678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,002	0,002	0,008	0,004	0,004
1234678-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,008	0,007	0,028	0,014	0,019
1234789-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,002	0,003	0,001	0,001	0,002
OctaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,005	0,009	0,019	0,009	0,010

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

<sup>2</sup> gaschromatographisch mit der Kapillarsäule DB-Dioxin nicht trennbar

*Tabelle 2-10 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - böhmische Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen																		Blatt 1
Feuerstätte:																		Durchbrandofen
Brennstoff:																		Braunkohlenbrikett Böhmen
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus																Mittelwert
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
Schwefeldioxid	mg/m <sup>3</sup>	274	229	153	281	230	180	193	410	262	245	270	201	212	259	252	211	230
Stickstoffoxide	mg/m <sup>3</sup>	74	64	48	61	54	54	59	99	57	60	50	56	57	52	50	54	57
Gesamtkohlenstoff	mg/m <sup>3</sup>	498	220	149	558	514	206	241	747	527	432	590	235	318	649	586	287	401
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	2970	2360	2490	2870	2670	2100	2430	2550	2690	2590	3070	2710	2620	2870	2690	2630	2670
Kohlendioxid	Vol.-%	3,8	3,3	2,5	3,6	3,2	3,2	3,3	4,2	3,3	3,5	3,3	3,5	3,2	3,4	3,3	3,2	3,3
Sauerstoff	Vol.-%	16,8	17,5	18,3	16,8	17,3	17,3	17,2	16,1	17,2	16,9	17,0	16,9	17,2	17,1	17,2	17,1	17,2
Schwefelwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	<0,3	<0,6	<0,3														<0,4
Schwefeltrioxid <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	6,0	9,0	9,0	14,4	10,7	20,1	10,4	12,0									11,5
Fluorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,6	0,8	0,6														0,7
Chlorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,5	0,4	0,3														0,4
Gesamtstaub	mg/m <sup>3</sup>	147	173	147	237	206	218	270										200
Staubinhaltsstoffe																		
Antimon	µg/m <sup>3</sup>	0,11	<0,1	0,10	0,46	0,26	0,27	0,27										0,22
Arsen	µg/m <sup>3</sup>	25,2	13,9	7,70														15,6
Blei	µg/m <sup>3</sup>	3,6	13,4	10,5	8,9	9,6	8,5											9,1
Cadmium	µg/m <sup>3</sup>	0,46	0,64	0,64	0,70	0,31	1,12	0,42										0,61
Cobalt	µg/m <sup>3</sup>	0,65	0,55	0,56	0,67	0,35	0,97	0,60										0,62
Chrom	µg/m <sup>3</sup>	0,06	0,05	0,07	2,31	0,06	0,36	<0,01										0,42
Kupfer	µg/m <sup>3</sup>	5,09	0,81	1,16	0,97	0,66	0,46	1,43										1,51
Mangan	µg/m <sup>3</sup>	1,21	5,90	2,04	8,62	3,23	22,9	3,68										6,79
Nickel	µg/m <sup>3</sup>	<0,03	49,08	<0,04	5,65													13,7
Selen	µg/m <sup>3</sup>	43,8	28,4	39,1	58,8	26,0	22,9	19,2										34,1
Thallium	µg/m <sup>3</sup>	<0,1	<0,2	<0,2	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3										<0,28
Vanadium	µg/m <sup>3</sup>	1,32	0,97	0,60	0,85	0,85	4,92	0,64										1,45
Zinn	µg/m <sup>3</sup>	0,83	2,59	3,01	1,21	4,95	3,71	<0,1										2,35

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

*Tabelle 2-10 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - böhmische Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 2									
Feuerstätte:		Durchbrandofen									
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Böhmen									
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus									
		1.	2.	3.							Mittelwert
Summe BTX <sup>1</sup>	mq/m <sup>3</sup>	49,19	22,91	42,92							38,34
Benzol	mq/m <sup>3</sup>	35,9	14,5	29,9							26,8
Toluol	mq/m <sup>3</sup>	5,78	1,42	3,41							3,54
Ethylbenzol	mq/m <sup>3</sup>	0,21	0,04	0,05							0,10
m-p-Xylol	mq/m <sup>3</sup>	0,36	0,08	0,13							0,19
o-Xylol	mq/m <sup>3</sup>	0,13	0,02	0,07							0,07
4-Ethyltoluol	mq/m <sup>3</sup>	1,67	0,44	1,32							1,14
1,2,4-Trimethylbenzol	mq/m <sup>3</sup>	0,14	0,41	1,04							0,53
		Probe 1			Probe 2			Probe 3			
Summe 21 PAH <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	16250			11470			11660			13130
Benzoapyren	µg/m <sup>3</sup>	887			570			555			670
Fluoranthren	µg/m <sup>3</sup>	4260			3060			3150			3490
Pyren	µg/m <sup>3</sup>	2870			2170			2290			2450
Benzo(b)naphto(2,1-d)thiophen	µg/m <sup>3</sup>	39			24			20			28
Benzo(ghi)fluoranthren	µg/m <sup>3</sup>	461			499			485			482
Benzo(c)phenanthren	µg/m <sup>3</sup>	426			321			343			363
Cyclopenta(cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	922			606			555			694
Benz(a)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	993			855			936			928
Chrysen+Triphenylol	µg/m <sup>3</sup>	1060			926			1110			1030
Benzo(a)fluoranthren(b+j+k)	µg/m <sup>3</sup>	1990			1350			1320			1550
Benzo(e)pyren	µg/m <sup>3</sup>	532			324			308			388
Perylol	µg/m <sup>3</sup>	50			0,7			< 0,002			17
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	568			278			270			372
Dibenz(a,h)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	78			1			1			27
Picen	µg/m <sup>3</sup>	426			260			232			306
Benzo(ghi)perylol	µg/m <sup>3</sup>	390			100			1			164
Antanthren	µg/m <sup>3</sup>	< 0,002			< 0,002			1			< 0,5
Coronen	µg/m <sup>3</sup>	298			118			90			169
1,3,5-Triphenylbenzol	µg/m <sup>3</sup>	4,3			5,7			8,3			6,1

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

*Tabelle 2-10 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - böhmische Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 3				
Feuerstätte:		Durchbrandofen				
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Böhmen				
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus				
		Probe 1	Probe 2	Probe 3		Mittelwert
Dioxine/Furane <sup>3</sup>						
TE (NATO/CCMS excl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,020	0,014	0,039		0,024
TE (NATO/CCMS incl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,022	0,025	0,040		0,029
2378- TetraCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,003	< 0,005	0,004		0,001
12378-/12489 PentaCDD <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,011	< 0,008	0,011		0,004
123478-/123469HexaCDD <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	< 0,007	< 0,009	0,015		0,005
123678-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	< 0,006	0,014	0,040		0,018
123789-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	< 0,006	< 0,009	0,025		0,008
1234678-HeptaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,063	0,033	0,754		0,283
OctaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,210	0,164	2,581		0,985
2378-TetraCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,016	0,011	0,011		0,013
12378-/12346(8)-PentaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,010	0,014	0,005		0,01
23478-12349-PentaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,012	0,012	0,006		0,01
123478-/124689-HexaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,007	0,008	0,044		0,02
123678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,006	0,007	0,006		0,006
123789-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	< 0,003	< 0,006	<0,005		0,005
234678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,006	0,019	0,012		0,012
1234678-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,032	0,030	0,083		0,048
1234789-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	< 0,007	0,007	0,014		0,007
OctaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,033	0,026	0,126		0,062

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

<sup>2</sup> gaschromatographisch mit der Kapillarsäule DB-Dioxin nicht trennbare Kongenere

*Tabelle 2-10 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - böhmische Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 4				
Feuerstätte:		Durchbrandofen				
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Böhmen				
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus				
		Probe 1	Probe 2	Probe 3		Mittelwert
Polychlorierte Biphenyle <sup>3</sup>						
Summe PCB in TEQ(WHO),exkl. NWG	ng/m <sup>3</sup>	0,0808	0,0480	0,0028		0,0439
Summe PCB in TEQ(WHO),incl. NWG	ng/m <sup>3</sup>	0,0808	0,0480	0,0031		0,044
Summe PCB (Ballschmitter)	ng/m <sup>3</sup>	5,00	3,65	6,17		4,94
PCB 28	ng/m <sup>3</sup>	2,75	2,31	4,29		3,12
PCB 52	ng/m <sup>3</sup>	0,28	0,26	0,39		0,31
PCB 101	ng/m <sup>3</sup>	0,28	0,17	0,34		0,26
PCB 138	ng/m <sup>3</sup>	0,88	0,41	0,50		0,6
PCB 153	ng/m <sup>3</sup>	0,55	0,31	0,48		0,45
PCB 180	ng/m <sup>3</sup>	0,27	0,20	0,18		0,22
Mono-ortho substituierte PCB						
PCB 105	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 114	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 118	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 123	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 156	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 157	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 167	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
PCB 189	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
Coplanare PCB						
PCB 77	ng/m <sup>3</sup>	0,39	< 0,004	0,06		0,02
PCB 126	ng/m <sup>3</sup>	0,74	0,45	< 0,003		0,398
PCB 169	ng/m <sup>3</sup>	0,61	0,34	0,27		0,41
Sonstige PCB						
PCB 170	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

*Tabelle 2-11 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - baschkirische Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen																			Blatt 1
Feuerstätte:																			Durchbrandofen
Brennstoff:																			Braunkohlenbrikett Baschkirien
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus																	Mittelwert
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	
Schwefeldioxid	mg/m <sup>3</sup>	403	298	390	334	342	491	458	463	419	405	335	367	345	302	342	349	361	377
Stickstoffoxide	mg/m <sup>3</sup>	56	42	62	55	69	61	61	62	59	59	58	63	55	51	51	49	49	57
Gesamtkohlenstoff	mg/m <sup>3</sup>	372	128	308	332	170	694	750	533	414	340	318	321	317	147	370	379	375	369
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	3150	2930	2880	3270	2630	4170	3610	3870	3360	3520	3060	3240	2970	3270	3370	3320	2730	3250
Kohlendioxid	Vol.-%	3,7	3,4	3,5	3,1	3,7	4,0	3,6	3,9	3,6	3,6	3,4	3,6	3,4	3,4	3,3	3,4	3,2	3,5
Sauerstoff	Vol.-%	16,5	17,1	17,2	17,5	17,0	16,3	16,6	16,5	17,0	16,9	17,2	17,0	17,1	17,3	17,4	17,3	17,5	17,0
Schwefelwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	< 0,4	< 0,4	< 0,4															< 0,4
Schwefeltrioxid <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	10,7	8,1	12,8	5,0	12,1	3,7	10,1	22,0	9,5									10,4
Fluorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,22	0,71	0,60															0,51
Chlorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	3,9	0,7	0,2															1,6
Gesamtstaub	mg/m <sup>3</sup>	83,4	166	214	187	135	186	63,5											148
Staubinhaltsstoffe																			
Antimon	µg/m <sup>3</sup>	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20											< 0,2
Arsen	µg/m <sup>3</sup>	n.b.	52,2	46,1	n.b.	29,1	n.b.	n.b.											42,5
Blei	µg/m <sup>3</sup>	14,9	6,6	23,5	17,9	4,4	9,3	10,7											12,5
Cadmium	µg/m <sup>3</sup>	2,04	1,30	2,47	1,76	0,93	1,63	2,42											1,79
Cobalt	µg/m <sup>3</sup>	0,42	1,60	1,58	0,33	1,33	0,41	0,45											0,87
Chrom	µg/m <sup>3</sup>	0,59	0,39	0,37	0,10	0,22	0,22	0,89											0,40
Kupfer	µg/m <sup>3</sup>	6,0	1,9	2,9	2,6	3,2	3,3	3,4											3,3
Mangan	µg/m <sup>3</sup>	2,5	6,4	11,4	10,9	11,3	13,3	9,9											9,4
Nickel	µg/m <sup>3</sup>	2,2	n.b.	n.b.	2,4	n.b.	14,5	7,6											6,7
Selen	µg/m <sup>3</sup>	1,8	2,5	2,7	2,4	2,8	2,5	3,5											2,6
Thallium	µg/m <sup>3</sup>	<0,77	<0,77	<0,77	<0,77	<0,77	<0,77	<0,77											< 0,77
Vanadium	µg/m <sup>3</sup>	0,21	2,19	2,27	0,15	2,32	0,11	0,44											1,10
Zinn	µg/m <sup>3</sup>	1,73	<0,23	<0,23	<0,23	<0,23	<0,23	<0,23											< 0,44

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

Tabelle 2-11 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - baschkirische Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 2												
Feuerstätte:		Durchbrandofen												
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Baschkirien												
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus												
		1.	2.	3.									Mittelwert	
Summe BTX <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	35,5	46,1	16,5										32,7
Benzol	mg/m <sup>3</sup>	27,3	39,3	13,8										26,8
Toluol	mg/m <sup>3</sup>	6,04	5,56	1,83										4,48
Ethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,50	0,22	0,19										0,30
m-p-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	0,91	0,60	0,32										0,61
o-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	0,41	0,25	0,21										0,29
4-Ethyltoluol	mg/m <sup>3</sup>	0,19	0,07	0,09										0,12
1,2,4-Trimethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,13	0,06	0,06										0,08
		Probe 1			Probe 2			Probe 3						
Summe 21 PAH <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	5730			4290			7180					5730	
Benzo(a)pyren	µg/m <sup>3</sup>	243			169			332					248	
Fluoranthren	µg/m <sup>3</sup>	1390			1080			1850					1440	
Pyren	µg/m <sup>3</sup>	1350			1000			1510					1290	
Benzo(b)naphto(2,1-d)thiophen	µg/m <sup>3</sup>	10			9			13					11	
Benzo(ghi)fluoranthren	µg/m <sup>3</sup>	196			150			288					211	
Benzo(c)phenanthren		125			102			145					124	
Cyclopenta(cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	129			65			169					121	
Benz(a)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	412			320			467					400	
Chrysen+Triphenylol	µg/m <sup>3</sup>	472			394			549					472	
Benzo(a)fluoranthren(b+i+k)	µg/m <sup>3</sup>	599			449			786					612	
Benzo(e)pyren	µg/m <sup>3</sup>	159			111			210					160	
Perylol	µg/m <sup>3</sup>	35			24			54					38	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	183			123			243					183	
Dibenz(ah+ac)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	46			31			54					44	
Picen	µg/m <sup>3</sup>	137			113			153					134	
Benzo(ghi)perylol	µg/m <sup>3</sup>	141			95			197					145	
Antanthren	µg/m <sup>3</sup>	26			12			37					25	
Coronen	µg/m <sup>3</sup>	80			43			117					80	

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

Tabelle 2-11 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - baschkirische Brikett

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 3					
Feuerstätte:		Durchbrandofen					
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Baschkirien					
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus					
		Probe 1	Probe 2	Probe 3			Mittelwert
Dioxine/Furane <sup>3</sup>							
TE (NATO/CCMS excl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,061	0,043	0,117			0,074
TE (NATO/CCMS incl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,081	0,048	0,124			0,084
2378- TetraCDD	ng/m <sup>3</sup>	< 0,015	< 0,005	0,007			< 0,009
12378-/12489 PentaCDD <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,027	0,030	0,034			0,031
123478-/123469HexaCDD <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	< 0,026	0,023	0,020			0,023
123678-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,032	0,033	0,039			0,035
123789-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,034	0,026	0,035			0,032
1234678-HeptaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,156	0,151	0,272			0,193
OctaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,837	1,367	2,569			1,591
2378-TetraCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,036	0,021	0,089			0,049
12378-/12346(8)-PentaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,038	0,018	0,071			0,043
23478--PentaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,048	0,014	0,081			0,048
123478-/124689-HexaCDF. <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,044	0,016	0,099			0,053
123678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,015	0,013	0,065			0,031
123789-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	< 0,020	0,009	< 0,015			< 0,015
234678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,020	0,018	0,083			0,040
1234678-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,121	0,068	0,486			0,225
1234789-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,014	0,012	0,075			0,033
OctaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,036	0,065	0,341			0,148

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

<sup>2</sup> gaschromatographisch mit der Kapillarsäule DB-Dioxin nicht trennbare Kongenere

*Tabelle 2-11 : Einzelmeßwerte Durchbrandofen - baschkirische Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 4				
Feuerstätte:		Durchbrandofen				
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Baschkirien				
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus				Mittelwert
		Probe 1	Probe 2	Probe 3		
Polychlorierte Biphenyle <sup>3</sup>						
Summe PCB in TEQ(WHO),exkl. NWG	ng/m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0
Summe PCB in TEQ(WHO),incl. NWG	ng/m <sup>3</sup>	0,081	0,081	0,081		0,081
Summe PCB (Ballschmitter)	ng/m <sup>3</sup>	n.n.	n.n.	n.n.		n.n.
PCB 28	ng/m <sup>3</sup>	< 0,7	< 0,7	< 0,7		< 0,7
PCB 52	ng/m <sup>3</sup>	< 0,7	< 0,7	< 0,7		< 0,7
PCB 101	ng/m <sup>3</sup>	< 0,7	< 0,7	< 0,7		< 0,7
PCB 138	ng/m <sup>3</sup>	< 1,1	< 1,1	< 1,1		< 1,1
PCB 153	ng/m <sup>3</sup>	< 1,1	< 1,1	< 1,1		< 1,1
PCB 180	ng/m <sup>3</sup>	< 1,4	< 1,4	< 1,4		< 1,4
Mono-ortho substituierte PCB						
PCB 105	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		
PCB 114	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		
PCB 118	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		
PCB 123	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		
PCB 156	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		
PCB 157	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		
PCB 167	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		
PCB 189	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		
Coplanare PCB						
PCB 77	ng/m <sup>3</sup>	< 0,6	< 0,6	< 0,6		< 0,6
PCB 126	ng/m <sup>3</sup>	< 0,7	< 0,7	< 0,7		< 0,7
PCB 169	ng/m <sup>3</sup>	< 1,1	< 1,1	< 1,1		< 1,1
Sonstige PCB						
PCB 170	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

*Tabelle 2-12: Einzelmeßwerte Durchbrandofen – polnische Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen																		Blatt 1
Feuerstätte:																		Durchbrandofen
Brennstoff:																		Braunkohlenbrikett Polen
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus																Mittelwert
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
Schwefeldioxid	mg/m <sup>3</sup>	221	249	233	307	203	275	219	231	229	229	205	212	171	230	235	213	229
Stickstoffoxide	mg/m <sup>3</sup>	69	63	84	87	85	83	80	83	76	76	61	72	78	76	74	72	76
Gesamtkohlenstoff	mg/m <sup>3</sup>	217	299	289	606	181	389	241	243	285	285	266	285	148	278	312	235	285
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	2110	2390	2110	2860	2010	2530	2500	2420	2340	2340	2200	2240	2120	2400	2380	2470	2340
Kohlendioxid	Vol.-%	4,0	3,6	3,8	3,9	4,0	4,0	4,0	4,0	3,8	3,8	3,4	3,6	3,6	4,0	3,8	3,8	3,8
Sauerstoff	Vol.-%	16,5	17,1	17,2	16,8	17,1	17,1	16,8	16,8	16,6	16,6	17,2	16,8	16,6	17,2	17,0	17,0	16,6
Schwefelwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	1,4	0,3	0,4														0,7
Schwefeltrioxid <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	15,1	8,7	4,0	9,4	11,1	11,9	10,9	19,2	15,2								11,7
Fluorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	<0,05	<0,05	<0,05														< 0,05
Chlorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	0,3	0,5	0,5														0,4
Gesamtstaub	mg/m <sup>3</sup>	47,8	62,4	67,3	68,9	49,5	88,0	69,8	76,1									66,2
Staubinhaltsstoffe																		
Antimon	µg/m <sup>3</sup>	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08									< 0,08
Arsen	µg/m <sup>3</sup>	5,85	5,33	4,13	4,91	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.									5,06
Blei	µg/m <sup>3</sup>	198,4	8,4	11,35	6,47	17,6	79,6	4,1	4,8									41,3
Cadmium	µg/m <sup>3</sup>	0,95	0,8	1,3	0,77	0,88	1,1	0,88	0,93									0,95
Chrom	µg/m <sup>3</sup>	<0,26	<0,26	<0,26	<0,26	<0,26	<0,26	<0,25	< 0,3									< 0,26
Cobalt	µg/m <sup>3</sup>	0,63	0,13	0,5	0,48	0,98	0,22	0,28	0,75									0,5
Kupfer	µg/m <sup>3</sup>	0,43	0,72	0,6	0,96	1,2	<0,1	0,31	1,9									0,78
Mangan	µg/m <sup>3</sup>	2,95	11,4	4,9	6,2	11,6	6,3	2,7	5,3									6,4
Nickel	µg/m <sup>3</sup>	<0,18	<0,18	<0,18	<0,18	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.									< 0,18
Selen	µg/m <sup>3</sup>	2,4	1,8	2,4	2,0	2,0	1,6	1,45	1,8									1,9
.Thallium	µg/m <sup>3</sup>	<0,65	<0,65	<0,65	<0,64	<0,65	<0,65	<0,63	<0,74									< 0,66
Vanadium	µg/m <sup>3</sup>	<0,09	<0,09	0,85	0,81	0,19	0,09	0,6	0,94									0,46
Zinn	µg/m <sup>3</sup>	<0,18	<0,18	<0,18	<0,18	<0,18	<0,18	<0,18	<0,21									< 0,18

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

*Tabelle 2-12: Einzelmeßwerte Durchbrandofen – polnische Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen																	Blatt 2
Feuerstätte:																	Durchbrandofen
Brennstoff:																	Braunkohlenbrikett Polen
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus															
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.								Mittelwert	
Summe BTX <sup>1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	3,8	0,57	0,31	1,62	39,8	18,1	14,1									11,2
Benzol	mg/m <sup>3</sup>	3,0	0,3	0,2	1,2	30,7	14,8	11,6									8,8
Toluol	mg/m <sup>3</sup>	0,57	0,09	0,06	0,24	7,21	2,63	1,74									1,8
Ethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,06	<0,01	<0,01	<0,03	0,29	0,23	0,15									0,1
m-p-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	0,11	0,05	<0,01	0,06	1,07	0,36	0,32									0,3
o-Xylol	mg/m <sup>3</sup>	0,03	<0,01	<0,01	<0,02	0,35	0,12	0,06									0,1
4-Ethyltoluol	mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,06	<0,01	0,04	0,09	0,06	0,11									0,1
1,2,4-Trimethylbenzol	mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,05	<0,01	<0,03	0,1	0,03	0,08									0,05
		Probe 1				Probe 2				Probe 3							
Summe 21 PAH <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	1480				1797				3651					2309		
Benzo(a)pyren	µg/m <sup>3</sup>	36,7				49,8				115,4					67,3		
Fluoranthren	µg/m <sup>3</sup>	454,3				526,8				943,6					641,6		
Pyren	µg/m <sup>3</sup>	357,8				436,0				1069					620,8		
Benzo(b)naphto(2,1-d)thiophen	µg/m <sup>3</sup>	2,6				3,1				5,9					3,9		
Benzo(ghi)fluoranthren+ Benzo(c)phenanthren	µg/m <sup>3</sup>	80,9				93,9				157,8					110,9		
Cyclopenta(cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	15,8				18,3				39,7					24,6		
Benz(a)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	112,0				134,9				268,4					171,8		
Chrysen+Triphenylen	µg/m <sup>3</sup>	151,5				172,6				327,6					217,2		
Benzofluoranthren(b+j+k)	µg/m <sup>3</sup>	150,0				178,8				348,9					225,9		
Benzo(e)pyren	µg/m <sup>3</sup>	36,7				46,2				86,6					56,5		
Perylen	µg/m <sup>3</sup>	4,3				6,2				6,3					5,6		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/m <sup>3</sup>	22,8				38,7				92,0					51,1		
Dibenz(a,h)anthracen	µg/m <sup>3</sup>	8,7				11,1				18,1					12,6		
Picen	µg/m <sup>3</sup>	33,0				40,2				74,4					49,2		
Benzo(ghi)perylen	µg/m <sup>3</sup>	2,7				23,1				59,7					28,5		
Antanthren	µg/m <sup>3</sup>	0,2				< 0,002				0,1					0,1		
Coronen	µg/m <sup>3</sup>	10,1				17,0				37,9					21,7		

<sup>1</sup> Entsprechend Meßvorschrift sind Probenahmezeit und Zykluszeit nicht identisch

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

*Tabelle 2-12: Einzelmeßwerte Durchbrandofen – polnische Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 3				
Feuerstätte:		Durchbrandofen				
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Polen				
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus				
		Probe 1	Probe 2	Probe 3		Mittelwert
Dioxine/Furane <sup>3</sup>						
TE (NATO/CCMS excl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,022	0,022	0,027		0,024
TE (NATO/CCMS incl. NWG)	ng/m <sup>3</sup>	0,028	0,027	0,045		0,033
2378- TetraCDD	ng/m <sup>3</sup>	< 0,005	< 0,004	< 0,004		<0,004
12378-/12489 PentaCDD <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,010	0,010	0,016		0,012
123478-/123469HexaCDD <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	< 0,008	0,008	< 0,006		<0,007
123678-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,007	0,007	0,008		0,007
123789-HexaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,006	0,007	0,004		0,006
1234678-HeptaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,027	0,028	0,033		0,029
OctaCDD	ng/m <sup>3</sup>	0,915	0,356	0,482		0,584
2378-TetraCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,021	0,034	0,044		0,033
12378-/12346(8)-PentaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,015	0,014	0,024		0,018
23478-PentaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,015	0,016	0,022		0,018
123478-/124689-HexaCDF <sup>2</sup>	ng/m <sup>3</sup>	0,014	0,006	0,013		0,011
123678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,007	0,005	0,007		0,006
123789-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,004	< 0,006	< 0,005		<0,005
234678-HexaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,010	0,004	0,018		0,011
1234678-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,019	0,017	0,030		0,022
1234789-HeptaCDF	ng/m <sup>3</sup>	< 0,014	0,007	0,004		0,008
OctaCDF	ng/m <sup>3</sup>	0,059	0,037	0,115		0,070

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

<sup>2</sup> gaschromatographisch mit der Kapillarsäule DB-Dioxin nicht trennbare Kongenere

*Tabelle 2-12: Einzelmeßwerte Durchbrandofen – polnische Brikett*

Konzentrationen von Abgasinhaltsstoffen		Blatt 4				
Feuerstätte:		Durchbrandofen				
Brennstoff:		Braunkohlenbrikett Polen				
Komponente	Dim.	Mittlere Konzentration im Abbrandzyklus				
		Probe 1	Probe 2	Probe 3		Mittelwert
Polychlorierte Biphenyle <sup>3</sup>						
Summe PCB in TEQ(WHO),exkl.NWG	ng/m <sup>3</sup>	0,00001	0,00002	0,00044		0,00016
Summe PCB in TEQ(WHO),inkl.NWG	ng/m <sup>3</sup>	0,07	0,06	0,06		0,06
Summe PCB (Ballschmitter)	ng/m <sup>3</sup>	23,5	29,3	47,5		33,5
PCB 28	ng/m <sup>3</sup>	6,1	18,2	22,9		22,9
PCB 52	ng/m <sup>3</sup>	2,5	1,3	6,5		6,5
PCB 101	ng/m <sup>3</sup>	2,6	1,3	3,7		3,7
PCB 138	ng/m <sup>3</sup>	5,0	1,7	3,2		3,2
PCB 153	ng/m <sup>3</sup>	6,0	5,1	6,5		6,5
PCB 180	ng/m <sup>3</sup>	1,4	1,6	4,7		4,7
Mono-ortho substituierte PCB						
PCB 105	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		
PCB 114	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		
PCB 118	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		
PCB 123	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		
PCB 156	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		
PCB 157	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		
PCB 167	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		
PCB 189	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		
Coplanare PCB						
PCB 77	ng/m <sup>3</sup>	< 0,6	< 0,5	0,8		< 0,8
PCB 126	ng/m <sup>3</sup>	< 0,6	< 0,5	<0,5		< 0,5
PCB 169	ng/m <sup>3</sup>	< 0,9	< 0,8	<0,8		< 0,8
Sonstige PCB						
PCB 170	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.		

<sup>3</sup> Probenahmezeitraum: Zwei Abbrandzyklen hintereinander

*Tabelle 3: Brennstoffparameter*

Brennstoffparameter	Blatt 1
Feuerstätte:	Kachelofenluftheizung

Brennstoffparameter (im Rohzustand)	Dimension	Brikettsorte			
		Lausitz 3	Stedten	Salzkohle	Profen 1
Gesamtwasser	Masse-%	18	18,6	14,1	14,6
Aschegehalt	Masse-%	6	11,3	11,4	9,1
Gesamtkohlenstoff	Masse-%	50,4	49,8	54,2	56,2
Gesamtwasserstoff	Masse-%	4,4	5,0	4,6	4,8
Stickstoff	Masse-%	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Sauerstoff	Masse-%	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Schwefel Gesamtschwefel	Masse-%	0,89	2,91	4,5	2,66
Ascheschwefel	Masse-%	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
verbrennlicher Schwefel	Masse-%	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Heizwert Brennwert (oberer Heizwert)	kJ/kg	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Heizwert (unterer Heizwert)	kJ/kg	19000	20100	20500	21400
Halogene Gesamtfluorgehalt	mg/kg	20	50	51	17
Gesamtchlorgehalt	mg/kg	247	291	1880	414
Metalle, Halbmetalle Arsengehalt	mg/kg	724	<0,8	2,0	2,7
Cadmiumgehalt	mg/kg	<0,8	<0,8	<1	<1,0
Cobaltgehalt	mg/kg	<8	<8	<10	<10
Chromgehalt	mg/kg	<8	<8	<10	<10
Mangangehalt	mg/kg	158	142	27,0	144
Nickelgehalt	mg/kg	<8	<8	<10	<10
Bleigehalt	mg/kg	<8	<8	<10	<10
Vanadiumgehalt	mg/kg	<1,6	3,3	<2	<2
Teergehalt	Masse-%	n.b.	n.b.	11,7	16,6

n.b. nicht bestimmt

*Tabelle 3: Brennstoffparameter*

Brennstoffparameter	Blatt 2
Feuerstätte:	Durchbrandofen

Brennstoffparameter (im Rohzustand)	Dimension	Brikettsorte			
		Profen 2	MIBRAG 1	Lausitz 1	MIBRAG 2
Gesamtwasser	Masse-%	10	12,4	11,4	12,3
Aschegehalt	Masse-%	9,8	15,6	5,3	14,3
Gesamtkohlenstoff	Masse-%	58,95	53,4	56,4	55,6
Gesamtwasserstoff	Masse-%	4,83	4,6	4,5	4,7
Stickstoff	Masse-%	1,4	0,4	0,5	0,4
Sauerstoff	Masse-%	n.b.	12,8	21,7	12,1
Schwefel					
Gesamtschwefel	Masse-%	2,16	2,84	0,64	2,74
Ascheschwefel	Masse-%	n.b.	2,07	0,47	2,1
verbrennlicher Schwefel	Masse-%	n.b.	0,77	0,17	0,64
Heizwert					
Brennwert (oberer Heizwert)	kJ/kg	23350	21672	21670	22380
Heizwert (unterer Heizwert)	kJ/kg	22050	20362	20400	21050
Halogene					
Gesamtfluorgehalt	mg/kg	<50	30	13	25
Gesamtchlorgehalt	mg/kg	800	120	420	270
Metalle, Halbmetalle					
Arsengehalt	mg/kg	<1	<1	<2	<2
Cadmiumgehalt	mg/kg	<0,1	<1	<1	<0,6
Cobaltgehalt	mg/kg	<0,5	<5	<5	3
Chromgehalt	mg/kg	2,8	9	6	9
Mangangehalt	mg/kg	120	59	130	100
Nickelgehalt	mg/kg	2,6	5	<5	<2
Bleigehalt	mg/kg	<1	7	<2	<5
Vanadiumgehalt	mg/kg	2,5	4	3	4
Teergehalt	Masse-%	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

n.b. nicht bestimmt

*Tabelle 3: Brennstoffparameter*

Brennstoffparameter	Blatt 3
Feuerstätte:	Durchbrandofen

Brennstoffparameter (im Rohzustand)	Dimension	Brikettsorte			
		Lausitz 2	Böhmen	Baschkirien	Polen
Gesamtwasser	Masse-%	12,3	8,0	9,4	15,3
Aschegehalt	Masse-%	6,7	8,1	19,4	7,7
Gesamtkohlenstoff	Masse-%	56,2	65,5	50,4	54,0
Gesamtwasserstoff	Masse-%	4,7	5,5	5,0	4,5
Stickstoff	Masse-%	0,4	0,7	0,4	0,5
Sauerstoff	Masse-%	19,6	12,0	15,0	18,0
Schwefel					
Gesamtschwefel	Masse-%	0,78	0,43	0,68	0,49
Ascheschwefel	Masse-%	0,64	0,23	0,32	0,46
verbrennlicher Schwefel	Masse-%	0,14	0,20	0,36	0,03
Heizwert					
Brennwert (oberer Heizwert)	kJ/kg	21773	26212	20840	21040
Heizwert (unterer Heizwert)	kJ/kg	20450	24810	19510	19690
Halogene					
Gesamtfluorgehalt	mg/kg	34	100	120	20
Gesamtchlorgehalt	mg/kg	190	<20	50	30
Metalle, Halbmetalle					
Arsengehalt	mg/kg	<2	<2	<2	<2
Cadmiumgehalt	mg/kg	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6
Cobaltgehalt	mg/kg	<2	3	3	4
Chromgehalt	mg/kg	11	14	81	18
Mangangehalt	mg/kg	150	74	41	220
Nickelgehalt	mg/kg	<2	4	16	2
Bleigehalt	mg/kg	<5	<5	8	<5
Vanadiumgehalt	mg/kg	5	59	21	3
Teergehalt	Masse-%	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

n.b. nicht bestimmt

Tabelle 4:Ascheparameter

Ascheparameter	Blatt 1
Feuerstätte:	Kachelofenluftheizung

Ascheparameter	Dimension	Brikettsorte			
		Lausitz 3	Stedten	Salzkohle	Profen 1
<i>im Rohzustand</i>					
Gesamtwassergehalt	Masse-%	0,7	0,9	0,4	0,6
Glühverlust	Masse-%	7,9	12,7	5,3	5,9
Gesamtschwefelgehalt	Masse-%	5,9	9,5	14,5	13
Halogene					
Gesamtfluorgehalt	mg/kg	<10	<10	29	<15
Gesamtchlorgehalt	mg/kg	865	256	5320	788
<i>wasserfrei</i>					
Metalle, Halbmetalle					
Arsengehalt	mg/kg	<2	6	4,3	2,8
Cadmiumgehalt	mg/kg	<1	<1	<2	<2
Cobaltgehalt	mg/kg	39	31	21	30
Chromgehalt	mg/kg	42	63	21	34
Mangangehalt	mg/kg	2270	1300	305	1831
Nickelgehalt	mg/kg	12	29	<15	<15
Bleigehalt	mg/kg	<10	25	<15	<15
Vanadiumgehalt	mg/kg	40	50	15	15

Tabelle 4:Ascheparameter

Ascheparameter	Blatt 2
Feuerstätte:	Durchbrandofen

Ascheparameter	Dimension	Brikettsorte			
		Profen 2	MIBRAG 1	Lausitz 1	MIBRAG 2
<i>im Rohzustand</i>					
Gesamtwassergehalt	Masse-%	0,4	0,9	0,3	0,8
Glühverlust	Masse-%	3,6	10,0	2,0	10,6
Gesamtschwefelgehalt	Masse-%	4,5	12,1	7,7	12,2
Halogene					
Gesamtfluorgehalt	mg/kg	160	30	36	33
Gesamtchlorgehalt	mg/kg	2400	970	1520	1008
<i>wasserfrei</i>					
Metalle, Halbmetalle					
Arsengehalt	mg/kg	5,3	3	9	4
Cadmiumgehalt	mg/kg	0,1	3	<1	<0,6
Cobaltgehalt	mg/kg	8	10	37	12
Chromgehalt	mg/kg	23	20	31	12
Mangangehalt	mg/kg	1150	360	2370	780
Nickelgehalt	mg/kg	21,0	35	13	8
Bleigehalt	mg/kg	14,0	48	3	<5
Vanadiumgehalt	mg/kg	20	20	45	23

Tabelle 4:Ascheparameter

Ascheparameter	Blatt 3
Feuerstätte:	Durchbrandofen

Ascheparameter	Dimension	Brikettsorte			
		Lausitz 2	Böhmen	Baschkirien	Polen
<i>im Rohzustand</i>					
Gesamtwassergehalt	Masse-%	0,5	1,0	1,4	0,4
Glühverlust	Masse-%	2,7	5,6	2,5	0,2
Gesamtschwefelgehalt	Masse-%	8,0	1,69	1,32	3,74
Halogene					
Gesamtfluorgehalt	mg/kg	88	<10	<20	<20
Gesamtchlorgehalt	mg/kg	826	<20	172	803
<i>wasserfrei</i>					
Metalle, Halbmetalle					
Arsengehalt	mg/kg	8	14	13	20
Cadmiumgehalt	mg/kg	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6
Cobaltgehalt	mg/kg	15	38	9	23
Chromgehalt	mg/kg	41	130	330	63
Mangangehalt	mg/kg	2500	700	260	2580
Nickelgehalt	mg/kg	8	50	82	26
Bleigehalt	mg/kg	<5	30	30	<5
Vanadiumgehalt	mg/kg	60	780	150	29

**Tabelle 5 Mittlere Schadstoffkonzentrationen**

		Kachelofenluftheizung				Durchbrandofen							
Brikettsorte		Lausitz	Stedten	Salz- kohle	Profen	Profen	MIBRAG	Lausitz	MIBRAG	Lausitz	Böhmen	Basch- kirien	Polen
Schadstoff/-gruppe	Dim.	3			1	2	1	1	2	2			
Gesamtstaub	mg/m <sup>3</sup>	4,7	22,8	90,0	93,0	99,0	32,8	8,2	70,1	33,0	200,0	148,0	66,2
Staubinhaltsstoffe													
Antimon	µg/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	<0,05	<0,02	0,22	<0,2	<0,08
Arsen	µg/m <sup>3</sup>	0,39	1,79	0,21	0,94	1,04	7,56	71,2 <sup>1</sup>	2,27	6,35	15,6	42,5	5,06
Blei	µg/m <sup>3</sup>	14,97	30,98	15,02	0,84	7,92	4,87	3,90	5,77	15,42	9,10	12,50	41,30
Cadmium	µg/m <sup>3</sup>	0,19	0,79	0,53	0,18	0,79	0,47	0,8	0,1	0,82	0,61	1,79	0,95
Chrom	µg/m <sup>3</sup>	<0,52	<0,74	<0,15	<0,045	0,45	0,03	<0,028	0,84	<0,09	0,42	0,4	<0,26
Cobalt	µg/m <sup>3</sup>	0,07	0,09	<0,01	0,024	0,02	0,05	0,07	0,08	<0,01	0,62	0,9	0,5
Eisen	µg/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	83,0	100,7	n.b.	n.b.	n.b.
Kupfer	µg/m <sup>3</sup>	0,13	0,44	0,91	<0,018	<0,3	0,11	<0,021	1,39	<0,49	1,51	3,3	0,78
Mangan	µg/m <sup>3</sup>	7,52	<1,6	2,34	3,86	9,15	5,51	5,78	12,1	17,2	6,79	9,4	6,4
Nickel	µg/m <sup>3</sup>	1,73	1,82	0,59	2,18	0,88	0,21	<0,03	3,99	0,31	13,7	6,7	<0,18
Palladium	µg/m <sup>3</sup>	<0,01	<0,03	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Selen	µg/m <sup>3</sup>	0,51	2,3	<0,08	1,6	6,16	53,3	0,35	n.b.	1,29	34,08	2,6	1,9
Tellur	µg/m <sup>3</sup>	<0,002	<0,004	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Thallium	µg/m <sup>3</sup>	0,68	2,29	0,05	0,05	0,19	<0,29	0,21	0,07	<0,01	<0,28	<0,77	<0,66
Vanadium	µg/m <sup>3</sup>	<0,02	0,06	<0,02	<0,028	<0,02	0,05	0,08	<0,04	<0,01	1,45	1,10	0,46
Zink	µg/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	12,5	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Zinn	µg/m <sup>3</sup>	<0,06	1,38	n.b.	n.b.	<0,09	1,75	0,31	4,02	6,11	2,35	<0,44	<0,18
Kohlenmonoxid <sup>2</sup>	mq/m <sup>3</sup>	799	686	2360	1530	1700	2240	2470	2210	2880	2670	3250	2340
Stickstoffoxide	mq/m <sup>3</sup>	55	67	49	61	33	68	70	65	46	57	57	76
Schwefeldioxid	mq/m <sup>3</sup>	253	1395	2330	1500	756	823	221	731	272	230	377	229
Chlorwasserstoff	mq/m <sup>3</sup>	3,3	4,47	48,4	<0,38	4,30	<1,1	6,8	0,9	0,8	0,4	1,6	0,4
Fluorwasserstoff	mq/m <sup>3</sup>	0,22	0,59	0,74	0,23	0,40	0,3	0,2	0,1	0,16	0,7	0,51	<0,05
Schwefelwasserstoff	mq/m <sup>3</sup>	<0,34	0,46	0,63	0,17	0,23	3,9	<0,2	0,9	<0,3	<0,4	<0,4	0,7
Schwefeltrioxid	mq/m <sup>3</sup>	0,72	1,62	7,50	n.b.	11,20	16,5	6,2	11,4	18,4	11,5	10,4	11,7
Kohlendioxid	%	3,63	3,77	3,65	4,08	2,87	3,8	4,0	3,5	3,9	3,3	3,5	3,8
Gesamtkohlenstoff	mq/m <sup>3</sup>	27	26	219	114	190	147	103	158	200	401	369	285
Summe BTX	mq/m <sup>3</sup>	0,58	0,97	1,65	1,18	1,81	9,8	4,83	9,86	10,4	38,34	32,7	11,20
Benzol	mq/m <sup>3</sup>	0,31	0,54	1,05	0,30	1,38	6,5	2,7	7,19	7,13	26,8	26,8	8,8
Toluol	mq/m <sup>3</sup>	0,14	0,20	0,22	0,48	0,26	1,9	1,0	1,51	2,17	3,54	4,48	1,8
Summe 21 PAH	mq/m <sup>3</sup>	0,04	0,18	1,73	4,90	1,41	0,70	0,30	0,76	0,49	13,13	5,73	2,31
Benzo(a)pyren	mq/m <sup>3</sup>	0,002	0,007	0,063	0,230	0,06	0,021	0,013	0,037	0,015	0,67	0,25	0,067
PCDD/F (NATO/CCMS)	ng TE/m <sup>3</sup>	0,019	0,033	0,109	0,016	0,081	0,018	0,013	0,011	0,011	0,024	0,074	0,024
PCB (Ballschmitter)	ng/m <sup>3</sup>	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	9,25	3,5	n.b.	n.b.	4,94	n.n.	33,5
PCB (WHO)	ng	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,0083	0,102	n.b.	n.b.	0,044	n.n.	0,0002



**Tabelle 6 Mittlere Emissionsfaktoren**

		Kachelofenluftheizung				Durchbrandofen							
Brikettsorte		Lausitz	Stedten	Salz- kohle	Profen 1	Profen 2	MIBRAG 1	Lausitz 1	MIBRAG 2	Lausitz 2	Böhmen	Basch- kirien	Polen
Schadstoff/-gruppe	Dim.	3			1	2	1	1	2	2			
Gesamtstaub	kg/TJ	7	30	115	119	172	39	10	90	41	284	172	76
Staubinhaltsstoffe													
Antimon	g/TJ	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	<0,07	<0,03	0,31	<0,24	<0,1
Arsen	g/TJ	0,49	2,7	0,26	1,03	2,01	9,7	94,1	2,74	7,82	21,1	48,2	5,75
Blei	g/TJ	21	42	21	1,2	14,01	6	4,8	7,3	14,3	13,3	14,7	46,60
Cadmium	g/TJ	0,29	1,04	0,74	0,23	1,26	0,58	1,00	0,1	0,78	0,87	2,13	1,1
Chrom	g/TJ	<0,77	<1,02	<0,2	<0,051	0,76	0,03	<0,04	1,1	<0,11	0,59	0,48	<0,3
Cobalt	g/TJ	0,12	0,12	<0,02	0,034	<0,04	0,05	0,09	0,1	<0,01	0,88	1,01	0,6
Eisen	g/TJ	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	110	99	n.b.	n.b.	n.b.
Kupfer	g/TJ	0,2	0,6	1,1	<0,023	<0,48	0,13	<0,03	1,8	<0,62	2,12	4	0,9
Mangan	g/TJ	10,2	<2,1	3,6	4,89	15,02	6,6	7,4	15,9	14,5	9,6	11,1	7,4
Nickel	g/TJ	2,4	3,4	0,72	3,96	1,56	0,25	<0,026	5,5	0,38	19,22	8,1	<0,2
Palladium	g/TJ	<0,02	<0,04	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Selen	g/TJ	0,7	3,1	<0,15	1,83	10,27	65,9	0,43	n.b.	1,4	48,3	3,1	2,2
Tellur	g/TJ	<0,003	<0,005	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Thallium	g/TJ	0,95	3,3	0,07	0,065	0,34	<0,35	0,26	0,1	<0,01	<0,39	<0,9	<0,8
Vanadium	g/TJ	<0,03	0,07	<0,03	<0,04	<0,04	0,06	0,11	<0,05	<0,01	2,03	1,27	0,5
Zink	g/TJ	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	15,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Zinn	g/TJ	<0,08	1,9	n.b.	n.b.	<0,17	2,24	0,37	5,2	3,68	3,34	<0,53	<0,2
Kohlenmonoxid <sup>2</sup>	kg/TJ	1116	746	2960	1740	2779	2636	3057	2830	3504	3670	4065	2765
Stickstoffoxide	kg/TJ	81	74	62	70	54	80	86	84	55	78	71	90
Schwefeldioxid	kg/TJ	353	1552	2930	1730	1243	963	268	941	324	314	469	270
Chlorwasserstoff	kg/TJ	4,6	5,7	68,7	0,43	7,0	<1,3	8,8	1,1	1,0	0,58	1,9	0,56
Fluorwasserstoff	kg/TJ	0,31	0,74	1,27	0,26	0,63	0,35	0,29	0,13	0,2	0,97	0,66	<0,06
Schwefelwasserstoff	kg/TJ	<0,48	0,6	0,32	0,19	0,34	4,7	<0,24	1,2	<0,3	<0,45	<0,49	0,89
Schwefeltrioxid	kg/TJ	0,99	1,9	9,70	n.b.	22,3	19	6,5	15	23	17,5	12,7	14,7
Gesamtkohlenstoff	kg/TJ	37	29	276	128	314	172	132	208	236	542	456	336
Summe BTX	kg/TJ	0,82	1,34	1,14	1,15	3,00	11,3	6,64	11,1	13,9	44,3	40,7	29,9
Benzol	kg/TJ	0,42	0,73	0,71	0,30	2,29	7,47	3,68	8,1	9,4	36,65	33,4	23,7
Toluol	kg/TJ	0,20	0,27	0,14	0,45	0,41	2,16	1,42	1,70	2,97	4,84	5,6	4,79
Summe 21 PAH	kg/TJ	0,06	0,21	2,00	5,29	2,16	0,81	0,43	3,14	2,21	18,04	7,17	2,91
Benzo(a)pyren	kg/TJ	0,002	0,008	0,074	0,250	0,09	0,025	0,019	0,057	0,036	0,92	0,31	0,085
PCDD/F (NATO/CCMS)	mg TE/TJ	0,027	0,035	0,133	0,016	0,134	0,02	0,015	0,025	0,028	0,033	0,093	0,030
PCB (Ballschmitter)	mg/TJ	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	10,89	5,10	n.b.	n.b.	6,75	n.n.	42,2
PCB (WHO)	mgTEQ/TJ	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,010	0,149	n.b.	n.b.	0,061	n.n.	0,0002

Impressum

ISSN 0941-7281

Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Halle (1998)  
Sonderheft 5/98: Untersuchungen zur Emission von Luftschadstoffen aus Hausbrandfeuerstätten beim Einsatz von Braunkohlenbriketts

Herausgeber und Bezug: Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, PSF 200841,  
06009 Halle, Sitz: Reideburger Str. 47, 06116 Halle, Telefon (0345) 5704 0

Bearbeiter: Wolf-Dieter Kalkoff, Dr. Christian Ehrlich

Diese Schriftenreihe wird kostenlos abgegeben und darf nicht verkauft werden. Der Nachdruck bedarf der Genehmigung.

November 1998