

Emissionsmessungen an Kaminöfen mit Holz und Braunkohlebriketts

Daten des Teilvorhabens „Prüfstandsbereitstellung für PAK-Messungen an Kaminöfen“

1 Aufgabenstellung

Zur Bewertung der Emissionen aktueller Kaminöfen mit den Brennstoffen Braunkohlebriketts und Holz wurden am DBFZ Messungen der Abgasparameter O₂, CO₂, CO und OGC durchgeführt. Um die Vergleichbarkeit mit dem abgeschlossenen Vorhaben „Evaluierung der 1. BImSchV“ zu gewährleisten wurde der Versuchsablauf dieses Vorhabens übernommen. Dieser orientierte sich am Prüfablauf, welcher Anfang 2019 für den „Blauen Engel“ vorgeschlagen wurde. Der 2020 veröffentlichte Prüfablauf weicht etwas von diesem Vorschlag ab

2 Versuchsaufbau und – ablauf

Die Untersuchungen erfolgten auf dem Kaminprüfstand des DBFZ in Leipzig. Es wurden die in Tabelle 1 genannten Kaminöfen verwendet.

Tabelle 1: Für das Messprogramm ausgewählte Kaminöfen

Untertitel [wenn nicht notwendig, bitte entfernen]

Bezeichnung	Einstellung der Luftzuführung	Schaumkeramikfilter	Leistung
KO1	manuell	Nein	6 kW
KO2	automatisiert gesteuerte Luftklappe (mechanisch)	Nein	7 kW
KO3	manuell	Nein	5 kW
KO4	manuell	Nein	5 kW
KO5	Elektronisch geregelte Luftklappe mit Sensor	Ja	8 kW

Hier steht eine Tabellenunterschrift

Für die Bestimmung der gasförmigen Emissionskomponenten wurden die in Tabelle 2 aufgeführten Messgeräte verwendet.

Tabelle 2: Messgrößen (gasförmige Komponenten)

Messgröße	Verfahren	Gerät/Hersteller	Messbereich	Max. Messfehler / typ. Messfehler (rel.)
O ₂	paramagnetisch	Siemens / OXYMAT 61	0 - 25 Vol.-%	± 20,6% / ± 5,15 %
CO	NDIR	Siemens / ULTRAMAT 23	0 - 10.000 ppm*	± 12,5% / ± 3,7 %
OGC	FID	Testa / FID-2010T	0 – 1500 mg/m ³	± 26,8% / ± 6,7%
CH ₄	FTIR	ANSYCO / CX-4000		
H ₂ O	FTIR	ANSYCO / CX-4000	0 - 30 Vol.-%	± 0,5 Vol.-% bzw. 4 % FS

* Verteilt auf zwei Geräte mit mehreren Messbereichen; FS: Messbereichsendwert

Die Kohlenwasserstoffemissionen ohne Methan (NMVOC) wurden durch Einberechnung des Methan-Messwertes aus dem FTIR-Gasanalysator ermittelt. Die Methanmassekonzentration muss zunächst auf die molare Masse von Kohlenstoff umgerechnet werden. Die Berechnungsgleichung für NMVOC ergibt sich dadurch zu $\text{NMVOC} = \text{OGC} - \text{CH}_4 * 12/16$.

Die Messung der Gesamtstaubemissionen erfolgt gravimetrisch in Anlehnung an die VDI Richtlinie 2066 Blatt 1. Bei den Messungen wurde die Out-Stack-Filtration angewendet und eine Probenahmedauer von 30 min eingehalten. Ausnahmen ergaben sich jedoch beim Kaltstartzyklus. Hierbei ist die Probenahmedauer variabel und abhängig von der Abbrandgeschwindigkeit, wobei die Probenahmedauer bis zum Nachlegen der nächsten Brennstoffcharge fortgeführt wurde. Für die Absaugung und Volumenstromermittlung des Teilabgasstromes wurde die automatische Isokinetikregelung ITES der Paul Gothe GmbH eingesetzt. Als Filtermaterial wird Quarzmikrofaserpapier der Fa. Munktell (Typ MG 160) verwendet. Nach Abschluss des Versuchstages wurde die Messsonde mit Aceton und dest. Wasser gespült. Die in der Spülflüssigkeit enthaltene Staubmasse wurde auf die einzelnen Messdurchgänge aufgeteilt. Die Aufteilung erfolgte proportional zu den gesammelten Staubmengen pro Filter.

Aufgrund der begrenzten Anzahl an Messöffnungen musste an Versuchstagen mit PAK-Messung auf die Bestimmung der Parameter Gesamtstaub und OGC verzichtet werden. Dadurch kann auch kein Wert für den Parameter Kohlenwasserstoffemissionen ohne Methan angegeben werden.

Der Versuchsablauf orientierte sich abstimmungsgemäß am Prüfablauf des Projektes „Evaluierung der 1. BImSchV“. Die wichtigsten Punkte sind in der folgenden Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Versuchsablauf

Parameter	Anforderung
einzustellende Last	Es sind 6 Brennstoffauflagen bei Nennlast, beginnend mit dem Zündvorgang, und 2 Brennstoffauflagen bei Teillast durchzuführen.
Schornsteinzug	Die beiden ersten Abbrände werden bei Naturzug durchgeführt. Die weiteren Nennlastabbrände bei 12 Pa und die Teillastabbrände bei 6 Pa.
Einstellungen am Kaminofen	Es sind die in der Bedienungsanleitung festgelegten Einstellungen durchzuführen. Als Einschränkung gilt, dass die Einstellungen nur unmittelbar beim Nachlegen angepasst werden dürfen.
Nachlegekriterium	Das Nachlegekriterium ist erreicht bei 25% der maximalen CO ₂ -Konzentration im Abbrand, wenn die CO ₂ -Konzentration zwischen 4,5% und 3,5% liegt, und die Flamme erloschen ist oder, wenn die CO ₂ -Konzentration unter 3,5% liegt.

Parameter	Anforderung
Staubmessung	<p>Die Staubmessung beginnt für die ersten beiden Brennstoffauflagen unmittelbar nach dem Anzünden des Brennstoffs und endet bei Erreichen des Nachlegezeitpunktes nach der zweiten Brennstoffauflage. Die beiden ersten Abbrände werden zusammen auf einen Staubfilter gezogen.</p> <p>Die weiteren Staubmessungen beginnen 3 Minuten nach dem Nachlegen und Enden nach 30 Minuten Absaugzeit.</p>

Als Brennstoffe wurden Lausitzer Braunkohlenbriketts der Marke „REKORT“ sowie Buchenscheitholz verwendet. Die Brennstoffmasse sowie die Anzahl der Briketts bzw. Scheite richtete sich nach den Angaben der Hersteller der Feuerungen.

3 Messergebnisse

3.1 Hinweise zu den Messdaten

Die Messergebnisse werden auf einen Sauerstoffbezugswert von 13 % umgerechnet und sind in den Tabellen 5 – 21 aufgeführt. Hinweise zu den Messdatentabellen (Tabelle 5 – 21) finden sich in Tabelle 4.

Tabelle 4: Hinweise zu den Messdatentabellen

Bezeichnung	Hinweis
Brennstoffauflage	Angegeben wird die laufende Zahl der Brennstoffauflagen am Versuchstag. Begonnen wird mit dem Entzünden der 1. Brennstoffauflage.
Lastart	Angegeben ist die nach Herstellerangaben eingestellte Lastart (Nennlast bzw. Teillast). Die Einstellung erfolgte gemäß der Bedienungsanleitung des Kaminofens in der Regel durch die aufgelegte Brennstoffmenge und die vorgegebenen (Luft)einstellungen.
Startzeit	Zeitpunkt der Brennstoffauflage und Beginn der Auswertung für gasförmige Emissionen. Die Staubmessung beginnt in Abhängigkeit vom Prüfzyklus entweder auch zu diesem Zeitpunkt bzw. in einem Abstand von 3 Minuten.
Endzeit	Zeitpunkt des Unterschreitens des Nachlegekriteriums und Endpunkt für die Auswertung gasförmiger Emissionen. In der Regel wurde innerhalb von 0,5 Minuten die nächste Brennstoffauflage aufgelegt. Für die Staubmessung gelten je nach Prüfzyklus abweichende Endzeitpunkte.
O ₂ / Vol.-% Staub	Sauerstoffkonzentration über den Zeitraum der Staubmessung

Die Auswertungen für die Versuchstage 26.02.2019, 07.03.2019, 14.03.2019, 08.04.19 und 12.06.2019 beruhen auf dem Datenbestand der Vorhabens Evaluierung der 1. BImSchV von 2010 (FKZ:3717 51 352 0) und wurden für diesen Zweck neu ausgewertet. Im Rahmen dieses Vorhabens wurde ausschließlich der Brennstoff Buchenscheitholz verwendet.

3.2 Messdaten für Kaminofen KO1

3.2.1 Betrieb mit Holz

Tabelle 5: Messdaten bezogen auf 13 % O₂ und im Normzustand am Kaminofen KO1 am 12.06.2019

Brennstoff	Brenn-stoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Holz	1 + 2	NL	09:37	10:51	14,5	2282	98	366	89	299
Holz	3	NL	10:51	11:38	14,6	1863	109	531	83	469
Holz	4	NL	11:38	12:43	14,8	2375	82	262	54	221
Holz	5	NL	12:43	13:23	14,2	1609	59	308	53	268
Holz	6	NL	13:23	14:05	13,8	1450	63	332	65	283
Holz	7	TL	14:05	14:53	14,4	2989	29	476	203	324
Holz	8	TL	14:53	16:07	15,4	5355	36	535	233	360
Mittel	1-8				13	2560	68	400	111	318

Tabelle 6: Messdaten bezogen auf 13 % O₂ und im Normzustand am Kaminofen KO1 am 13.06.2019 (mit PAK-Messung)

Brennstoff	Brennstoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Holz	1	NL	09:58	10:32	14,2	2266			87	
Holz	2	NL	10:32	11:01	13,2	1755			41	
Holz	3	NL	11:01	11:37	13,1	1335			42	
Holz	4	NL	11:37	12:24	13,7	1913			58	
Holz	5	NL	12:24	13:00	13,1	1526			30	
Mittel	1 - 5				13,4	1759			52	

Die angegebenen Werte gasförmiger Komponenten beziehen sich auf einen vollständigen Abbrand (vom einer Brennstoffauflage bis zur nächsten Brennstoffauflage). Die PAK-Messung berücksichtigte nur die ersten 30 Minuten nach der Brennstoffauflage.

3.2.2 Betrieb mit Kohle

Tabelle 7: Messdaten bezogen auf 13 % O₂ und im Normzustand am Kaminofen KO1 am 03.03.2020 (2 Briketts)

Brennstoff	Brennstoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Holz	1	NL	08:59	09:27	12,8	1720	17*	N.N.	54	N.N.
Kohle	2	NL	09:27	10:28	18,2	9963		N.N.	819	N.N.
Kohle	3	NL	10:28	11:27	17,1	6717	199	1366	352	1102
Kohle	4	NL	11:27	12:27	16,7	4683	48	526	138	423
Kohle	5	NL	12:27	13:27	16,6	4378	31	477	147	367

Brennstoff	Brenn-stoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Kohle	6	NL	13:27	14:29	16,3	3683	21	249	69	197
Kohle	7	TL	14:29	15:29	16,6	3575	87	513	103	436
Kohle	8	TL	15:29	16:29	15,1	1779	24	234	49	197
Mittel	1 - 8				16,2	4562	61	561	216	454
Mittel	3 - 8				16,4	4136	68	561	143	454

* Brennstoffauflage 1 + 2

Tabelle 8: Messdaten bezogen auf 13 % O₂ und im Normzustand am Kaminofen KO1 am 05.03.2020 (3 Briketts)

Brennstoff	Brenn-stoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Holz	1	NL	08:52	09:31	13,4	2013	118*	209	70	156
Kohle	2	NL	09:31	11:01	17,7	7153		1784	511	1400
Kohle	3	NL	11:01	12:03	16,8	5953	135	1362	304	1134
Kohle	4	NL	12:03	13:09	14,3	1300	18	169	28	148
Kohle	5	NL	13:09	14:09	14,6	1373	19	129	22	113
Kohle	6	NL	14:09	15:17	14,2	1023	21	60	9	53
Mittel	1 - 6				15,2	3136	62	619	158	500

* Brennstoffauflage 1 + 2

Tabelle 9: Messdaten bezogen auf 13 % O₂ und im Normzustand am Kaminofen KO1 am 10.03.2020 (3 Briketts; mit PAK-Messung)

Brennstoff	Brenn-stoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Holz	1	NL	09:12	09:45	12,3	2890			137	
Kohle	2	NL	09:45	10:45	16,4	5457			353	
Kohle	3	NL	10:45	11:39	15,0	1805			58	
Kohle	4	NL	11:39	12:42	14,3	1069			16	
Kohle	5	NL	12:42	14:40	16,1	4868			24	
Mittel	1 - 5				14,8	3218			118	

Die angegebenen Werte gasförmiger Komponenten beziehen sich auf einen vollständigen Abbrand (vom einer Brennstoffauflage bis zur nächsten Brennstoffauflage). Die PAK-Messung berücksichtigte nur die ersten 30 Minuten nach der Brennstoffauflage.

In der Bedienungsanleitung des Kaminofens KO1 wird eine Brennstoffauflage von 1,7kg (2 Briketts) empfohlen. Da 1,7 kg der Masse von 3 Briketts entspricht, wurden Versuche mit 2 Briketts und 3 Briketts pro Auflage durchgeführt. Die insgesamt günstigeren Emissionen wies der Betrieb mit 3 Briketts auf. Diese Brennstoffauflage wurde deshalb auch für die PAK-Messungen angesetzt.

3.3 Messdaten für Kaminofen KO2

3.3.1 Betrieb mit Holz

Tabelle 10: Messdaten bezogen auf 13 % O₂ und im Normzustand am Kaminofen KO2 am 26.02.2019

Brennstoff	Brennstoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Holz	1+2	NL	09:43	11:02	14,8	2410	151	173	74	118
Holz	3	NL	11:02	11:36	12,2	1626	326	102	34	76
Holz	4	NL	11:36	12:16	12,4	1574	142	44	16	32
Holz	5	NL	12:16	12:52	12,2	1797	154	91	35	65
Holz	6	NL	12:52	13:36	13,5	1630	127	89	20	74
Holz	7	TL	13:36	14:24	14,6	2445	78	106	57	64
Holz	8	TL	14:24	15:05	15,2	1721	102	216	121	125
Mittel	1-8				13,6	1640	154	117	51	79

Tabelle 11: Messdaten bezogen auf 13 % O₂ und im Normzustand am Kaminofen KO2 am 18.03.2020 (mit PAK-Messung)

Brennstoff	Brennstoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Holz	1	NL	08:49	09:14	16,5	3652			157	
Holz	2	NL	09:14	10:14	15,7	3647			210	
Holz	3	NL	10:14	10:56	13,4	1122			46	
Holz	4	NL	10:56	11:28	11,6	1177			17	

Brennstoff	Brennstoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Holz	5	NL	11:28	12:22	14,1	3317			27	
Mittel	1 - 5				14,3	2583			91	

Die angegebenen Werte gasförmiger Komponenten beziehen sich auf einen vollständigen Abbrand (vom einer Brennstoffauflage bis zur nächsten Brennstoffauflage). Die PAK-Messung berücksichtigte nur die ersten 30 Minuten nach der Brennstoffauflage.

3.3.2 Betrieb mit Kohle

Tabelle 12: Messdaten bezogen auf 13 % O₂ und im Normzustand am Kaminofen KO2 am 12.03.2020 (3 Briketts)

Brennstoff	Brennstoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Holz	1	NL	08:59	09:25	12,1	2896	192*	493	147	383
Kohle	2	NL	09:25	10:23	14,8	2504		460	97	388
Kohle	3	NL	10:23	11:45	14,4	1693	38	52	20	37
Kohle	4	NL	11:45	13:23	14,4	1639	26	38	10	31
Kohle	5	NL	13:23	14:56	14,3	1408	21	54	14	43
Kohle	6	NL	14:56	16:28	14,1	1551	21	70	14	60
Kohle	7	TL	16:28	18:34	15,1	4035	201	480	81	419
Kohle	8	TL	18:34	19:54	15,7	4758	538	1248	246	1063
Mittel	1 - 8				14,4	2560	148	362	79	303

* Brennstoffauflage 1 + 2

Tabelle 13: Messdaten bezogen auf 13 % O₂ und im Normzustand am Kaminofen KO2 am 17.03.2020 (mit PAK-Messung, 3 Briketts)

Brennstoff	Brennstoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Holz	1	NL	09:25	09:52	12,5	2161			62	
Kohle	2	NL	09:52	10:57	14,8	2549			114	
Kohle	3	NL	10:57	12:05	14,3	1116			11	
Kohle	4	NL	12:05	13:24	13,6	830			3	
Kohle	5	NL	13:24	15:17	14,6	1889			6	
Mittel	1 - 5				14,0	1709			39	

Die angegebenen Werte gasförmiger Komponenten beziehen sich auf einen vollständigen Abbrand (vom einer Brennstoffauflage bis zur nächsten Brennstoffauflage). Die PAK-Messung berücksichtigte nur die ersten 30 Minuten nach der Brennstoffauflage.

3.4 Messdaten für Kaminofen KO3

3.4.1 Betrieb mit Holz

Tabelle 14: Messdaten bezogen auf 13 % O₂ und im Normzustand am Kaminofen KO3 am 07.03.2019

Brennstoff	Brennstoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Holz	1-2	NL	09:45	10:57	11,4	1146	79	150	28	129
Holz	3	NL	10:57	11:42	12,0	1747	28	374	51	335
Holz	4	NL	11:42	12:23	12,1	1552	29	348	46	314
Holz	5	NL	12:23	13:14	12,6	2258	35	528	71	475
Holz	6	NL	13:14	14:16	13,3	2455	53	405	54	365
Mittel 1-6					12,3	1832	45	361	50	324

Tabelle 15: Messdaten bezogen auf 13 % O₂ und im Normzustand am Kaminofen KO3 am 06.03.2019 (mit PAK-Messung)

Brennstoff	Brennstoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Holz	1	NL	09:52	10:25	11,7	1058			21	
Holz	2	NL	10:25	11:07	12,9	1891			67	
Holz	3	NL	11:07	11:49	12,2	1427			50	
Holz	4	NL	11:49	12:33	13,0	1801			63	
Holz	5	NL	12:33	13:15	11,7	1283			46	
Holz	6	NL	13:15	13:56	12,5	1555			49	
Holz	7	NL	13:56	15:02	14,0	2286			49	
Mittel 1-7					12,6	1614			49	

Die angegebenen Werte gasförmiger Komponenten beziehen sich auf einen vollständigen Abbrand (vom einer Brennstoffauflage bis zur nächsten Brennstoffauflage). Die PAK-Messung berücksichtigte nur die ersten 30 Minuten nach der Brennstoffauflage.

3.4.2 Betrieb mit Kohle

Die Feuerung ist nicht für den Brennstoff Braunkohlenbriketts geeignet.

3.5 Messdaten für Kaminofen KO4

3.5.1 Betrieb mit Holz

Tabelle 16: Messdaten bezogen auf 13 % O₂ und im Normzustand am Kaminofen KO4 am 14.03.2019

Brennstoff	Brennstoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Holz	1+2	NL	09:46	10:42	14,6	2119	62	210	56	167
Holz	3	NL	10:42	11:24	14,1	1590	30	149	57	106
Holz	4	NL	11:24	12:06	13,6	1499	27	129	56	87
Holz	5	NL	12:06	12:54	14,0	1735	37	141	73	86
Holz	6	NL	12:54	13:37	13,6	2092	35	146	77	88
Holz	7	NL	13:37	14:25	14,4	1644	32	145	70	92
Holz	8	NL	14:25	15:10	14,0	1245	20	121	78	62
Mittel 1-8					14,0	1703	35	149	67	98

Tabelle 17: Messdaten bezogen auf 13 % O₂ und im Normzustand am Kaminofen KO4 am 13.03.2019 (mit PAK-Messung)

Brennstoff	Brennstoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Holz	1	NL	09:32	09:58	15,1	884			29	
Holz	2	NL	09:58	10:32	14,7	3044			91	
Holz	3	NL	10:32	11:13	14,2	1536			46	
Holz	4	NL	11:13	11:59	14,1	1585			73	

Brennstoff	Brennstoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Mittel 1-4					14,5	1763			60	

Die angegebenen Werte gasförmiger Komponenten beziehen sich auf einen vollständigen Abbrand (vom einer Brennstoffauflage bis zur nächsten Brennstoffauflage). Die PAK-Messung berücksichtigte nur die ersten 30 Minuten nach der Brennstoffauflage.

3.5.2 Betrieb mit Kohle

Die Feuerung ist nicht für den Brennstoff Braunkohlenbriketts geeignet.

3.6 Messdaten für Kaminofen KO5

3.6.1 Betrieb mit Holz

Tabelle 18: Messdaten bezogen auf 13 % O₂ und im Normzustand am Kaminofen KO5 am 08.04.2019

Brennstoff	Brennstoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Holz	1+2	NL	10:01	11:17	13,4	1166	97	121	28	100
Holz	3	NL	11:17	12:06	11,0	1126	104	141	43	108
Holz	4	NL	12:06	12:55	10,3	823	59	93	26	73
Holz	5	NL	12:55	13:41	9,8	1176	116	124	38	95
Holz	6	NL	13:41	14:32	10,5	1279	113	91	28	70
Holz	7	TL	14:32	15:21	13,8	1546	46	60	39	30
Holz	8	TL	15:21	16:05	14,1	1553	53	96	53	56
Mittel 1-8					11,8	1238	84	104	36	76

Tabelle 19: Messdaten bezogen auf 13 % O₂ und im Normzustand am Kaminofen KO5 am 02.04.2019 (mit PAK-Messung)

Brennstoff	Brennstoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Holz	1	NL	10:04	10:34	15,2	2650			58	
Holz	2	NL	10:34	11:18	14,1	1672			93	
Holz	3	NL	11:18	12:23	13,2	1209			62	
Holz	4	NL	12:23	13:15	16,7	4145			46	

Brennstoff	Brennstoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Holz	5	NL	13:15	14:34	18,8	9247			45	
Mittel 1-5					15,6	3785			61	

Die angegebenen Werte gasförmiger Komponenten beziehen sich auf einen vollständigen Abbrand (vom einer Brennstoffauflage bis zur nächsten Brennstoffauflage). Die PAK-Messung berücksichtigte nur die ersten 30 Minuten nach der Brennstoffauflage.

3.6.2 Betrieb mit Kohle

Tabelle 20: Messdaten bezogen auf 13 % O₂ und im Normzustand am Kaminofen KO5 am 25.02.2020 (3 Briketts)

Brennstoff	Brennstoff- auflage	Lastart	Startzeit	Endzeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Holz	1	NL	08:44	09:19	12,8	1593	116*	153	65	105
Kohle	2	NL	09:19	10:07	14,3	3485		529	149	417
Kohle	3	NL	10:07	11:13	13,9	3219	40	352	100	276
Kohle	4	NL	11:13	12:25	13,7	2839	23	184	59	139
Kohle	5	NL	12:25	13:44	13,5	2135	11	99	35	72
Kohle	6	NL	13:44	15:05	13,5	2665	18	173	60	127
Kohle	7	TL	15:05	16:43	13,3	7147	31	782	352	518
Kohle	8	TL	16:43	18:08	13,5	4546	14	460	214	300
Mittel	1 - 8				13,6	3454	36	341	129	244

* Brennstoffauflage 1 + 2

Tabelle 21: Messdaten bezogen auf 13 % O₂ und im Normzustand am Kaminofen KO5 am 27.02.2020 (mit PAK-Messung, 3 Briketts)

Brennstoff	Brennstoff- auflage	Lastart	Startzeit	End-zeit	O ₂ / Vol.-%	CO / mg/m ³	Staub / mg/m ³	OGC / mg/m ³	CH ₄ / mg/m ³	NMOGC / mg/m ³
Holz	1	NL	10:10	10:46	14,2	1515			38	
Holz	2	NL	10:46	11:33	12,4	1412			58	
Kohle	3	NL	11:33	12:41	13,6	1660			46	
Kohle	4	NL	12:42	13:41	14,6	3492			97	
Kohle	5	NL	13:41	15:09	13,7	1867			38	
Mittel	1 - 5				13,7	1989			56	

Die angegebenen Werte gasförmiger Komponenten beziehen sich auf einen vollständigen Abbrand (vom einer Brennstoffauflage bis zur nächsten Brennstoffauflage). Die PAK-Messung berücksichtigte nur die ersten 30 Minuten nach der Brennstoffauflage.

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de
[f/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)
[t/umweltbundesamt](https://www.twitter.com/umweltbundesamt)

Autorenschaft, Institution

Tobias Ulbricht
Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
04347 Leipzig

Stand: 03/2021