



MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWERTES
ÖSTERREICH



INNENRAUMSCHADSTOFFE
DURCH VERBRENNUNGS-
PROZESSE
Ethanol- und Speicheröfen

Projektstart	Januar 2014
Projektende	August 2015
Auftraggeber	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung V/4 Stubenbastei 5 1010 Wien
Auftragnehmer	DI Peter Tappler
Durchführung (Institution)	Innenraum Mess- und Beratungsservice IBO Innenraumanalytik OG
Ansprechpartner	DI Peter Tappler
Postadresse	1150 Wien, Stutterheimstraße 16-18/Stiege 2
Telefon	+43(0)1-9838080
Fax	+43(0)1-9838080-15
E-Mail	office@innenraumanalytik.at
Website	www.innenraumanalytik.at

Innenraumschadstoffe durch Verbrennungsprozesse

Ethanol- und Speicheröfen

Autorinnen und Autoren:

Projektleiter:

DI Peter Tappler (IBO Innenraumanalytik OG)

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter:

DI Ute Muñoz-Czerny (IBO Innenraumanalytik OG)

DI Bernhard Damberger (IBO Innenraumanalytik OG)

DI Felix Twrdik (IBO Innenraumanalytik OG)

Dr. Reinhard Schlager (IBO Innenraumanalytik OG)

OA Assoz.-Prof. DI Dr. med. Hans-Peter Hutter (MUW)

Werden Personenbezeichnungen aus Gründen der besseren Lesbarkeit lediglich in der männlichen oder weiblichen Form verwendet, so schließt dies das jeweils andere Geschlecht mit ein.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Inhalt und Beschreibung der Untersuchung	6
1.1	Einleitung	6
1.2	Allgemeine Vorgangsweise	7
1.3	Zielsetzung	7
1.4	Durchführung der Messungen.....	8
1.4.1	Allgemeines	8
1.4.2	Speicheröfen.....	8
1.4.3	Ethanolöfen.....	11
1.5	Rechtliche Rahmenbedingungen	14
1.5.1	Speicheröfen.....	14
1.5.2	Ethanolöfen.....	14
2	Beschreibung der Messsituation	16
2.1	Situation vor Ort.....	16
2.2	Messzeiträume und Klimadaten	19
3	Untersuchung von Raumluft auf Benzol	20
3.1	Probenahme und Analytik der Benzoluntersuchung.....	20
3.2	Ergebnisse der Untersuchung auf Benzol	20
3.3	Beurteilungsgrundlagen der Benzolkonzentration	23
4	Untersuchung von Raumluft auf Formaldehyd.....	24
4.1	Probenahme und Analytik der Formaldehyduntersuchung	24
4.2	Ergebnisse der Untersuchung auf Formaldehyd	24
4.3	Beurteilungsgrundlagen der Formaldehydkonzentration	28
5	Untersuchung von Raumluft auf Feinstaub	30
5.1	Probenahme und Analytik der Feinstaubuntersuchung	30
5.2	Aerosolspektrometer – berechnete Massenkonzentration.....	31
5.3	Ergebnisse der Untersuchung auf Feinstaub	31
5.3.1	Speicheröfen.....	32
5.3.2	Ethanolöfen.....	35
5.3.3	Zusammenfassung der Ergebnisse Feinstaub	38
5.4	Beurteilungsgrundlagen der Feinstaubkonzentration	40
6	Untersuchung von Raumluft auf Feinstpartikel (FP).....	42
6.1	Probenahme und Analytik der Feinstpartikeluntersuchung	42
6.2	Ergebnisse der Untersuchung auf Feinstpartikel.....	42
6.3	Beurteilungsgrundlagen der Feinstpartikelkonzentration.....	45

7	Untersuchung von Raumluft auf Kohlenstoffmonoxid (CO)	46
7.1	Probenahme und Analytik der CO-Untersuchung	46
7.2	Ergebnisse der Untersuchung auf Kohlenstoffmonoxid.....	46
7.3	Beurteilungsgrundlagen der CO-Konzentration.....	49
8	Untersuchung von Raumluft auf Kohlenstoffdioxid (CO₂)	50
8.1	Probenahme und Analytik der CO ₂ -Untersuchung	50
8.2	Ergebnisse der Untersuchung auf Kohlenstoffdioxid.....	50
8.3	Beurteilungsgrundlagen der CO ₂ -Konzentration.....	53
9	Bewertung der Ergebnisse	54
9.1	Speicheröfen.....	54
9.1.1	Allgemeines	54
9.1.2	Ergebnisbewertung der Benzoluntersuchung	54
9.1.3	Ergebnisbewertung der Formaldehyduntersuchung	54
9.1.4	Ergebnisbewertung der Feinstaubuntersuchung	55
9.1.5	Ergebnisbewertung der Feinstpartikeluntersuchung.....	56
9.1.6	Ergebnisbewertung der Untersuchung auf Kohlenmonoxid (CO)	56
9.1.7	Ergebnisbewertung der CO ₂ -Untersuchung	56
9.2	Ethanolöfen.....	57
9.2.1	Allgemeines	57
9.2.2	Ergebnisbewertung der Benzoluntersuchung	57
9.2.3	Ergebnisbewertung der Formaldehyduntersuchung	57
9.2.4	Ergebnisbewertung der Feinstaubuntersuchung	58
9.2.5	Ergebnisbewertung der Feinstpartikeluntersuchung.....	59
9.2.6	Ergebnisbewertung der Untersuchung auf Kohlenmonoxid (CO)	59
9.2.7	Ergebnisbewertung der CO ₂ -Untersuchung	60
10	Zusammenfassung und weitere Beurteilungen	61
10.1	Speicheröfen.....	61
10.2	Ethanolöfen.....	62
10.3	Erforderliche Maßnahmen.....	63
11	Ergebniszusammenfassung der Untersuchungen	65
12	Literatur	88

1 Inhalt und Beschreibung der Untersuchung

1.1 Einleitung

Verbrennungsprozesse können beträchtliche Quellen von Schadstoffen in Innenräumen sein. Neben Kerzen, Duftlampen und dem Tabak-Rauchen, bei dem eine Vielzahl von Substanzen entstehen, treten zunehmend weitere Quellen wie Zimmeröfen ohne Abzug (Ethanolöfen) und die mögliche Emission von undichten Einzelöfen (darunter auch gemauerte Öfen) in Hinblick auf die Exposition des Menschen in den Fokus des Interesses.

Die bei diesen Verbrennungsprozessen zu erwartenden Konzentrationen, die zu der Belastung des Innenraumklimas beitragen können, sind jedoch bislang unzureichend untersucht. Es existieren eine Reihe von Berichten zu undichten Einzelöfen mit Abzug, die zu Vergiftungserscheinungen und Todesfällen durch Kohlenmonoxid (CO) führten. Daten über die Auswirkung des Normalbetriebes von Speicher- und Zimmeröfen auf die Luftqualität in realen Innenräumen gibt es jedoch bislang wenige (Wensing et al. 2013), (Guillaume et al. 2013).

Von Interesse sind in diesem Zusammenhang die Substanzen bzw. Substanzgruppen Formaldehyd, Benzol und Feinstaub, von denen relevante Konzentrationen in der Innenraumluft bei Verbrennungsprozessen entstehen können. Neben dem Verbrennen von Tabak wurde vor allem der Betrieb von Zimmeröfen ohne Abzug (Ethanolöfen) (Schripp et al. 2014) als starke Emittenten beschrieben. Bei diesen Untersuchungen zeigten sich zum Teil hohe Emissionen diverser Verbrennungsprodukte wie Benzol, Formaldehyd, Ultrafeinstaub, Kohlenmonoxyd (CO), CO₂ und Stickoxide (Niedermeyer et al. 2010), (Grams et al. 2010).

Trotz Berücksichtigung der einschlägigen deutschen Norm DIN 4734-1, die technische Mindeststandards für Ethanol-Kamine definiert, wurden bei Prüfraummessungen des deutschen Wilhelm-Klauditz-Instituts (WKI) deutliche Überschreitungen von Innenraum-Richtwerten festgestellt. Ansonsten zurückhaltende Innenraumexperten sprechen von einer "unterschätzten Gefahr" in Zusammenhang mit Ethanolöfen (Wensing 2014). Getestet wurden vier Feuerstellen mit Ethanol sowie acht flüssige oder gelförmige Brennstoffe in einer 48 Quadratmeter großen Prüfkammer. Trotz Einhaltung aller Vorgaben der DIN 4734-1 haben sich in den meisten Fällen hohe Schadstoffkonzentrationen gefunden, Richtwerte wurden häufig überschritten (Wensing et al. 2013). Laut den Autoren lässt sich auch keine allgemeine Aussage darüber treffen, wie gefährlich die Schadstoffe im Einzelfall für die Gesundheit sind. Dennoch rät das WKI dazu, auf den Einsatz von Ethanol-Öfen in Wohnungen zu verzichten. Es wurde empfohlen, Ethanolöfen wenn überhaupt nur in großen und sehr gut gelüfteten Räumen zu betreiben (Spiegel online 2014).

Die hohe Schadstoffabgabe ist den Nutzern in der Regel gänzlich unbekannt und wird auch auf den Produktinformationen und Datenblättern der Hersteller nicht hinreichend thematisiert. Auf diesen ist lediglich von zu vermeidenden erhöhten CO₂-Konzentrationen die Rede, die durch die Auswahl ausreichend großer Räume, ausreichendes Lüften oder "Lüftungsöffnungen" zu vermeiden wäre (z.B. Höfer Chemie 2015). Die Wortwahl in den zu einem immer stärkeren Ausmaß über das Internet laufenden Produktinformationen lassen den Schluss zu, dass es sich um ein völlig harmloses Produkt handelt ("einfach und sicher"). In Hinblick auf eine ausreichend

gute Innenraumluftqualität erforderlichen Warnhinweise findet man oft nur in den Produktdatenblättern, diese beziehen sich allerdings ausschließlich auf CO₂ und nicht auf die kritischen Substanzen wie z.B. Formaldehyd, Benzol, die in vorhergegangenen Studien zu Richtwertüberschreitungen führten (z.B. Hornbach 2015).

In keiner der zahlreichen Websites von Vertreibern von Ethanolöfen fand sich ein Hinweis darauf, dass die Produkte krebserzeugende Schadstoffe emittieren. In den Produktinformationen und Websites wird durchwegs in grob irreführender Weise behauptet, dass der Brennstoff "rückstandslos" zu "heißer Luft" (bspw. The Flame 2015) bzw. nur zu Wasserdampf und CO₂ verbrennt.

Neue technische Entwicklungen, die sowohl die Sanierung als auch den Neubau betreffen wie bspw. zunehmend dichte Gebäude und mechanische Lüftungsanlagen, verändern die Druck- und Lüftungsverhältnisse in den Räumen und damit auch die zu erwartenden Konzentrationen der gasförmigen Verbrennungsprodukte. Hier besteht die Meinung, dass bei ausreichender Belüftung ein beschränkter Betrieb von Ethanolöfen akzeptabel ist, obschon es zu Verschlechterungen der Innenraumluftqualität kommt (IWU 2010). In der Untersuchungen wurde allerdings nur CO₂ und ein nicht näher definierter Summenparameter VOC untersucht.

1.2 Allgemeine Vorgangsweise

Um einen Überblick über die Konzentration emittierter Schadstoffe aus Öfen mit Abzug zu gewinnen, wurden insgesamt 11 mit Holz beheizte, in realen Innenräumen in Betrieb befindliche Speicheröfen an unterschiedlichen österreichischen Standorten in einem etwa 3- bis 5-stündigen Zeitraum vor und nach Inbetriebnahme untersucht. Um die Emission von Ethanolöfen zu untersuchen, wurden zwei unterschiedlich große Ethanolöfen in einem realen, mechanisch belüfteten Innenraum, der als Prüfraum diente, bei unterschiedlichem Luftwechsel und unterschiedlichen Brennstoffen geprüft. Die Messungen fanden im Zeitraum August 2014 bis April 2015 statt.

1.3 Zielsetzung

Die Ergebnisse von exemplarisch durchgeführten Messungen an 11 Speicheröfen und 2 Ethanolöfen sollen in Hinblick auf bestehende Grenz-, Richt- und Referenzwerte für die Innenraumluft bewertet werden. Es soll aufgrund der Ergebnisse eine Gefährdungseinschätzung durchgeführt werden, die Grundlage ist für allfällige weitere Maßnahmen im Bereich Produktsicherheit, Erstellung von Empfehlungen sowie Installation bzw. Erweiterung von Kontrollen bei neu installierten und bestehenden Öfen.

Die angestrebten Ergebnisse sind:

- Überblick über die durch Speicher- und Ethanolöfen in Innenräumen zu erwartenden Schadstoffkonzentrationen
- Grundlagen für allfällige Nutzungsempfehlungen und Kontrollerfordernissen
- Grundlagen zur Erstellung eines Positionspapiers zu Verbrennungsprozessen in Innenräumen

1.4 Durchführung der Messungen

1.4.1 Allgemeines

Im Rahmen der gegenständlichen Untersuchungen wurden die Innenraumschadstoffe Benzol, Formaldehyd, Feinstaub, Feinstpartikel, Kohlenstoffmonoxid und Kohlenstoffdioxid vor und während des Betriebes von Speicher- und Ethanolöfen gemessen. Zu diesem Zwecke wurde deren Konzentration in verschiedenen Zeiträumen als halbstunden- bis Stundenmittelwert (Benzol, Formaldehyd) erhoben sowie bei den übrigen Komponenten kontinuierlich über den gesamten Verlauf der Prüfung untersucht.

Die untersuchten Räume wurden mindestens acht Stunden vor Probenahme verschlossen und anschließend nicht über Fenster gelüftet. Die Probenahme von Benzol, Formaldehyd, Fein- und Feinststäube, Kohlenstoffmonoxid und Kohlenstoffdioxid sowie der Temperatur und relativen Luftfeuchte erfolgte in Raummitte in einer Höhe von 1 m. Die Ergebnisse wurden auf eine Nachkommastelle bzw. maximal zwei signifikante Stellen gerundet.

1.4.2 Speicheröfen

Im Rahmen des Projekts wurden Immissionskonzentrationen folgender Verbrennungsprodukte von 11 mit Holz beheizten Speicheröfen in einem etwa 3- bis 5-stündigen Zeitraum vor und nach Inbetriebnahme ermittelt:

- Benzol
- Formaldehyd
- Feinstaub (PM10, PM2.5, PM1.0)
- Feinstpartikel
- Kohlenstoffmonoxid (CO)
- Kohlenstoffdioxid (CO₂)
- Temperatur und relative Luftfeuchte

Die Gruppe der Speicheröfen setzte sich aus acht Kachelöfen, einem Putzofen, einem Heizkamin sowie einem Kachelherd zusammen (siehe Tabelle 1.4.1 und Punkt 2). Die zwischen 1990 und 2014 errichteten Öfen befanden sich in Einfamilienhäusern in Wien, Niederösterreich, Oberösterreich und dem Burgenland, ihre Auswahl erfolgte zum Teil mit Unterstützung des Kachelofenverbandes.

Mit Ausnahme der Objekte mit den Öfen Nr. K4 und K9 erfolgte die Zufuhr der Verbrennungsluft in allen Objekten raumluftabhängig, wobei sich die Ofentüre im Raum befand, in den Objekten mit den Öfen Nr. K4 und K9 erfolgte sie raumluftunabhängig.

Tabelle 1.4.1 Bauart und -jahr der Speicheröfen

Bezeichnung	Bauart	Baujahr (ca.)	Wohnraumlüftung
K1	Kachelofen	1990	nicht vorhanden
K2	Heizkamin	2008	nicht vorhanden
K3	Kachelofen	1970	nicht vorhanden
K4	Putzofen	2014	in Betrieb (CO ₂ -gesteuert)
K5	Kachelofen	2000	nicht vorhanden
K6	Kachelofen	2000	nicht vorhanden
K7	Kachelofen	1993	nicht vorhanden
K8	Kleinkachelofen	2013	nicht vorhanden
K9	Kachelofen	2012	in Betrieb (CO ₂ -gesteuert)
K10	Kachelofen	2005	nicht vorhanden
K11	Kachelherd	1995	nicht vorhanden

In vorliegendem Bericht wird der Zeitraum vor Inbetriebnahme der Öfen als Phase 0 bezeichnet (Dauer: ca. 35 bis 45 Minuten), der Begriff Phase 1 benennt den Zeitraum unmittelbar nach dem Anheizen bis zum Schließen der Ofentüre (Dauer: ca. 60 bis 90 Minuten), Phase 2 begann mit Schließen der Ofentüre und dauerte eine Stunde, Phase 3 begann eine Stunde nach Beginn der Phase 2 und dauerte 30 Minuten (siehe Tabelle 1.4.2 und Abb. 1.4.1).

Die Messgrößen Feinstaub, Feinstpartikel, Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid, Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit wurden kontinuierlich – beginnend ca. 35 bis 45 Minuten vor dem Anheizen – über einen Zeitraum von etwa 3 bis 4 Stunden gemessen. Die Benzol- und Formaldehydkonzentrationen wurden vier Mal für einen Zeitraum von jeweils 30 Minuten – beginnend mit dem Beginn der einzelnen Phasen – gemessen. Eine erste Messung erfolgte vor Inbetriebnahme des Ofens in Phase 0, eine zweite Messung begann unmittelbar nach dem Anheizen in Phase 1, eine weitere nach Absperren des Ofens, d. h. ohne Zuführung von Verbrennungsluft (Phase 2) und eine abschließende Messung begann eine Stunde nach Beginn Phase 2 – ebenfalls bei abgesperrtem Ofen in Phase 3.

In den nachfolgenden Tabellen sind die Phasenbezeichnung sowie deren Zeiträume angeführt.

Tabelle 1.4.2 Bezeichnung der Phasen (Speicheröfen)

Phase	Bezeichnung	Beginn	Ende	Dauer [min]
Phase 0	vor dem Anheizen	35-45 Minuten vor dem Anheizen	unmittelbar vor dem Anheizen	35 - 45
Phase 1	Anheiz- und Hauptbrennphase	unmittelbar nach dem Anheizen	vor Absperren des Ofens	60 - 90
Phase 2	abgesperrter Ofen (keine Zuführung von Verbrennungsluft)	nach Absperren des Ofens	60 Minuten nach Absperren	60
Phase 3	eine Stunden nach Beginn Phase 2	60 Minuten nach Absperren des Ofens	30 Minuten nach Beginn Phase 3	30

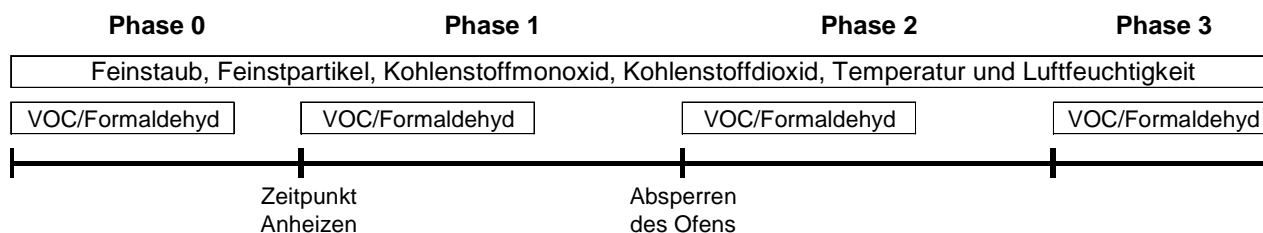


Abbildung 1.4.1: Darstellung der Phasen und Messintervalle (Speicheröfen)

Tabelle 1.4.3 Zeiträume der Untersuchungen (Speicheröfen)

Ofen	Messdatum	gesamter Messzeitraum	Zeitpunkt Zündung	kontinuierliche Messungen (Phasen 0-3)		
				Klima, CO, CO ₂	Feinstaub	Feinstpartikel
K1	04.11.2014	08:00 - 12:05	09:30	08:23-12:05	08:11-12:00	08:28-12:00
K2	04.11.2014	13:45 - 17:32	14:20	14:04-17:29	14:01-17:25	14:13-17:32
K3	05.11.2014	07:55 - 11:43	08:45	08:09-11:42	08:40-11:37	08:33-11:43
K4	11.11.2014	08:55 - 13:53	09:30	09:07-13:47	09:03-13:46	09:18-13:53
K5	13.11.2014	13:00 - 16:36	13:40	13:16-16:28	13:13-16:30	13:41-16:36
K6	17.11.2014	13:10 - 17:05	13:45	13:23-16:59	13:19-17:00	13:29-17:05
K7	20.11.2014	08:00 - 12:01	08:40	08:10-11:53	08:17-11:52	08:28-12:01
K8	27.11.2014	08:15 - 11:45	08:50	08:20-11:42	08:35-11:39	08:33-11:45
K9	27.11.2014	13:20 - 17:34	14:25	13:31-17:33	13:27-17:32	13:37-17:34
K10	28.11.2014	08:20 - 11:47	09:05	08:21-11:47	08:35-11:37	08:31-11:46
K11	17.12.2014	08:10 - 12:00	08:50	08:13-11:50	08:30-11:55	08:35-12:00

Tabelle 1.4.4 Zeiträume der Untersuchungen (Speicheröfen – Fortsetzung)

Ofen	VOC / Formaldehyd			
	Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 3
K1	08:00 - 08:30	09:30 - 10:00	10:25 - 10:55	11:25 - 11:55
K2	13:45 - 14:15	14:20 - 14:50	15:55 - 16:25	16:55 - 17:25
K3	07:55 - 08:25	08:50 - 09:20	10:00 - 10:30	11:00 - 11:30
K4	08:55 - 09:25	09:30 - 10:00	12:15 - 12:45	13:15 - 13:45
K5	13:00 - 13:30	13:40 - 14:10	14:50 - 15:20	15:50 - 16:20
K6	13:10 - 13:40	13:45 - 14:15	15:30 - 16:00	16:30 - 17:00
K7	08:00 - 08:30	08:40 - 09:10	10:15 - 10:45	11:15 - 11:45
K8	08:15 - 08:45	08:55 - 09:25	10:05 - 10:35	11:05 - 11:35
K9	13:20 - 13:50	14:25 - 14:55	16:05 - 16:35	17:05 - 17:35
K10	08:20 - 08:50	09:05 - 09:35	10:05 - 10:35	11:05 - 11:35
K11	08:10 - 08:40	08:50 - 09:20	10:00 - 10:27	11:00 - 11:30

1.4.3 Ethanolöfen

Im Rahmen des gegenständlichen Projekts wurden Immissionskonzentrationen folgender Verbrennungsprodukte von 2 Ethanolöfen in einem etwa 1,5- bis 3-stündigen Zeitraum vor und nach der Inbetriebnahme ermittelt:

- Benzol
- Formaldehyd
- Feinstaub (PM1.0, PM2.5, PM10)
- Feinstpartikel (Daten teilweise vorhanden)
- Kohlenstoffmonoxid (CO)
- Kohlenstoffdioxid (CO₂)

Der Standofen E1 ist ein Bio-Ethanol-Ofen ohne Herstellerbezeichnung mit einem Fassungsvermögen von maximal 1000 ml Ethanol. Bei dem Tischofen E2 handelt es sich um einen Bio-Ethanol-Ofen mit der Bezeichnung Table Fireplace DF-6501 der Firma FireFriend mit einem Fassungsvermögen von maximal 200 ml Ethanol. Stand- und Tischofen wurden für die Untersuchung in einem Abstand von ca. 50 cm zur Wand aufgestellt (siehe Skizze Abbildung 1.4.2 und Punkt 2 - Beschreibung der Messsituation).

Die Untersuchungen wurden in einem realen möblierten Raum mit der Größe 5,4 x 3,85 x 2,64 m (Raumvolumen: ca. 55 m³) in einem Einfamilienhaus durchgeführt.

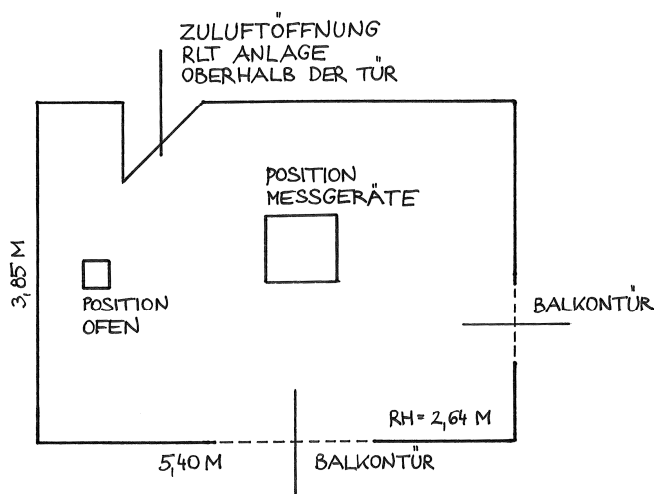


Abbildung 1.4.2: Skizze Messsituation Ethanolöfen

Die Untersuchungen wurden mit je drei unterschiedlichen Brennstoffen durchgeführt: Bioethanol flüssig (Fa. Schulte), Bioethanol flüssig (Fa. Flamax) sowie Bioethanol Gel (Fa. Schulte). Die Messungen erfolgten sowohl bei ausgeschalteter raumluftechnischer Anlage (Luftwechselrate $n = 0,10 \text{ h}^{-1}$) als auch bei deren Normalbetrieb (Luftwechselrate $n = 0,75 \text{ h}^{-1}$). Die Zuluftöffnung der raumluftechnischen Anlage befand sich oberhalb der Türe.

Tabelle 1.4.5 Beschreibung der Messvorgänge (Ethanolöfen)

Bezeichnung	Ofen	Brennstoff	Brennstoffmenge [ml]	Wohnraumlüftung
E1 - 1	Standofen E1	Bioethanol Flüssig (Fa. Schulte)	500	nicht in Betrieb (LW = 0,10 h ⁻¹)
E1 - 8	Standofen E1	Bioethanol Flüssig (Fa. Flamax)	700	nicht in Betrieb (LW = 0,10 h ⁻¹)
E1 - 3	Standofen E1	Bioethanol Gel (Fa. Schulte)	700	nicht in Betrieb (LW = 0,10 h ⁻¹)
E1 - 4	Standofen E1	Bioethanol Flüssig (Fa. Schulte)	740	in Betrieb (LW = 0,75 h ⁻¹)
E1 - 7	Standofen E1	Bioethanol Flüssig (Fa. Flamax)	700	in Betrieb (LW = 0,75 h ⁻¹)
E1 - 6	Standofen E1	Bioethanol Gel (Fa. Schulte)	710	in Betrieb (LW = 0,75 h ⁻¹)
E2 - 1	Tischofen E2	Bioethanol Flüssig (Fa. Schulte)	160	nicht in Betrieb (LW = 0,10 h ⁻¹)
E2 - 2	Tischofen E2	Bioethanol Flüssig (Fa. Flamax)	160	nicht in Betrieb (LW = 0,10 h ⁻¹)
E2 - 3	Tischofen E2	Bioethanol Gel (Fa. Schulte)	160	nicht in Betrieb (LW = 0,10 h ⁻¹)
E2 - 4	Tischofen E2	Bioethanol Flüssig (Fa. Schulte)	200	in Betrieb (LW = 0,75 h ⁻¹)
E2 - 5	Tischofen E2	Bioethanol Flüssig (Fa. Flamax)	160	in Betrieb (LW = 0,75 h ⁻¹)
E2 - 6	Tischofen E2	Bioethanol Gel (Fa. Schulte)	160	in Betrieb (LW = 0,75 h ⁻¹)

In vorliegendem Bericht wird der Zeitraum vor Inbetriebnahme der Öfen als Phase 0 bezeichnet (Dauer: ca. 30 bis 60 Minuten), der Begriff Phase 1 benennt den Zeitraum unmittelbar nach dem Zünden (Dauer: 60 Minuten bei Ofen E1, 30 Minuten bei Ofen E2), Phase 2 begann eine bzw. eine halbe Stunde nach Beginn der Phase 2 und dauerte 30 Minuten (siehe Tabelle 1.4.6 und Abbildung 1.4.3).

Die Komponenten Feinstaub, Feinstpartikel, Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid, Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit wurden kontinuierlich beginnend mit Phase 0 bis Ende Phase 2 gemessen. Die Benzol- und Formaldehydkonzentration wurde drei Mal für einen Zeitraum von jeweils 30 Minuten jeweils am Beginn der einzelnen Phasen gemessen. Eine erste Messung erfolgte vor Inbetriebnahme des Ofens in Phase 0, eine zweite Messung begann unmittelbar nach dem Zünden in Phase 1 sowie eine weitere eine Stunde (Standofen) bzw. eine halbe Stunde (Tischofen) nach Beginn Phase 1 (Phase 2). In den nachfolgenden Tabellen sind die Phasenbezeichnung sowie deren Zeiträume angeführt.

Tabelle 1.4.6 Bezeichnung der Phasen (Ethanolöfen)

Phase	Bezeichnung	Beginn	Ende	Dauer [min]
Phase 0	vor Inbetriebnahme	30-60 Minuten vor dem Zünden	unmittelbar vor dem Zünden	30 - 60
Phase 1	unmittelbar nach dem Zünden	unmittelbar nach dem Zünden	30 bzw. 60 Minuten nach dem Zünden ^a	30 / 60 ^a
Phase 2	eine bzw. eine halbe Stunde nach Beginn Phase 1	30 bzw. 60 Minuten nach Beginn Phase 1	30 Minuten nach Beginn Phase 2	30

^a Standofen E1: Dauer Phase 1 = 60 Minuten; Tischofen E2: Dauer Phase 1 = 30 Minuten

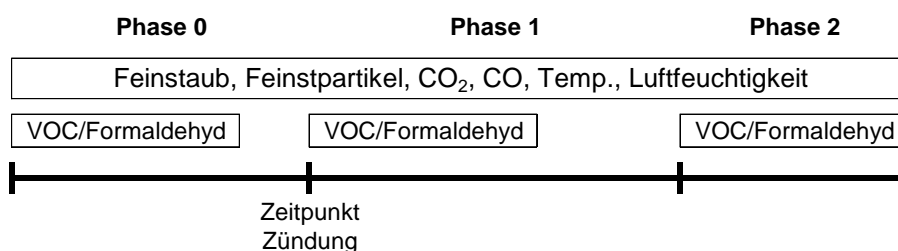


Abbildung 1.4.3: Darstellung der Phasen und Messintervalle (Ethanolöfen)

Tabelle 1.4.7 Zeiträume der Untersuchungen (Ethanolöfen)

Ofen	Datum	gesamter Messzeitraum	Zeitpunkt Zündung	kontinuierliche Messungen (Phasen 0-2)		
				Klima	Feinstaub	Feinstpartikel
E1 - 1	15.10.2014	09:20 - 11:59	10:25	09:26-11:58	09:56-11:56	09:46-11:59
E1 - 8	27.04.2015	15:20 - 17:30	16:00	15:20-17:30	15:20-17:30	15:20-17:30
E1 - 3	15.10.2014	15:00 - 16:30	15:00	15:00-16:29	15:01-16:28	15:02-16:30
E1 - 4	22.12.2014	09:05 - 11:36	10:05	09:14-11:35	09:45-11:36	keine Messung
E1 - 7	27.04.2015	12:25 - 14:30	13:00	12:25-14:30	12:25-14:30	12:25-14:30
E1 - 6	22.12.2014	14:25 - 16:32	15:00	14:24-16:31	14:25-16:32	keine Messung
E2 - 1	23.02.2015	13:40 - 15:29	14:12	13:40-15:29	13:39-15:28	keine Messung
E2 - 2	23.02.2015	15:45 - 17:16	16:15	15:46-17:16	15:45-17:16	keine Messung
E2 - 3	23.02.2015	17:46 - 19:18	18:15	17:46-19:18	17:45-18:15	keine Messung
E2 - 4	23.02.2015	07:14 - 08:51	07:50	07:23-08:51	07:35-08:51	keine Messung
E2 - 5	23.02.2015	09:33 - 11:07	10:05	09:33-11:07	09:34-11:07	keine Messung
E2 - 6	23.02.2015	11:32 - 16:06	12:05	11:31-13:06	11:31-13:06	keine Messung

Tabelle 1.4.8 Zeiträume der Untersuchungen (Ethanolöfen – Fortsetzung)

Ofen	VOC / Formaldehyd		
	Phase 0	Phase 1	Phase 2
E1 - 1	09:20 - 09:50	10:25 - 10:55	11:25 - 11:55
E1 - 8	15:20 - 15:50	16:00 - 16:30	17:00 - 17:30
E1 - 3	keine Messung	15:00 - 15:30	16:00 - 16:30
E1 - 4	09:05 - 09:35	10:05 - 10:35	11:05 - 11:35
E1 - 7	12:25 - 12:55	13:00 - 13:30	14:00 - 14:30
E1 - 6	14:25 - 14:55	15:00 - 15:30	16:00 - 16:30
E2 - 1	13:40 - 14:10	14:12 - 14:42	14:43 - 15:13
E2 - 2	15:45 - 16:15	16:15 - 16:45	16:45 - 17:15
E2 - 3	17:45 - 18:15	18:15 - 18:45	18:45 - 19:15
E2 - 4	07:14 - 07:44	07:50 - 08:20	08:20 - 08:50
E2 - 5	09:30 - 10:00	10:05 - 10:35	10:35 - 11:05
E2 - 6	11:32 - 12:02	12:05 - 12:35	12:35 - 13:05

1.5 Rechtliche Rahmenbedingungen

1.5.1 Speicheröfen

Für Speicheröfen regelt die Vereinbarung über das Inverkehrbringen von Kleinf Feuerungen (*Vereinbarung gemäß Art. 15a B-VG über das Inverkehrbringen von Kleinf Feuerungen und die Überprüfung von Feuerungsanlagen und Blockheizkraftwerken*) Emissionsgrenzwerte und Wirkungsgradanforderungen von Kleinf Feuerungen ebenso wie die Errichtung, Ausstattung, Emissionsgrenzwerte und Abgasverluste von Feuerungsanlagen und Blockheizkraftwerken (gemäß Abschnitt IV). Relevant für Einzelöfen und Zentralheizungen sind hier hauptsächlich die Bestimmungen über das Inverkehrbringen von Kleinf Feuerungen mit einer Nennwärmeleistung von bis zu 50 kW. In Bezug auf Anzeige- und Meldepflichten sind Raumheizgeräte (zur direkten Wärmeabgabe im Aufstellungsraum, ohne Anschluss an ein Wärmeverteilungssystem) oftmals ausgenommen.

Für die Luft von Innenräumen existieren keine auf Einzelöfen bezogene Immissionsgrenz- bzw. Richtwerte.

1.5.2 Ethanolöfen

Ethanolöfen sind keine Heizgeräte oder Kleinf Feuerungen und werden nicht von der aktuellen Gesetzgebung erfasst. Aufgrund dieser Gegebenheit und der geringen Heizleistung (durchschnittlich 1-3 kW) dürfen sie derzeit ohne Kaminanschluss und somit genehmigungsfrei betrieben werden.

Im Rahmen des Verbandes HKI¹ haben sich europäische Ofenhersteller zu dem Arbeitskreis „dekorative Feuerstätten und Ethanolamine“ zusammengeschlossen und eine Norm entwickelt, die seit Jänner 2011 in Kraft ist (DIN 4734-1: Dekorative Feuerstellen für flüssige Brennstoffe). Diese Norm gilt nur für Geräte, deren Brennstofftank maximal drei Liter fasst, für die keine Heizleistung angegeben ist und die maximal einen halben Liter Ethanol pro Stunde verbrennen können.

Neben Punkten wie Bauweise, Standsicherheit und Brennstoffdurchsatz werden in dieser Norm auch Vorgaben bezüglich der Verbrennungsgüte angeführt. Es wird empfohlen, eine vom Hersteller angegebene Mindestraumgröße, welche unter anderem von Brennstoffdurchsatz, Luftwechsel des Aufstellraumes/Raumluftverbundes und Elementaranalyse des Brennstoffes abhängig ist, zu beachten. Die Berechnung des notwendigen Aufstellraumvolumens soll in der Regel durch eine Prüfstelle erfolgen, die die notwendige Fachkenntnis und/oder entsprechende Berechnungssoftware besitzen.

Folgende Grenzwerte sollen bei einem angenommenen Luftwechsel von $0,2\text{ h}^{-1}$ und $0,5\text{ h}^{-1}$ im Aufstellungsraum in minimaler und maximaler Betriebseinstellung über die gesamte Abbranddauer nicht überschritten werden: 30 ppm CO und 5.000 ppm CO₂.

Die in der Entwurfsphase befindliche ÖNORM EN 16647 (Feuerstellen für flüssige Brennstoffe – Dekorative Geräte, die unter Verwendung eines Alkohol basierten flüssigen oder gelförmigen

¹ HKI – Industrieverband Haus-, Heiz- und Küchentechnik e. V. (www.hki-online.de)

Brennstoffes eine Flamme erzeugen – Nutzung im privaten Haushaltsbereich) gilt für freistehende, Wand- und Einbaugeräte mit einer maximalen Leistung von 4,5 kW. Der maximale Brennstoffinhalt darf drei Liter nicht überschreiten. Der Entwurf schreibt brenntechnische Prüfungen bei maximaler und minimaler Betriebseinstellung des Brenners bei einem Luftwechsel von $0,5 \text{ h}^{-1}$ und einer minimalen, vom Hersteller angegebenen Raumgröße vor. Bei einer 8-stündigen Prüfung bei maximaler Brennereinstellung darf die durchschnittliche CO_2 -Konzentration 5.000 ppm nicht überschreiten. Die CO-Konzentration darf einen Halbstundenmittelwert von 52 ppm nicht überschreiten, der maximale Stundenmittelwert liegt bei 26 ppm.

Hinsichtlich der Luftschadstoffe Benzol, Formaldehyd, Feinstaub sowie Feinstaub ($< 0,1 \mu\text{m}$) werden in den genannten Normen keine Richtwerte angegeben, es sind demnach die vorhandenen allgemeinen Grenz- und Richtwerte heranzuziehen.

Gemäß Beschluss der europäischen Kommission (2015/547) vom 1. April 2015 über Sicherheitsanforderungen, denen europäische Normen für alkoholbetriebene abzuglose Feuerstellen gemäß der Richtlinie 2001/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die allgemeine Produktsicherheit genügen müssen, dürfen alkoholbetriebene abzuglose Feuerstellen für die Nutzung im Haushalt maximal einen Brennstoffverbrauch haben, der einer Heizleistung von 4,5 kW entspricht. In dem Beschluss wird darauf hingewiesen, dass die Nutzung von Ethanolöfen die Gesundheit gefährdet (Auszug):

Die Verbrennung von Brennstoffen in alkoholbetriebenen abzuglosen Feuerstellen kann die menschliche Gesundheit gefährden. Kommt es zu einer unvollständigen Verbrennung, bildet sich Kohlenmonoxid, eine toxische Verbindung. Bei vollständiger Verbrennung wird Kohlendioxid gebildet, das gesundheitsschädlich ist und zu Hyperventilation führen kann.

Alkoholbetriebene abzuglose Feuerstellen müssen mittels Einbeziehung des Sicherheitskonzepts in die Entwicklung und den Bau oder, falls dies nicht möglich ist, mittels angemessener Schutzmaßnahmen (einschließlich Alarmvorrichtungen) oder mittels Informationen für die Nutzer, so gestaltet sein, dass von der Verbrennung oder von sonstigen Emissionen keinerlei Gefährdung der menschlichen Gesundheit ausgeht.

Konkret werden im Beschluss als sonstige Emissionen Formaldehyd, Benzol, Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Stickoxide und zahlreiche andere Substanzen genannt. Grenz- oder Richtwerte werden in diesem Beschluss allerdings nicht angegeben.

2 Beschreibung der Messsituation

2.1 Situation vor Ort

Die einzelnen Öfen sowie die Situationen vor Ort sind auf nachfolgenden Bildern dokumentiert.

Speicheröfen



K1



K2



K3



K4

Innenraumschadstoffe durch Verbrennungsprozesse: Ethanol- und Speicheröfen



K5



K6



K7



K8



K9



K10



K11

Ethanolöfen



Standofen E1



Tischofen E2

2.2 Messzeiträume und Klimadaten

Tabelle 2.2.1 Messzeiträume und Klimadaten der Innenraumluftprobenahmen – Speicheröfen

	Einheit	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Datum der Probenahme		04.11.2014	04.11.2014	05.11.2014	11.11.2014	13.11.2014	17.11.2014
Probenahme-Beginn	[hh:mm]	08:10	14:00	08:40	09:00	13:15	13:20
Probenahme-Ende	[hh:mm]	12:00	17:25	11:40	13:45	16:30	17:00
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	24,3	22,9	25,2	24,8	23,4	24,3
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	55	45	48	47	53	58

	Einheit	K7	K8	K9	K10	K11
Datum der Probenahme		20.11.2014	27.11.2014	27.11.2014	28.11.2014	17.12.2014
Probenahme-Beginn	[hh:mm]	08:15	08:30	13:20	08:30	08:00
Probenahme-Ende	[hh:mm]	11:50	11:40	17:45	11:45	12:00
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	23,8	24,5	24,7	21,5	22,6
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	45	46	40	42	44

Tabelle 2.2.2 Messzeiträume und Klimadaten der Innenraumluftprobenahmen – Ethanolöfen

	Einheit	E1 - 1	E1 - 8	E1 - 3	E1 - 4	E1 - 7	E1 - 6
Datum der Probenahme		15.10.2014	27.04.2015	15.10.2014	22.12.2014	27.04.2015	22.12.2014
Probenahme-Beginn	[hh:mm]	09:20	15:20	14:30	09:05	12:25	14:25
Probenahme-Ende	[hh:mm]	11:55	17:30	16:30	11:35	14:30	16:30
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	24,6	28,6	25,8	24,4	25,9	25,3
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	62	43	61	42	48	38

	Einheit	E2 - 1	E2 - 2	E2 - 3	E2 - 4	E2 - 5	E2 - 6
Datum der Probenahme		23.02.2015	23.02.2015	23.02.2015	23.02.2015	23.02.2015	23.02.2015
Probenahme-Beginn	[hh:mm]	13:40	15:45	17:45	07:15	09:30	11:30
Probenahme-Ende	[hh:mm]	15:30	17:15	18:15	08:50	11:10	13:10
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	22,3	22,4	21,6	22,8	22,0	22,1
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	40	40	40	38	37	38

3 Untersuchung von Raumlufte auf Benzol

3.1 Probenahme und Analytik der Benzoluntersuchung

Messplanung und Probenahmestrategie folgten der ÖNORM EN ISO 16000-1² und 16000-5³. Die Sammlung der flüchtigen organischen Verbindungen erfolgte gemäß ÖNORM M 5700-2⁴ durch Adsorption an ein Adsorbens, wobei ein definiertes Luftvolumen durch ein Adsorptionsröhrchen [SKC, Anasorb 747] gesaugt wurde. Das Sammelvolumen ist auf die bei der Messung herrschenden Temperatur- und Luftdruckbedingungen bezogen und betrug 0,1 m³. Die chemische Untersuchung erfolgte nach ÖNORM M 5700-2. Die flüchtigen organischen Verbindungen wurden mittels Kapillargaschromatographie mit gekoppeltem Massenspektrometer [Shimadzu QP-2010S] unter Verwendung einer Kapillarsäule [HP-VOC Fa. HEWLETT PACKARD] gegen externe und interne Standards bestimmt. Die Ergebnisse sind in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter) angegeben, die Messunsicherheit wird mit +/- 20 % abgeschätzt. Die Bestimmungsgrenze von Benzol lag bei 0,5 µg/m³.

3.2 Ergebnisse der Untersuchung auf Benzol

Es wird der Halbstundenmittelwert der in den einzelnen Phasen gemessenen Werte angegeben.

Tabelle 3.2.1 Ergebnisse der Messungen von Benzol – Speicheröfen

Ofen	Benzolkonzentration [µg/m ³]			
	Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 3
K 1	6,2	4,2	4,5	4,3
K 2	n.b.	n.b.	2,8	n.b.
K 3	n.b.	n.b.	4,0	5,7
K 4	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
K 5	n.b.	n.b.	3,3	n.b.
K 6	0,7	1,3	1,0	1,0
K 7	1,5	1,8	3,0	3,2
K 8	1,3	2,0	4,7	7,0
K 9	1,2	1,2	1,5	2,9
K 10	1,2	1,0	1,3	1,3
K 11	1,5	1,5	8,9	12

n.b. ... nicht bestimmbar

Bestimmungsgrenze (0,5 µg/m³) unterschritten

² ÖNORM EN ISO 16000-1: Innenraumlufverunreinigungen, Teil 1: Allgem. Aspekte der Probenahmestrategie - 2006 06 01

³ ÖNORM EN ISO 16000-5: Innenraumlufverunreinigungen, Teil 5: Probenahmestrategie flüchtige organische Verbindungen (VOC) - 2007 06 01

⁴ ÖNORM M 5700-2: Messen von Innenraumluf-Verunreinigungen - Gaschromatographische Bestimmung organischer Verbindungen - Teil 2: Aktive Probenahme durch Anreicherung auf Aktivkohle - Lösemittelextraktion - 2002 08 01

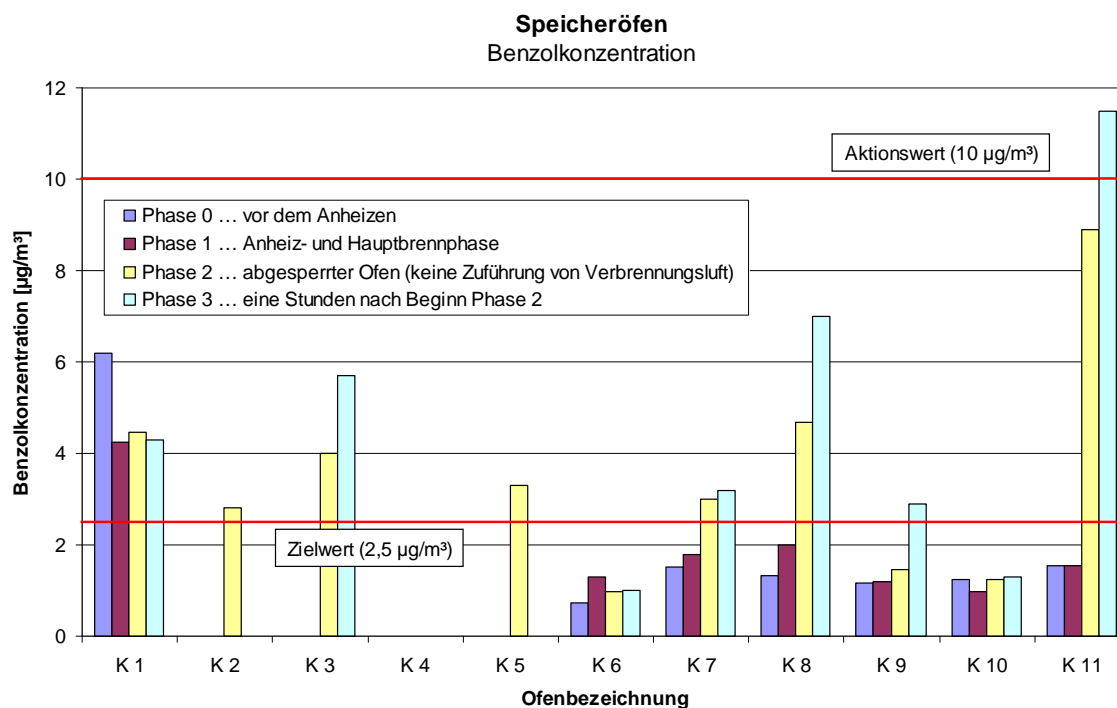


Abbildung 3.2.1: Benzolkonzentration Speicheröfen (Phase 0 bis 3)

Tabelle 3.2.2 Ergebnisse der Messungen von Benzol – Ethanolöfen

Ofenbezeichnung	Ofen	Luftwechsel [h ⁻¹]	Benzolkonzentration [µg/m³]		
			Phase 0	Phase 1	Phase 2
E1 - 1	Standofen	0,10	n.b.	8,6	36
E1 - 8	Standofen	0,10	0,5	8,4	25
E1 - 3	Standofen	0,10	n.b.	4,2	23
E1 - 4	Standofen	0,75	0,8	7,9	27
E1 - 7	Standofen	0,75	0,9	5,3	22
E1 - 6	Standofen	0,75	1,2	7,6	22
E2 - 1	Tischofen	0,10	0,9	2,9	6,6
E2 - 2	Tischofen	0,10	2,2	1,2	7,6
E2 - 3	Tischofen	0,10	2,2	3,6	5,2
E2 - 4	Tischofen	0,75	2,4	4,9	7,9
E2 - 5	Tischofen	0,75	1,3	4,1	8,8
E2 - 6	Tischofen	0,75	1,9	2,2	4,4

n.b. ... nicht bestimmbar

Bestimmungsgrenze (0,5 µg/m³) unterschritten

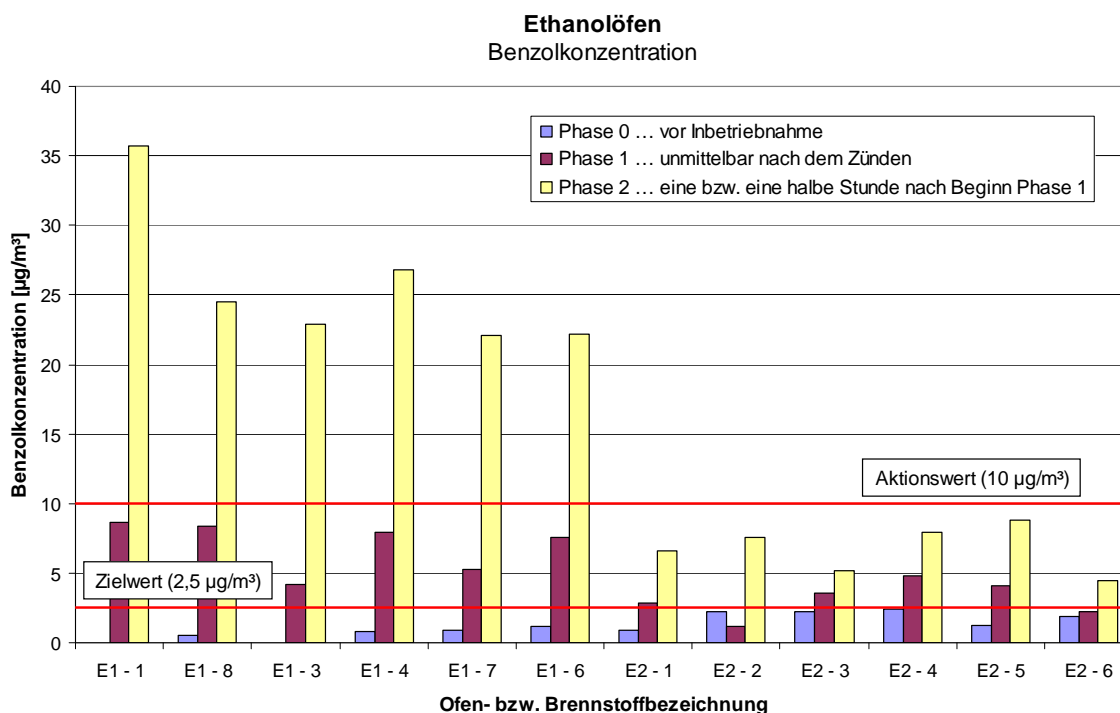


Abbildung 3.2.2: Benzolkonzentration Ethanolöfen mit unterschiedlichen Brennstoffen (Phase 0 bis 2)

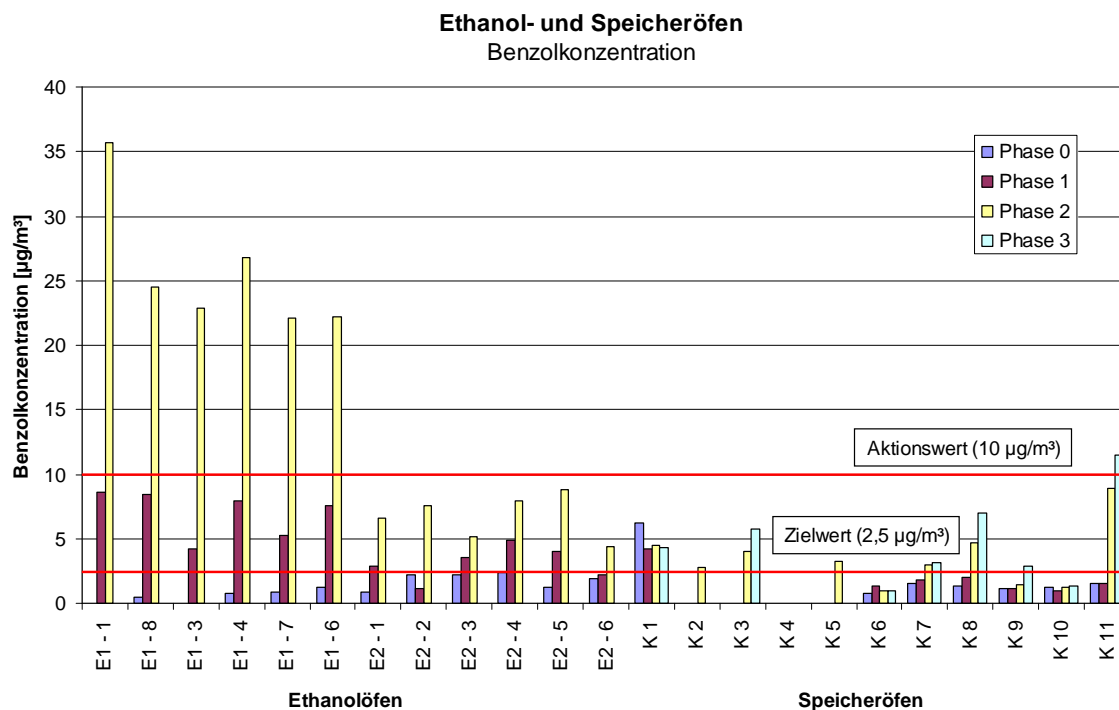


Abbildung 3.2.3: Überblick Benzolkonzentration Ethanolöfen mit unterschiedlichen Brennstoffen (Phase 0 bis 2) und Speicheröfen (Phase 0 bis 3)

3.3 Beurteilungsgrundlagen der Benzolkonzentration

Benzol gehört zu den aromatischen Kohlenwasserstoffen. Spuren von Benzol entstehen unter anderem bei unvollständiger Verbrennung von organischem Material. Die Ergebnisse einmaliger Messungen geben den Momentanzustand der Konzentrationen von Benzol wieder und gelten für die zum Zeitpunkt der Messung herrschenden Bedingungen. Ein Vergleich mit durchschnittlichen Innenraumkonzentrationen an Benzol beruht auf Angaben in der Literatur und auf Erfahrungen aus eigenen Untersuchungen. Die AGÖF-Orientierungswerte geben einen Normalwert (50 Perzentil) von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und einen Auffälligkeitswert (90 Perzentil) von $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an.

Für die für den Menschen krebserregende Substanz Benzol werden keine wirkungsbezogenen Grenzkonzentrationen, sondern nur Werte zur Begrenzung des Krebsrisikos angegeben. In den Luftqualitätskriterien VOC (ÖAW 1997) wird ein Aktionswert von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und ein Zielwert von $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jeweils als Jahresmittelwert angegeben. In der Luftqualitätsleitlinie der WHO wird kein Richtwert für Benzol angegeben. Nach Ansicht der WHO sollte die Konzentration an Benzol so stark wie möglich gesenkt werden (WHO 2010).

Tabelle 3.3.1 Österreichische Richtwerte für Benzol (ÖAW 1997)

Substanz	Bezeichnung	Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bemerkungen
Benzol	WIK – wirkungsbezogene Immissionsgrenzkonzentration	2,5	Zielwert
		10	Aktionswert

4 Untersuchung von Raumlufte auf Formaldehyd

4.1 Probenahme und Analytik der Formaldehyduntersuchung

Messplanung und Probenahmestrategie gestalten sich gemäß ÖNORM EN ISO 16000-1⁵ und ÖNORM EN ISO 16000-2⁶. Die Sammlung für die Bestimmung von Formaldehyd erfolgte durch Absorption des Aldehyds in einer wässrigen Lösung, welche Ammoniumacetat enthält, wobei ein definiertes Luftvolumen durch eine Gasprobenahmeapparatur gesaugt wird (in Anlehnung an Acetylaceton-Methode beschrieben in ÖNORM EN 717-1⁷, VDI 3484 Blatt 2⁸). Das Sammelvolumen ist auf trockene Luft und auf die bei der Messung herrschenden Temperatur- und Luftdruckbedingungen bezogen. Zur analytischen Bestimmung wurde die Lösung mit Pentan-2,4-dion (Acetylaceton) versetzt, wobei Formaldehyd mit Pentan-2,4-dion in Anwesenheit von Ammoniumacetat unter Bildung von 3,5-Diacetyl-1,4-dihydrolutinidin reagiert. Die Absorption des gebildeten Farbstoffs, dessen Farbintensität proportional zur Konzentration in der Probe ist, wurde mit Hilfe eines Spektralphotometers [Shimadzu UV 1202] gemessen (in Anlehnung an ÖNORM EN 120⁹). Die Ergebnisse sind in mg/m³ (Milligramm pro Kubikmeter) beziehungsweise in ppm (parts per million) angegeben. Die Messunsicherheit wird mit +/-20% abgeschätzt.

4.2 Ergebnisse der Untersuchung auf Formaldehyd

Tabelle 4.2.1 Ergebnisse der Messungen von Formaldehyd – Speicheröfen

Ofen	K1		K2		K3		K4		K5		K6	
	[mg/m ³]	[ppm]	[mg/m ³]	[ppm]	[mg/m ³]	[ppm]	[mg/m ³]	[ppm]	[mg/m ³]	[ppm]	[mg/m ³]	[ppm]
Phase 0	0,008	0,007	0,024	0,021	0,086	0,075	0,020	0,016	0,048	0,040	0,035	0,029
Phase 1	0,009	0,008	0,025	0,022	0,089	0,078	0,025	0,02	0,056	0,046	0,038	0,032
Phase 2	0,011	0,010	0,031	0,027	0,11	0,095	0,031	0,026	0,059	0,049	0,039	0,032
Phase 3	0,009	0,008	0,029	0,025	0,12	0,11	0,031	0,025	0,058	0,048	0,039	0,033

Tabelle 4.2.2 Ergebnisse der Messungen von Formaldehyd – Speicheröfen (Fortsetzung)

Ofen	K7		K8		K9		K10		K11	
	[mg/m ³]	[ppm]	[mg/m ³]	[ppm]	[mg/m ³]	[ppm]	[mg/m ³]	[ppm]	[mg/m ³]	[ppm]
Phase 0	0,040	0,032	0,053	0,045	0,028	0,024	0,13	0,10	0,016	0,013
Phase 1	0,046	0,037	0,063	0,055	0,036	0,031	0,041	0,034	0,017	0,014
Phase 2	0,046	0,037	0,096	0,084	0,040	0,034	0,046	0,039	0,017	0,014
Phase 3	0,048	0,040	0,097	0,085	0,038	0,032	0,044	0,037	0,020	0,016

⁵ ÖNORM EN ISO 16000-1: Innenraumlufverunreinigungen, Teil 1: Allgem. Aspekte der Probenahmestrategie - 2006 06 01

⁶ ÖNORM EN ISO 16000-2: Innenraumlufverunreinigungen, Teil 2: Probenahmestrategie für Formaldehyd - 2006 06 01

⁷ ÖNORM EN 717-1: Holzwerkstoffe - Bestimmung der Formaldehydabgabe - Teil 1: Formaldehydabgabe nach der Prüfkammer-Methode - 2005 02 01

⁸ VDI 3484 Blatt 2: Messen von gasförmigen Immissionen - Messen von Innenraumlufverunreinigungen - Bestimmung der Formaldehydkonzentration nach der Acetylaceton-Methode - 11/2001

⁹ ÖNORM EN 120: Holzwerkstoffe - Bestimmung des Formaldehydgehaltes - Extraktionsverfahren, genannt Perforatormethode - 1993 02 01

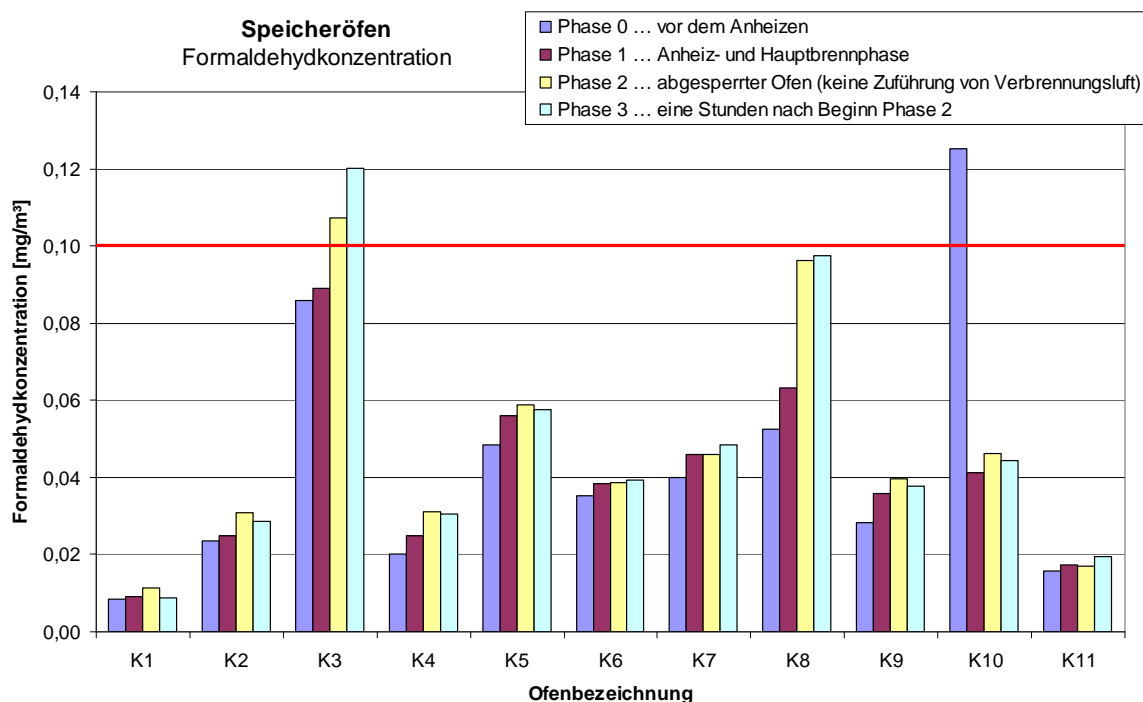


Abbildung 4.2.1: Formaldehydkonzentration Speicheröfen (Phase 0 bis 3)

Tabelle 4.2.3 Ergebnisse der Messungen von Formaldehyd – Ethanolöfen E1

	E1 - 1		E1 - 8		E1 - 3	
	Bioethanol flüssig (Fa. Schulte)		Bioethanol flüssig (Fa. Flamax)		Bioethanol Gel (Fa. Schulte)	
	LW = 0,10 h ⁻¹		LW = 0,10 h ⁻¹		LW = 0,10 h ⁻¹	
	[mg/m³]	[ppm]	[mg/m³]	[ppm]	[mg/m³]	[ppm]
Phase 0	0,030	0,025	0,026	0,022	n. g.	n. g.
Phase 1	0,11	0,094	0,18	0,15	0,13	0,11
Phase 2	0,23	0,19	0,25	0,21	0,27	0,22

n. g. ... nicht gemessen

	E1 - 4		E1 - 7		E1 - 6	
	Bioethanol flüssig (Fa. Schulte)		Bioethanol flüssig (Fa. Flamax)		Bioethanol Gel (Fa. Schulte)	
	LW = 0,75 h ⁻¹		LW = 0,75 h ⁻¹		LW = 0,75 h ⁻¹	
	[mg/m³]	[ppm]	[mg/m³]	[ppm]	[mg/m³]	[ppm]
Phase 0	0,013	0,011	0,019	0,016	0,034	0,028
Phase 1	0,12	0,096	0,092	0,077	0,13	0,11
Phase 2	0,25	0,21	0,21	0,18	0,24	0,20

Tabelle 4.2.4 Ergebnisse der Messungen von Formaldehyd – Ethanolöfen E2

	E2 - 1		E2 - 2		E2 - 3	
	Bioethanol flüssig (Fa. Schulte)		Bioethanol flüssig (Fa. Flamax)		Bioethanol Gel (Fa. Schulte)	
	LW = 0,10 h ⁻¹		LW = 0,10 h ⁻¹		LW = 0,10 h ⁻¹	
	[mg/m ³]	[ppm]	[mg/m ³]	[ppm]	[mg/m ³]	[ppm]
Phase 0	0,015	0,012	0,015	0,013	0,014	0,011
Phase 1	0,032	0,026	0,033	0,017	0,031	0,025
Phase 2	0,060	0,049	0,063	0,052	0,061	0,051

	E2 - 4		E2 - 5		E2 - 6	
	Bioethanol flüssig (Fa. Schulte)		Bioethanol flüssig (Fa. Flamax)		Bioethanol Gel (Fa. Schulte)	
	LW = 0,75 h ⁻¹		LW = 0,75 h ⁻¹		LW = 0,75 h ⁻¹	
	[mg/m ³]	[ppm]	[mg/m ³]	[ppm]	[mg/m ³]	[ppm]
Phase 0	0,014	0,011	0,012	0,010	0,014	0,012
Phase 1	0,039	0,033	0,029	0,024	0,028	0,023
Phase 2	0,067	0,055	0,065	0,054	0,047	0,039

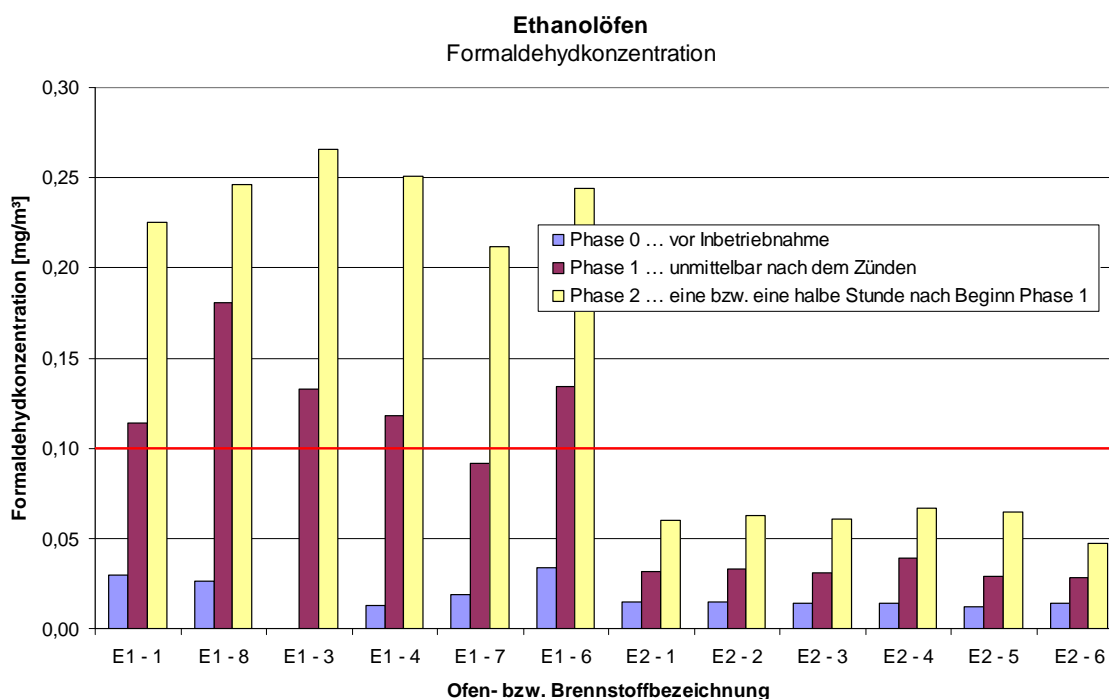


Abbildung 4.2.2: Formaldehydkonzentration Ethanolöfen mit unterschiedlichen Brennstoffen (Phase 0 bis 2)

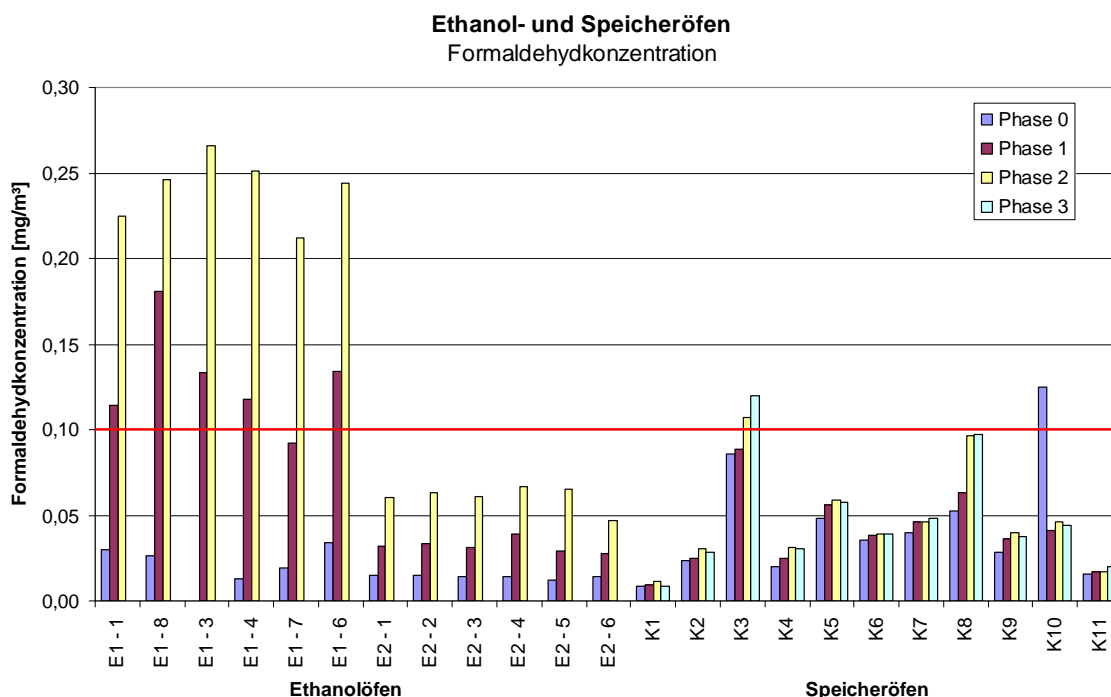


Abbildung 4.2.3: Überblick Formaldehydkonzentration Ethanolöfen mit unterschiedlichen Brennstoffen (Phase 0 bis 2) und Speicheröfen (Phase 0 bis 3)

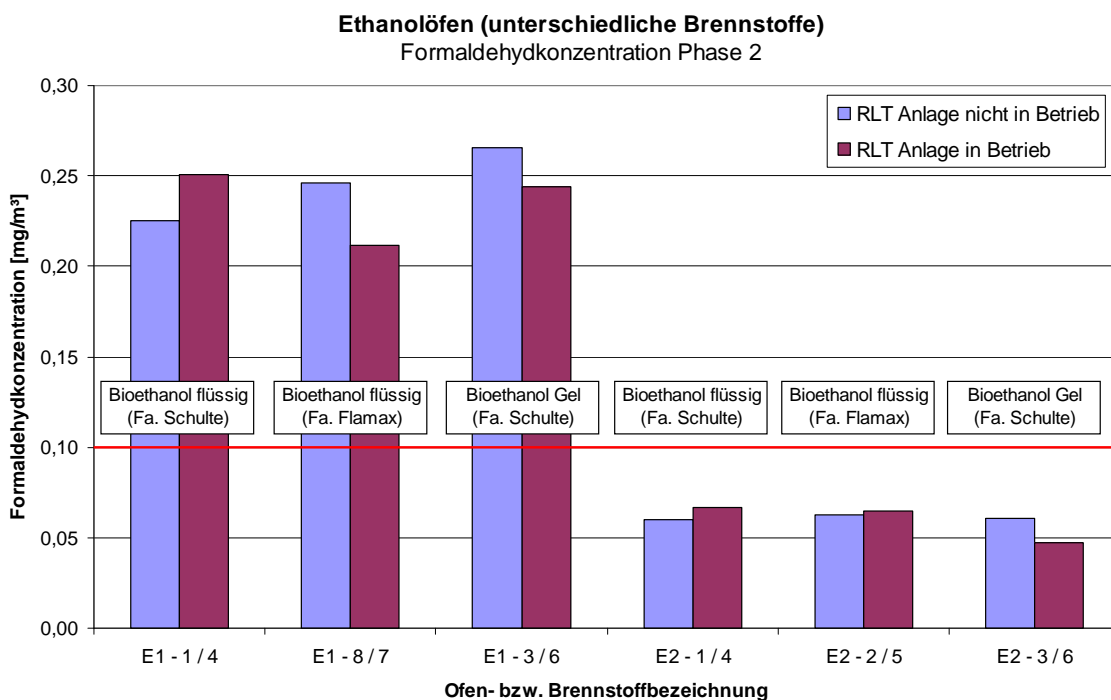


Abbildung 4.2.4: Formaldehydkonzentration Standofen E1 und Tischöfen E2 mit unterschiedlichen Brennstoffen in Phase 2, Vergleich der Emissionen bei unterschiedlichem Luftwechsel: $n = 0,10 \text{ h}^{-1}$ (RLT nicht in Betrieb) bzw. $n = 0,75 \text{ h}^{-1}$ (RLT in Betrieb)

4.3 Beurteilungsgrundlagen der Formaldehydkonzentration

Unterschiedliche Raumklimabedingungen können sich auf die Formaldehydkonzentration auswirken. Die Emissionsrate von Holzwerkstoffen, die in der Regel nach Verbrennungsprozessen die Hauptquelle für Formaldehyd darstellen, wird wesentlich von der Temperatur und der relativen Luftfeuchte beeinflusst.

Ein Grenzwert für Formaldehyd in der Luft von Innenräumen¹⁰ ist in Österreich nicht vorhanden. Für die Beurteilung von Formaldehyd in der Raumluft existiert eine Reihe von nationalen beziehungsweise internationalen Richtwerten, die in der nachfolgenden Tabelle dargestellt werden. Die auf mg/m³ bzw. ppm umgerechneten Werte, die vom Luftdruck und der bei der Messung herrschenden Temperatur abhängig sind, werden nur dort angegeben, wo sie explizit in der Originalliteratur genannt werden.

Tabelle 4.3.1 Richtwerte für Formaldehyd in Innenräumen

Formaldehyd	Raumluftkonzentration		Bemerkungen
	[mg/m ³]	[ppm]	
Umweltministerium (BMLFUW) und Österreichische Akademie der Wissenschaften (BMLFUW 2009)	0,06	-	24-Stunden-Mittelwert
	0,10	-	Höchstwert, 30 Minuten Mittelwert
Weltgesundheitsorganisation (WHO 2010)	0,1	-	30 Minuten Mittelwert
Bundesgesundheitsamt Deutschland (BGA 1977)	0,12	0,1	Richtwert, auch unter ungünstigen Bedingungen einzuhalten, 2006 durch das deutsche Umweltbundesamt bestätigt

Formaldehyd wurde von der IARC (Untergruppe der WHO für Krebsforschung) als kanzerogen für den Menschen klassifiziert und in Kategorie 1 eingestuft. Laut einer Stellungnahme des deutschen Bundesinstitutes für Risikobewertung kann eine inhalative Formaldehydexposition beim Menschen Krebs auslösen und zu Tumoren der oberen Atemwege führen. Außerdem deuten die Ergebnisse von epidemiologischen Studien auf eine Assoziation zwischen der Formaldehydexposition durch Inhalation und der Entstehung von Leukämien hin. Es wird abgeleitet, dass eine Konzentration von 0,1 ppm Formaldehyd als sicher angesehen werden kann und das Krebsrisiko für den Menschen nicht nennenswert erhöht. Daher wird vom BfR und vom Umweltbundesamt ein "safe level" von 0,1 ppm empfohlen (Ad-hoc-AG 2006).

Für Arbeitsräume, in denen Formaldehyd als Arbeitsstoff eingesetzt wird (z.B. Spitäler, Tischlereien, pharmazeutische und chemische Industrie) gilt der MAK Wert von 0,5 ppm (0,6 mg/m³) laut Grenzwertverordnung 2011. Der MAK-Wert ist in der Regel zur Beurteilung der Raumluftkonzentration in Innenräumen wie Büros, Schulen, Wohnräume etc. nicht heranzuziehen.

¹⁰ Innenräume definiert in Anlehnung an die Richtlinie VDI 4300 Blatt 1, dies beinhaltet auch Räume an Arbeitsplätzen, die nicht im Hinblick auf den interessierenden Luftschadstoff arbeitnehmerschutzrechtlichen Bestimmungen unterliegen. Diese Definition entspricht auch der Definition der vom Umweltministerium und der österreichischen Akademie der Wissenschaften herausgegebenen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft

Im Folgenden werden die einzelnen Richtwerte für Innenräume kurz erläutert.

Richtwerte der österreichischen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft

Die Vorgangsweise zur Probenahme, Auswertung und Beurteilung von Formaldehyd in Innenräumen wurde in der vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften herausgegebenen „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft“ dargestellt (BMLFUW 2009). Ziel dieser Richtlinie ist es, eine österreichweit einheitliche Erfassung und Bewertung der Innenraumluft zu ermöglichen. Aufgrund der Unsicherheiten hinsichtlich der Reizwirkung im oberen Respirationstrakt bei sehr niedrigen Formaldehydkonzentrationen bei empfindlichen Erwachsenen und bei Kindern ist demnach eine formelle Ableitung eines wirkungsbezogenen Innenraumrichtwertes (WIR) derzeit nicht sinnvoll. Daher wird bezüglich der Beurteilung von Innenräumen empfohlen, den Richtwert der WHO (1983) als Wert mit keinem oder nur geringem Anlass zur Sorge für die menschliche Gesundheit von $0,06 \text{ mg/m}^3$ bzw. für die Kurzzeitexposition den Wert der WHO-Air Quality Guidelines for Europe (2010) von $0,1 \text{ mg/m}^3$ (angegeben mit einer zusätzlichen Nachkommastelle als $0,10 \text{ mg/m}^3$) heranzuziehen. Der Beurteilungswert ist die Massekonzentration bezogen auf die Umgebungsbedingungen (aktuelle Temperatur, Luftfeuchte und Luftdruck des Raumes).

Richtwert Bundesgesundheitsamt (Deutschland):

Das Bundesgesundheitsamt Berlin hat 1977, 1984 und 1992 einen Richtwert von $0,1 \text{ ppm}$ (angegeben wurde auch der Wert von $0,12 \text{ mg/m}^3$) für die maximalen Immissionskonzentrationen in Innenräumen empfohlen, der auch unter ungünstigen Bedingungen einzuhalten ist. Der Wert von $0,1 \text{ ppm}$ wurde 2006 durch das Umweltbundesamt in Hinblick auf die Vermeidung krebserzeugender Wirkung bestätigt. Dieser Wert dient in vielen Fällen als Interventionswert.

Richtwert Weltgesundheitsorganisation (WHO):

Die Weltgesundheitsorganisation legte in den aktuellen WHO-Guidelines for indoor air quality (WHO 2010) einen Richtwert von $0,1 \text{ mg/m}^3$ als Halbstundenmittelwert fest.

5 Untersuchung von Raumluft auf Feinstaub

5.1 Probenahme und Analytik der Feinstaubuntersuchung

Die Sammlung für die Bestimmung der Feinstaubkonzentration erfolgte durch Ansaugen der Raumluft mittels radialsymmetrischem Ansaugkopf und Messung mittels eines Aerosolspektrometers nach dem Prinzip der Lichtstreuung in einer Laser-Messkammer [Dustmonitor 1.108, Fa. Grimm]. Die Datenaufnahme erfolgte in 15 Größenklassen:

0,3...0,4 ; 0,4...0,5 ; 0,5...0,6 ; 0,6...0,8 ; 0,8...1,0 ; 1,0...1,6 ; 1,6...2,0 ;
2,0...3,0 ; 3,0...4,0 ; 4,0...5,0 ; 5,0...7,5 ; 7,5...10 ; 10...15 ; 15...20 ; 20...25 µm

Die Angaben die Kanäle PM10, PM2.5 und PM1.0 in µg/m³ (Mikrogramm pro m³) wurden geräteintern aus der Partikelanzahl und dem verfahrensspezifischen C-Faktor rechnerisch ermittelt. Der Default-Wert für den C-Faktor beträgt 1.

Tabelle 5.1.1: Größenfraktionen zur Erfassung der Schwebstaubbelastung ¹¹

Bezeichnung	Beschreibung
Gesamt-schwebstaub (TSP)	Als Gesamtschwebstaub (Total suspended particulates = TSP) wird die mit konventionellen Sammlern gemessene Schwebstaub-Konzentration bezeichnet. Dabei wird ein Großteil der luftgetragenen Partikel erfasst.
PM10	Bei PM10-Messverfahren ist das Ziel, eine Sammelcharakteristik zu verwirklichen, welche der thorakalen Fraktion (jener Masseanteil einatembarer Partikel, der über den Kehlkopf hinausgeht) entspricht. Bei diesen Verfahren sollen per definitionem 50 % der Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm erfasst werden; bei größeren Partikeln wird der gesammelte Anteil deutlich geringer, bei kleineren höher. Die derart bestimmte Staubfraktion ist eine Teilmenge des TSP. Im deutschen Sprachraum hat sich die Bezeichnung "Feinstaub" für PM10 eingebürgert.
PM2.5	Bei diesem Verfahren sollen per definitionem 50 % der Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm erfasst werden (der etwa dem Anteil entspricht, der bis in die Alveolen gelangt); bei größeren Partikeln wird der gesammelte Anteil deutlich geringer, bei kleineren höher. Die derart bestimmte Staubfraktion ist eine Teilmenge des PM10 und sollte weitgehend der alveolengängigen Fraktion entsprechen.
PM10-2.5	Partikel, die größer als 2,5 µm aber kleiner als 10 µm sind. Im Englischen als „coarse fraction“ bezeichnet.
PM1.0	Sehr feine Partikel, deren aerodynamischer Durchmesser kleiner als 1 µm ist.

Die Abkürzungen PMxx stehen für folgende Fraktionen:

- PM10: Particulate matter (Schwebstaub) mit einem aerodynamischen Durchmesser unter 10 µm. PM10 wird im deutschen Sprachgebrauch auch als „Feinstaub“ bezeichnet.
- PM2.5: Particulate matter mit einem aerodynamischen Durchmesser unter 2,5 µm
- PM1.0: Particulate matter mit einem aerodynamischen Durchmesser unter 1,0 µm

¹¹ Nach: Stuserhebung betreffend Überschreitungen des IG-L Grenzwertes für PM10 an den Messstellen Eisenstadt, Illmitz und Kittsee im Jahr 2002; erstellt im Auftrag der Burgenländischen Landesregierung, Wien, Oktober 2004; Umweltbundesamt GmbH Spittelauer Lände 5, 1090 Wien

Die Feinstaub-Fractionen PM1.0, PM2.5 und PM10 sind Teilmengen der Gesamtschwebstaub-Konzentration.

5.2 Aerosolspektrometer – berechnete Massenkonzentration

Das Aerosolspektrometer ermöglicht die Messung der Feinstaubbelastung in hoher zeitlicher Auflösung und erlaubt die Korrelation von Aktivitäten und der Feinstaubbelastung. Die Messung der in der Luft vorhandenen Partikel erfolgte nach dem Prinzip der Lichtstreuung in einer Laser-Messkammer. Aus der gemessenen Korngrößenverteilung werden die Fraktionen durch Berechnungsfaktoren ermittelt und aufsummiert. Die Berechnungsfaktoren basieren auf der Summenhäufigkeitsverteilung der EN 12341 (PM10), die unter Berücksichtigung des Abscheideverhaltens des Probeneinlasses des Testgerätes und der Partikeldichte durch Korrelation mit gravimetrischen Messungen angepasst wurden. Für die Kalibrierung der Kanalgrenzen wurde das Gerät mit definierten Latexpartikeln eingestellt. Geräteintern wurden die Streulichtintensitäten mit Test-Aerosolen bekannter Teilchengröße und Dichte bestimmt und zur Bestimmung der Massenkonzentration polydisperser Gemenge mit einem empirisch ermittelten Korrekturfaktor versehen.

Da aus den ermittelten Partikelanzahlen und -größen geräteintern rechnerisch eine exakt so zu bezeichnende „berechnete Massenkonzentration“ ermittelt wurde, würde eine derartige Konzentration nicht mit einer allfällig parallel gravimetrisch bestimmten Massenkonzentration ident sein. Der Grund hierfür ist, dass der jeweilige Korrekturfaktor nicht bekannt ist und außerdem zu erwarten ist, dass sich der Faktor kurzfristig ändert. Um dennoch Ergebnisse darstellen zu können, wurde der geräteintern voreingestellte, für durchschnittliche Situationen anzuwendende Korrekturfaktor von 1 für den gesamten Messzeitraum angenommen. Da anzunehmen ist, dass der Unterschied zwischen der gravimetrisch und der rechnerisch über die Partikelanzahlen und -größen bestimmten Massenkonzentration nicht gravierend ist, wurde in der Dokumentation und der Darstellung der Ergebnisse auch für die „berechnete Massenkonzentration“ die Einheit $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gewählt.

5.3 Ergebnisse der Untersuchung auf Feinstaub

Nachdem die Dauer der Phasen bei den einzelnen Öfen variierte, handelt es sich bei den angegebenen Werten sowohl um maximale Halbstundenmittelwerte als auch um Phasen-Mittelwerte (arithmetische Mittelwerte der einzelnen Phasen), wobei eine Phase mindestens 30 Minuten dauerte. Weiters werden für die Brennphasen die maximalen 15-Minuten-Mittelwerte angegeben.

5.3.1 Speicheröfen

Tabelle 5.3.1 Ergebnisse der Messungen von Feinstaub PM10 – Speicheröfen

Ofen	Feinstaub PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
	Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 1 - 3
	Phasen-MW	max. HMW	max. HMW	max. HMW	max. 15'-Mittelwert
K 1	190	130	120	130	210
K 2	110	110	130	62	200
K 3	70	62	47	39	71
K 4	48	42	29	25	50
K 5	41	42	21	20	47
K 6	25	27	22	20	30
K 7	38	67	49	21	76
K 8	96	94	43	44	110
K 9	78	57	88	120	140
K 10	21	30	22	16	36
K 11	69	88	43	29	96

Phasen-MW ... Phasenmittelwert
 max. HMW ... maximaler Halbstundenmittelwert
 max. 15'-Mittelwert ... maximaler 15-Minuten-Mittelwert

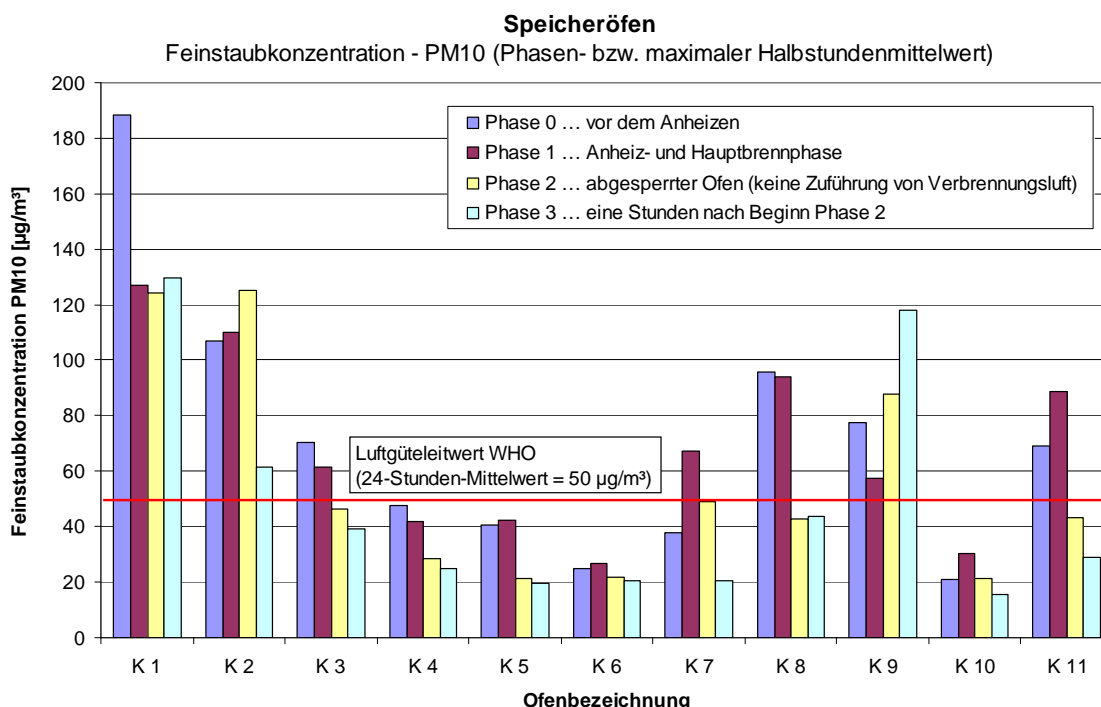


Abbildung 5.3.1: Feinstaubkonzentration Speicheröfen (Phase 0 bis 3), Phasen- bzw. maximaler Halbstundenmittelwert PM10

Tabelle 5.3.2 Ergebnisse der Messungen von Feinstaub PM2.5 – Speicheröfen

Ofen	Feinstaub PM2.5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
	Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 1 - 3
	Phasen-MW	max. HMW	max. HMW	max. HMW	max. 15'-Mittelwert
K 1	25	20	21	23	26
K 2	42	84	99	45	170
K 3	7,7	9	7,7	7,4	9,1
K 4	24	21	13	11	24
K 5	13	13	10	9,1	14
K 6	8,2	11	6,5	6,5	11
K 7	9,9	13	11	7,9	14
K 8	23	33	29	26	34
K 9	24	25	26	30	31
K 10	13	13	11	9,4	13
K 11	6,8	8,2	6,4	4,3	8,4

Phasen-MW ... Phasenmittelwert
 max. HMW ... maximaler Halbstundenmittelwert
 max. 15'-Mittelwert ... maximaler 15-Minuten-Mittelwert

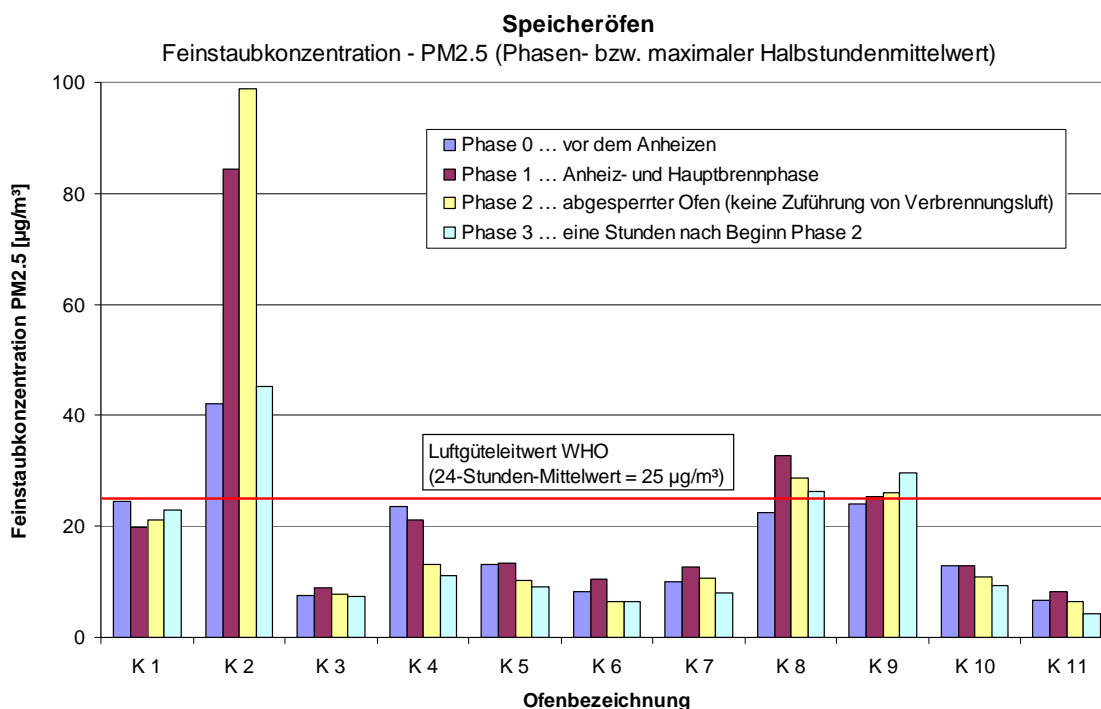


Abbildung 5.3.2: Feinstaubkonzentration Speicheröfen (Phase 0 bis 3), Phasen- bzw. maximaler Halbstundenmittelwert PM2.5

Tabelle 5.3.3 Ergebnisse der Messungen von Feinstaub PM1.0 – Speicheröfen

Ofen	Feinstaub PM1.0 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
	Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 1 - 3
	Phasen-MW	max. HMW	max. HMW	max. HMW	max. 15'-Mittelwert
K 1	7,3	5,9	6,1	6,5	7,5
K 2	23	68	82	37	140
K 3	2,5	3,5	3,7	3,7	4,0
K 4	19	16	9,1	7,4	19
K 5	9,0	8,8	7,7	7,1	9,1
K 6	6,0	8,2	4,8	4,4	8,9
K 7	5,9	6,3	5,7	5,0	6,5
K 8	16	25	24	22	25
K 9	18	20	17	18	22
K 10	11	11	9,2	7,9	11
K 11	3,2	3,6	2,8	2,2	3,6

Phasen-MW ... Phasenmittelwert
 max. HMW ... maximaler Halbstundenmittelwert
 max. 15'-Mittelwert ... maximaler 15-Minuten-Mittelwert

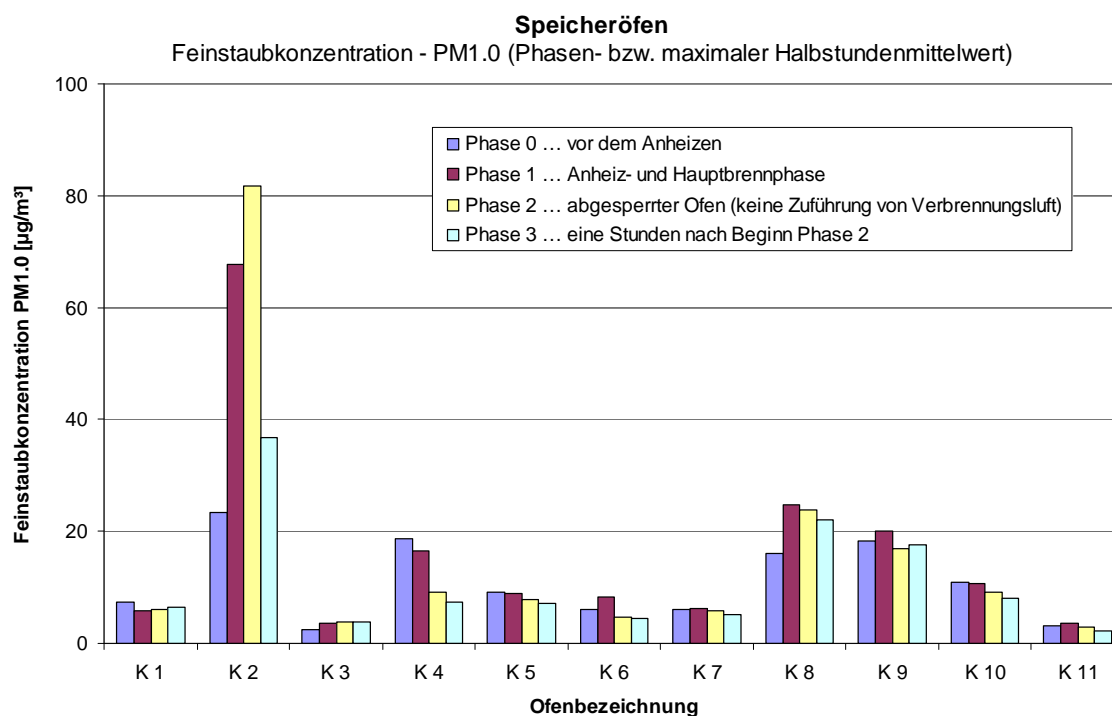


Abbildung 5.3.3: Feinstaubkonzentration Speicheröfen (Phase 0 bis 3), Phasen- bzw. maximaler Halbstundenmittelwert PM1.0

5.3.2 Ethanolöfen

Tabelle 5.3.4 Ergebnisse der Messungen von Feinstaub PM10 – Ethanolöfen

Ofen-bezeichnung	Ofen	Luftwechsel [h ⁻¹]	Feinstaub PM10 [µg/m ³]			
			Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 1 - 3
			Phasen-MW	Phasen-MW	Phasen-MW	max. 15'-Mittelwert
E1 - 1	Standofen	0,10	38	45	27	49
E1 - 8	Standofen	0,10	18	21	15	23
E1 - 3	Standofen	0,10	n. g.	23	16	26
E1 - 4	Standofen	0,75	40	22	18	24
E1 - 7	Standofen	0,75	30	27	15	33
E1 - 6	Standofen	0,75	11	8	11	13
E2 - 1	Tischofen	0,10	37	30	41	43
E2 - 2	Tischofen	0,10	40	44	38	51
E2 - 3	Tischofen	0,10	n. g.	n. g.	n. g.	n. g.
E2 - 4	Tischofen	0,75	49	34	34	46
E2 - 5	Tischofen	0,75	40	29	32	46
E2 - 6	Tischofen	0,75	39	34	37	46

Phasen-MW ... Phasenmittelwert

max. 15'-Mittelwert ... maximaler 15-Minuten-Mittelwert

n. g. ... nicht gemessen

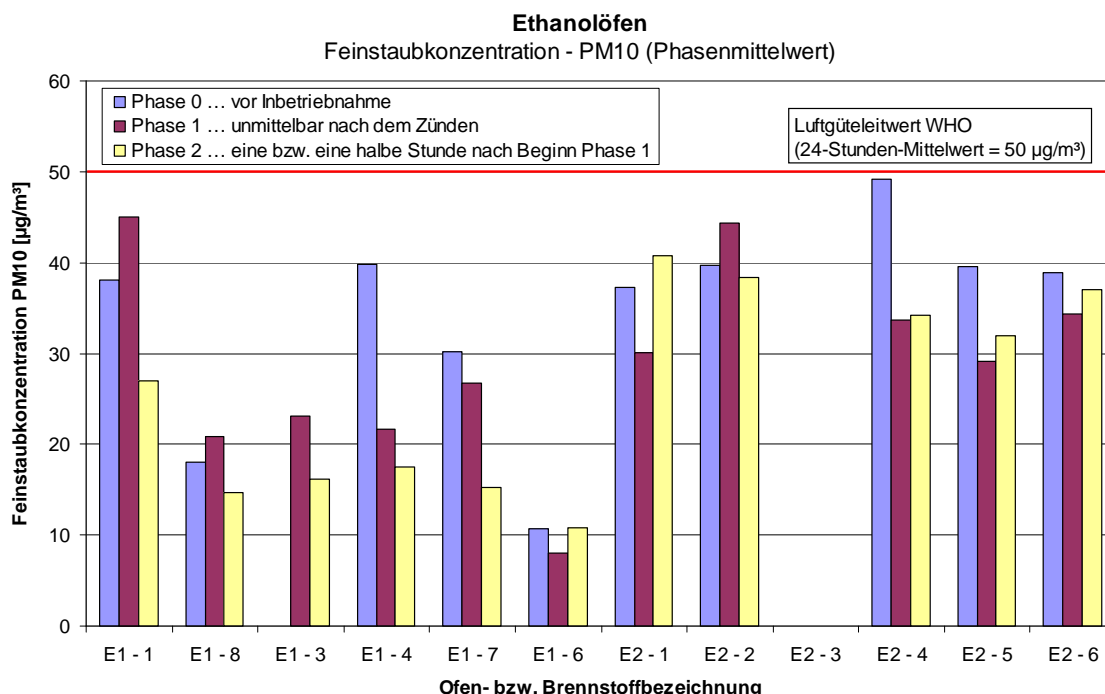


Abbildung 5.3.4: Feinstaubkonzentration Ethanolöfen mit unterschiedlichen Brennstoffen (Phase 0 bis 2), Phasenmittelwert PM10

Tabelle 5.3.5 Ergebnisse der Messungen von Feinstaub PM2.5 – Ethanolöfen

Ofen-bezeichnung	Ofen	Luftwechsel [h ⁻¹]	Feinstaub PM2.5 [µg/m ³]			
			Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 1 - 3
			Phasen-MW	Phasen-MW	Phasen-MW	max. 15'-Mittelwert
E1 - 1	Standofen	0,10	5,2	8,1	7,6	8,2
E1 - 8	Standofen	0,10	3,8	4,6	6,5	6,5
E1 - 3	Standofen	0,10	n. g.	8,4	8,0	9,6
E1 - 4	Standofen	0,75	9,3	4,9	3,8	4,3
E1 - 7	Standofen	0,75	6,6	7,2	6,1	7,7
E1 - 6	Standofen	0,75	2,1	2,0	2,1	2,3
E2 - 1	Tischofen	0,10	28	23	21	31
E2 - 2	Tischofen	0,10	25	21	20	27
E2 - 3	Tischofen	0,10	n. g.	n. g.	n. g.	n. g.
E2 - 4	Tischofen	0,75	20	20	19	20
E2 - 5	Tischofen	0,75	33	25	24	37
E2 - 6	Tischofen	0,75	32	26	27	37

Phasen-MW ... Phasenmittelwert

max. 15'-Mittelwert ... maximaler 15-Minuten-Mittelwert

n. g. ... nicht gemessen

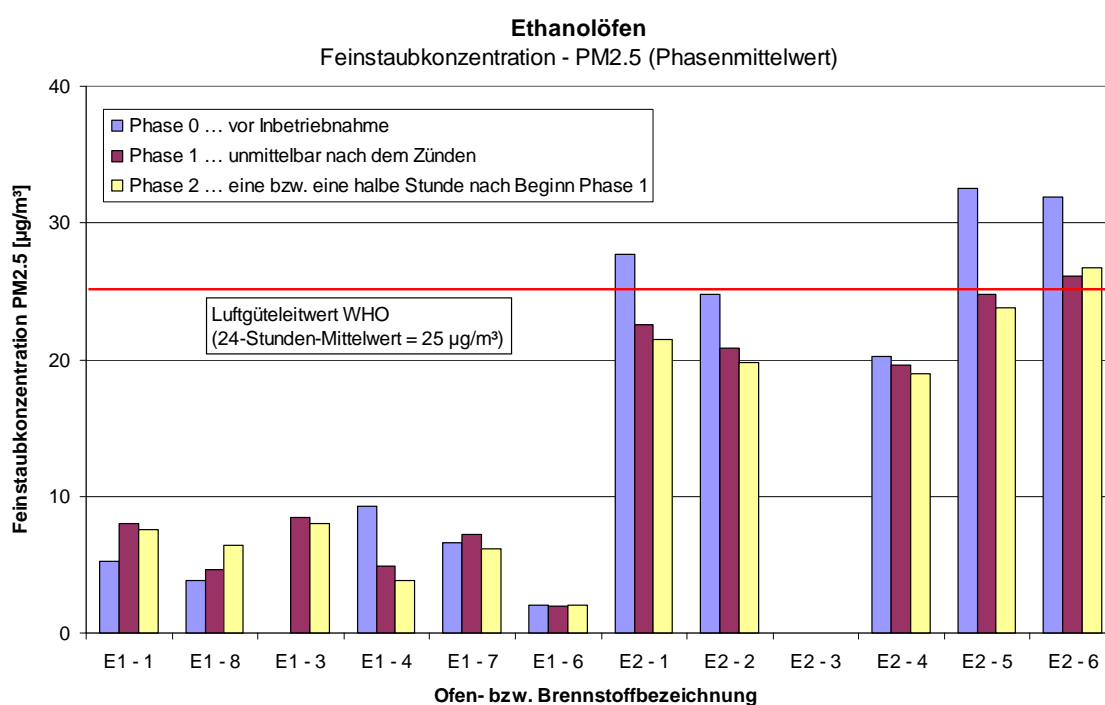


Abbildung 5.3.5: Feinstaubkonzentration Ethanolöfen mit unterschiedlichen Brennstoffen (Phase 0 bis 2), Phasenmittelwert PM2.5

Tabelle 5.3.6 Ergebnisse der Messungen von Feinstaub PM1.0 – Ethanolöfen

Ofen-bezeichnung	Ofen	Luftwechsel [h ⁻¹]	Feinstaub PM1.0 [µg/m ³]			
			Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 1 - 3
			Phasen-MW	Phasen-MW	Phasen-MW	max. 15'-Mittelwert
E1 - 1	Standofen	0,10	2,4	4,4	4,5	4,7
E1 - 8	Standofen	0,10	2,3	3,0	4,7	5,0
E1 - 3	Standofen	0,10	n. g.	6,4	6,4	7,4
E1 - 4	Standofen	0,75	5,0	2,7	2,2	2,3
E1 - 7	Standofen	0,75	4,1	5,0	4,9	5,3
E1 - 6	Standofen	0,75	1,2	1,1	1,3	1,4
E2 - 1	Tischofen	0,10	25	20	19	27
E2 - 2	Tischofen	0,10	21	18	17	24
E2 - 3	Tischofen	0,10	n. g.	n. g.	n. g.	n. g.
E2 - 4	Tischofen	0,75	17	17	16	17
E2 - 5	Tischofen	0,75	29	22	21	33
E2 - 6	Tischofen	0,75	28	23	24	33

Phasen-MW ... Phasenmittelwert

max. 15'-Mittelwert ... maximaler 15-Minuten-Mittelwert

n. g. ... nicht gemessen

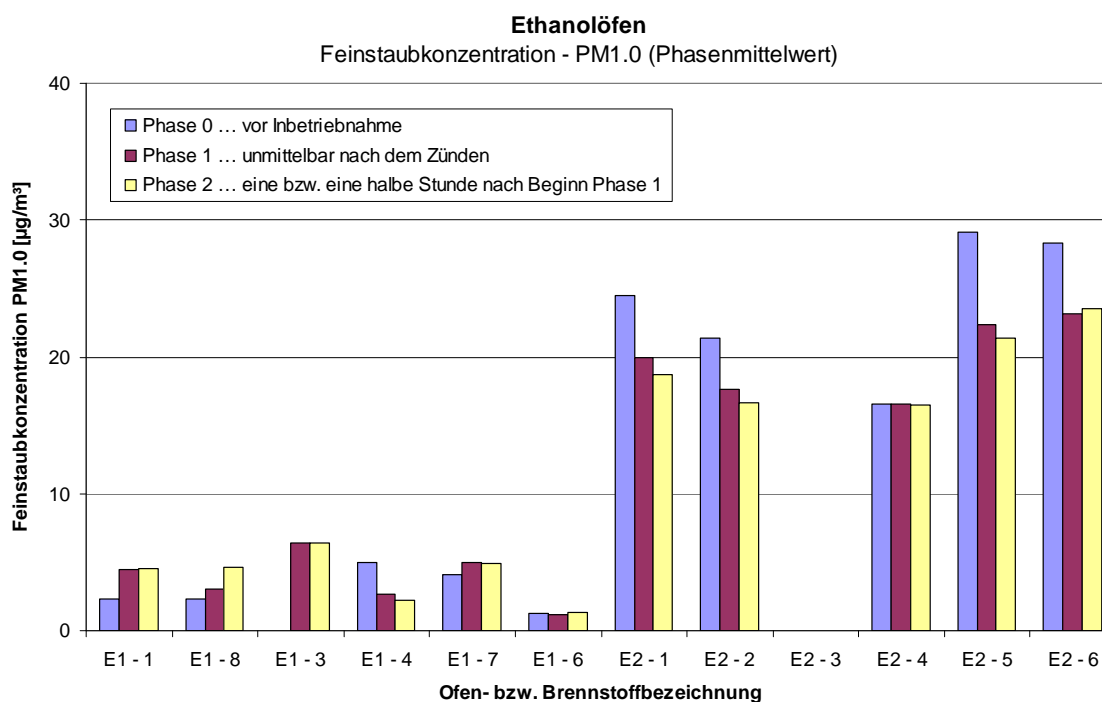


Abbildung 5.3.6: Feinstaubkonzentration Ethanolöfen mit unterschiedlichen Brennstoffen (Phase 0 bis 2), Phasenmittelwert PM1.0

5.3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse Feinstaub

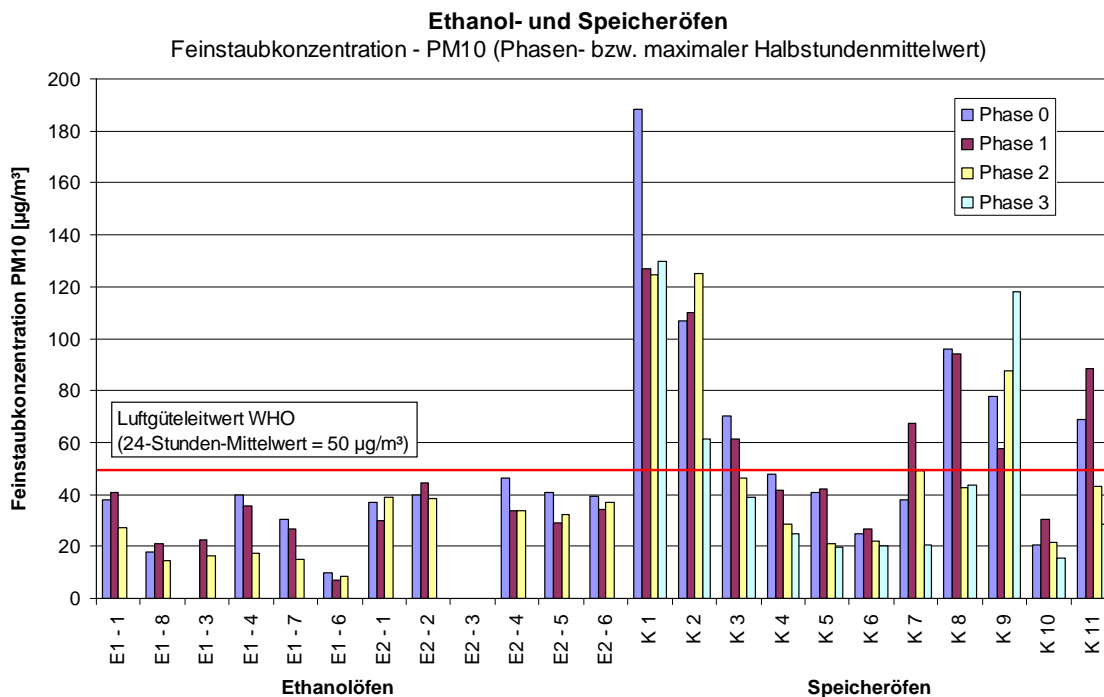


Abbildung 5.3.7: Überblick Feinstaubkonzentration Ethanolöfen mit unterschiedlichen Brennstoffen (Phase 0 bis 2) und Speicheröfen (Phase 0 bis 3)

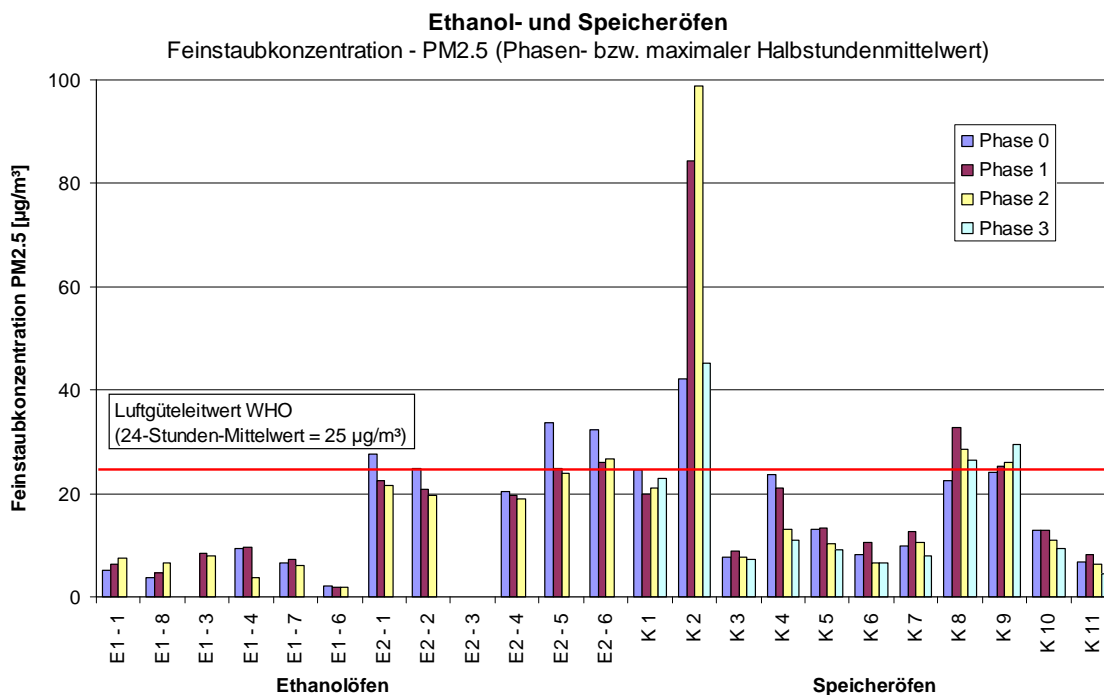


Abbildung 5.3.8: Überblick Feinstaubkonzentration Ethanolöfen mit unterschiedlichen Brennstoffen (Phase 0 bis 2) und Speicheröfen (Phase 0 bis 3)

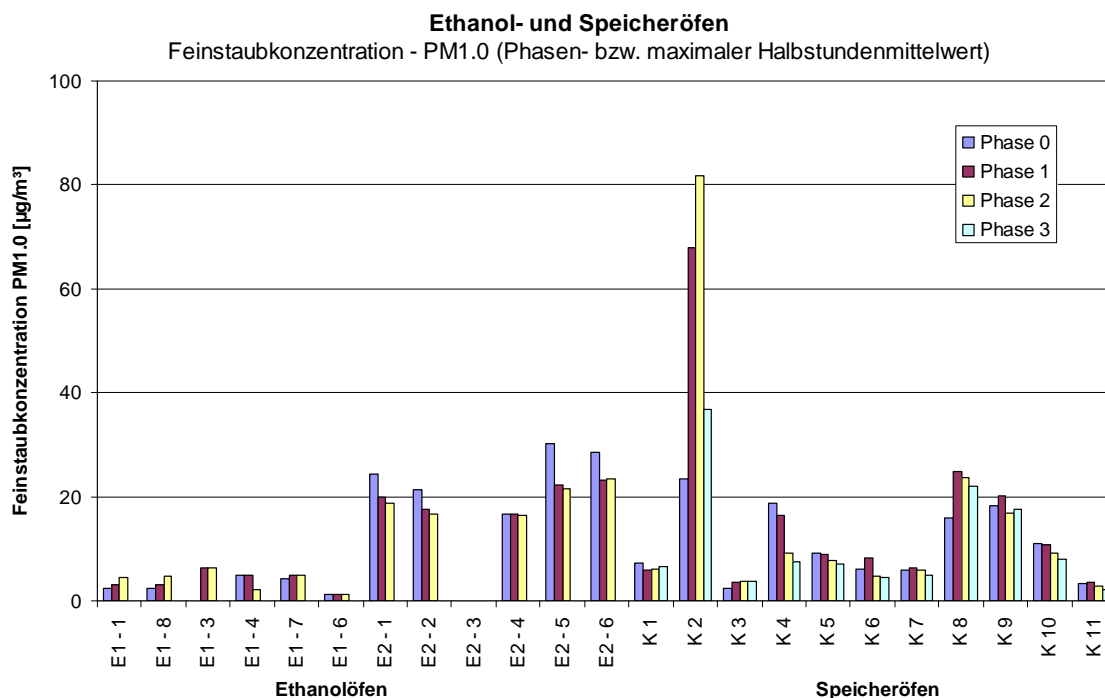


Abbildung 5.3.9: Überblick Feinstaubkonzentration Ethanolöfen mit unterschiedlichen Brennstoffen (Phase 0 bis 2) und Speicheröfen (Phase 0 bis 3)

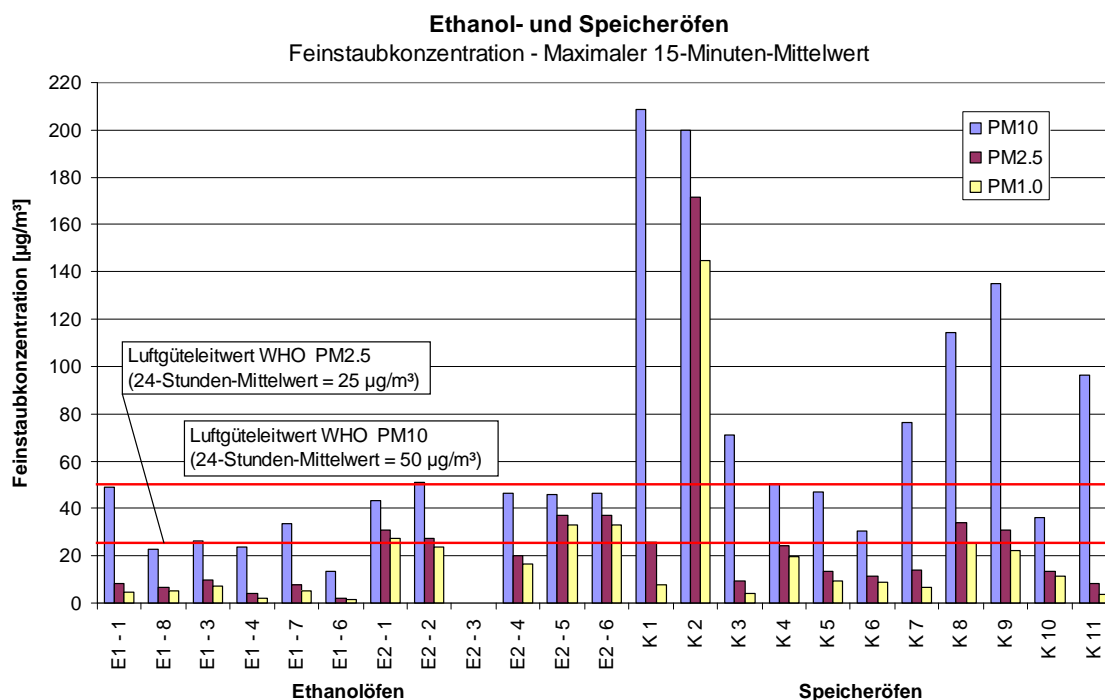


Abbildung 5.3.10: Überblick Feinstaubkonzentration Ethanolöfen mit unterschiedlichen Brennstoffen und Speicheröfen, maximaler 15-Minuten-Mittelwert über gesamte Messdauer

5.4 Beurteilungsgrundlagen der Feinstaubkonzentration

In Österreich gibt es derzeit keine Grenzwerte für Feinstaub in der Raumluft von Innenräumen. Für die Außenluft sind Grenzwerte im österreichischen Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L, BGBl. 115/97) in Umsetzung der Richtlinie 1999/30/EG festgesetzt. Weiters existieren Luftgüteleitwerte der WHO (2005).

Tabelle 5.4.1: Grenzwerte gemäß IG-L, gültig seit Juli 2001

Schadstoff	Konzentration	Mittelungszeit
TSP	150 µg/m ³	Tagesmittelwert, trat am 31.12.2004 außer Kraft
PM10	50 µg/m ³	Tagesmittelwert; zulässige Anzahl von Überschreitungen pro Kalenderjahr seit 2010: 25
PM10	40 µg/m ³	Jahresmittelwert Überschreitungen nicht zulässig

Tabelle 5.4.2: Luftgüteleitwerte der WHO

Schadstoff	Konzentration	Mittelungszeit
PM10	50 µg/m ³	24-Stunden-Mittelwert
	20 µg/m ³	Jahresmittelwert
PM2.5	25 µg/m ³	24-Stunden-Mittelwert
	10 µg/m ³	Jahresmittelwert

Insbesondere die feineren Partikel des Schwebstaubs in der Luft (PM10, PM2.5 und PM1.0) können bis tief in die Lunge gelangen und zu negativen gesundheitlichen Auswirkungen, wie z.B. Herz-Kreislauferkrankungen, führen. Aus lufthygienischer Sicht ist Feinstaub als jener Luftschadstoff anzusehen, der mit den gravierendsten gesundheitlichen Auswirkungen verbunden ist. Maßnahmen zur Reduktion der Feinstaubbelastung sollten daher aus Sicht des österreichischen Umweltbundesamtes zum Schutz der Gesundheit mit hoher Priorität umgesetzt werden (UBA 2005).

Der Grenzwert für PM10 in der Außenluft gemäß IG-L basiert auf Risikoabschätzungen einer Exposition gegenüber einer mehr oder weniger gut definierten physikalischen und chemischen Zusammensetzung der Außenluft. Auch wenn Innenraumluft durch die Außenluft beeinflusst wird, zeigen sich doch deutliche Unterschiede in der physikalischen, chemischen und biologischen Zusammensetzung. Eine direkte Übertragung des Grenzwertes der Außenluft zur gesundheitlichen Bewertung der Feinstaubbelastung der Innenraumluft ist daher nicht möglich. Angesichts der nur begrenzt zur Verfügung stehenden Daten zur Exposition gegenüber Feinstäuben in Innenräumen, insbesondere zur chemischen Zusammensetzung des Feinstaubes und zu Dosis-Wirkungsbeziehungen, lässt sich derzeit keine fundierte Risikobewertung von Feinstaub in der Innenraumluft vornehmen (BLGL 2007).

Die deutsche Ad-hoc-Arbeitsgruppe kommt zu dem Schluss, dass weder die deutschen Immissionsgrenzwerte der 22. Bimsch-VO noch die von der WHO vorgeschlagenen

Luftgüteleitwerte der Umgebungsluft als generelle Beurteilungsmaßstäbe für die Innenraumluft verwendet werden können. Es erschien dieser Arbeitsgruppe lediglich vertretbar, den von der WHO abgeleiteten Tages-Mittelwert für PM_{2.5} von 25 µg/m³ in reinen Wohninnenräumen ohne spezifische eigene Quellen zur Orientierung heranzuziehen. Es wird angenommen, dass diese Feinstaubfraktion überwiegend aus der Außenluft stammt (Ad-hoc-AG 2008).

Als wesentliche Feinstaub-Innenraumquellen sind zu nennen: Rauchen von Tabakerzeugnissen und Dampfen, Abrieb diverser Materialien Verbrennungsprozesse ohne Abzug (bspw. Gasherde), Abbrennen von Kerzen und Räucherwaren. Das derzeitige Fehlen geeigneter Bewertungsmaßstäbe, die für alle Innenräume anwendbar sind, bedeutet nach Angabe der deutschen Ad-hoc-Arbeitsgruppe jedoch in keinem Fall, dass Feinstaub in der Innenraumluft als "gesundheitlich unbedenklich" einzustufen ist. Bekannte Feinstaubquellen sollen im Innenraum konsequent aufgespürt und minimiert werden.

6 Untersuchung von Raumluft auf Feinstpartikel (FP)

6.1 Probenahme und Analytik der Feinstpartikeluntersuchung

Die Messung der Konzentration an Feinstpartikeln (FP) erfolgte durch Ansaugen der Raumluft durch eine mobile Sonde und Messung mit einem Partikelzähler [P-TRAK Ultrafine Particle Counter Modell 8525; Fa. TSI]. Die Flussrate der Probegas-Ansaugung liegt bei zirka 0,7 Liter pro Minute. Erfasst werden Feinstpartikel im Größenbereich von 0,02 bis 1 Mikrometer (μm) entsprechend 20 bis 1000 Nanometer (nm). Der Messbereich beträgt 0 bis 500.000 Partikel pro Kubikzentimeter [1/ml]. Die Messdaten werden über einen internen Daten-Logger gespeichert und mittels Software ausgelesen und bearbeitet.

6.2 Ergebnisse der Untersuchung auf Feinstpartikel

Nachdem die Dauer der Phasen bei den einzelnen Öfen variiert, handelt es sich bei den angegebenen Werten sowohl um maximale Halbstundenmittelwerte als auch um Phasen-Mittelwerte (arithmetische Mittelwerte der einzelnen Phasen), wobei eine Phase mindestens 30 Minuten dauerte.

Tabelle 6.2.1: Ergebnisse der Messungen auf Feinstpartikel – Speicheröfen

Ofen	Feinstpartikel [1/ml]				
	Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 1 - 3
	Phasen-MW	max. HMW	max. HMW	max. HMW	max. 15'-Mittelwert
K 1	900	1.300	900	750	1.400
K 2	5.900	16.000	20.000	11.000	28.000
K 3	1.000	3.300	2.600	2.500	3.700
K 4	6.700	6.700	12.000	11.000	14.000
K 5	n. g.	5.000	2.900	2.400	5.600
K 6	2.600	4.200	1.800	1.500	4.500
K 7	4.000	6.100	7.300	7.200	7.800
K 8	26.000	410.000	240.000	86.000	430.000
K 9	5.600	5.500	3.800	3.100	6.000
K 10	2.200	6.100	3.100	4.100	7.100
K 11	1.600	2.900	2.400	2.000	2.900

Phasen-MW ... Phasenmittelwert

max. HMW ... maximaler Halbstunden-Mittelwert

max. 15'-Mittelwert ... maximaler 15-Minuten-Mittelwert

n. g. ... nicht gemessen

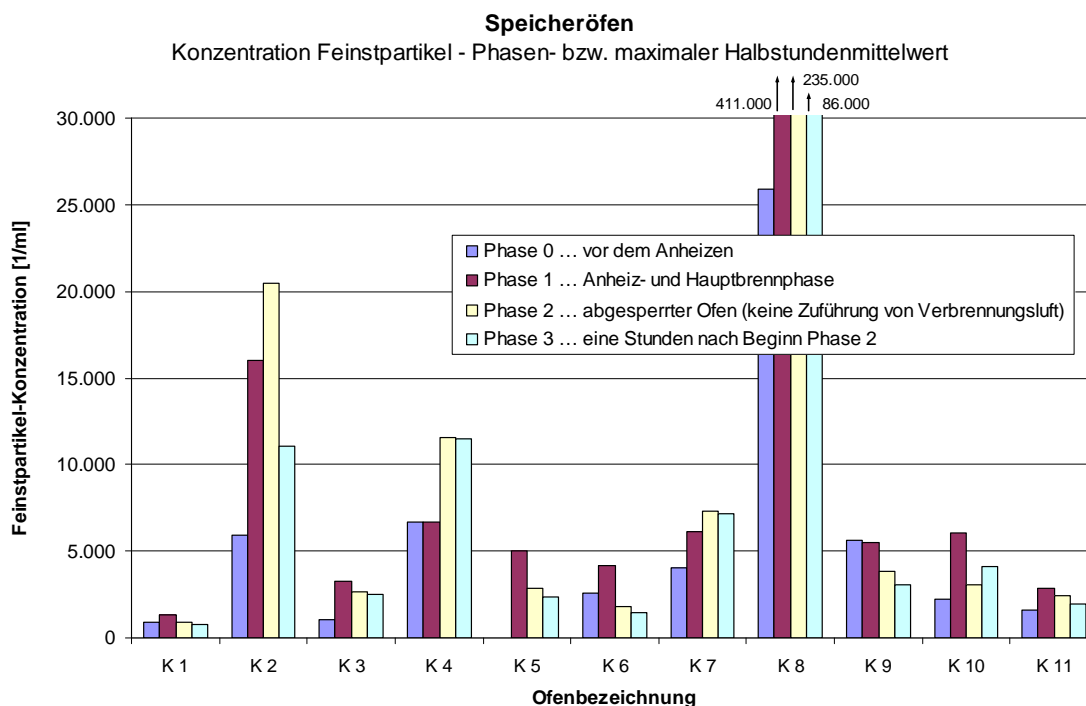


Abbildung 6.2.1: Feinstpartikel-Konzentration Speicheröfen, Phasen- bzw. maximaler Halbstundenmittelwert

Tabelle 6.2.2: Ergebnisse der Messungen von Feinstpartikeln – Ethanolofen E1

Ofen-bezeichnung	Ofen	Luftwechsel [h ⁻¹]	Feinstpartikel [1/m ³]			
			Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 1 - 3
			Phasen-MW	Phasen-MW	Phasen-MW	max.15'-Mittelwert
E1 - 1	Standofen	0,10	3.600	300.000	210.000	320.000
E1 - 8	Standofen	0,10	11.000	150.000	150.000	180.000
E1 - 3	Standofen	0,10	n. g.	110.000	92.000	110.000
E1 - 7	Standofen	0,75	1.600	220.000	190.000	220.000

Phasen-MW ... Phasenmittelwert

max. 15'-Mittelwert ... maximaler 15-Minuten-Mittelwert

n. g. ... nicht gemessen

Auf Grund eines Gerätefehlers konnten nur beschränkt Messungen mit dem Ethanolofen E1 und keine Messungen mit dem Ethanolofen E2 durchgeführt werden.

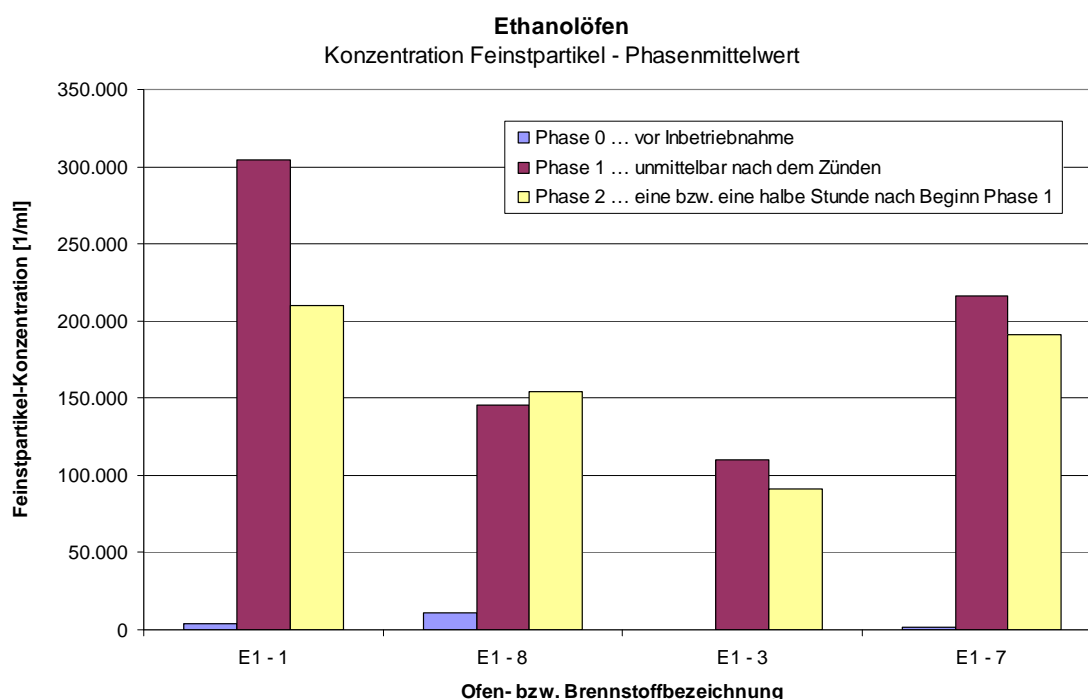


Abbildung 6.2.2: Feinstpartikel-Konzentration Ethanolöfen E1 mit unterschiedlichen Brennstoffen (Phase 0 bis 2), Phasenmittelwert

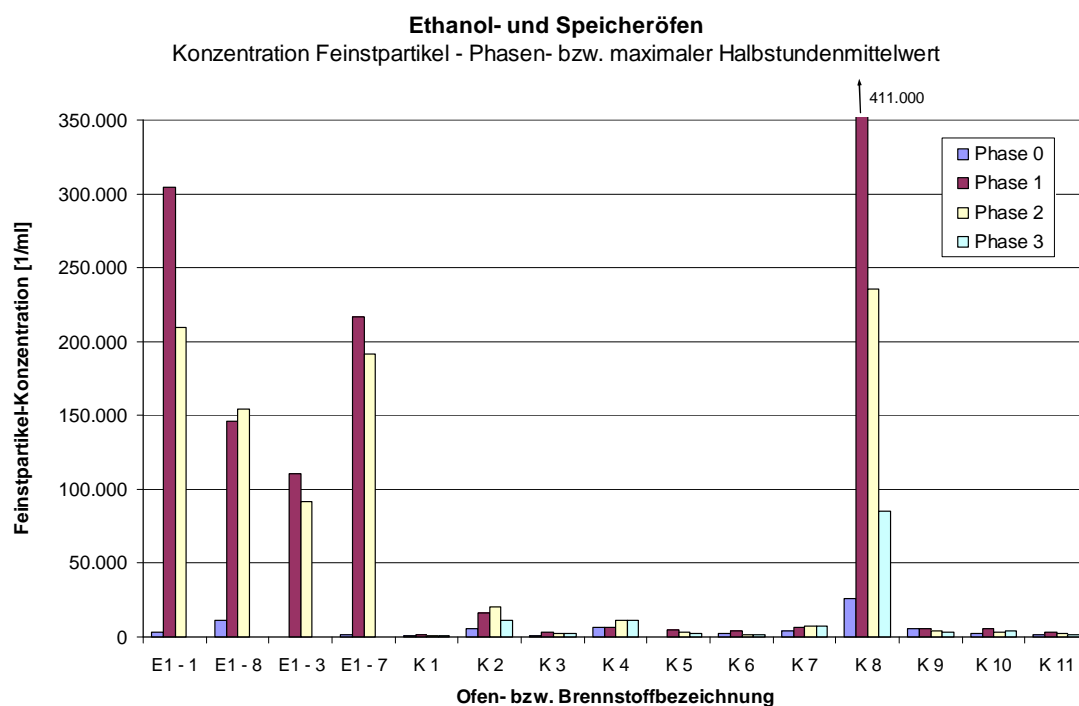


Abbildung 6.2.3: Überblick Feinstpartikel-Konzentration Ethanolöfen mit unterschiedlichen Brennstoffen (Phase 0 bis 2) und Speicheröfen (Phase 0 bis 3), Phasen- bzw. maximaler Halbstundenmittelwert

6.3 Beurteilungsgrundlagen der Feinstpartikelkonzentration

Feinstpartikel im Größenbereich von 20 bis 1000 Nanometer sind eine sehr feine Fraktion des Feinststaubs in der Luft. Das Segment der Feinstpartikel (FP) umfasst die so genannten "ultrafeinen Partikel (UFP)" im Größenbereich von < 100 nm (entsprechend $< 0,1 \mu\text{m}$) und weitere luftgetragene Feinstaubpartikel, die aufgrund ihrer Kleinheit mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als einem Mikrometer als lungengängig und alveolengängig für den Menschen einzustufen sind. In den letzten Jahren gab es Hinweise, dass auch sehr kleine Partikel eine eigenständige gesundheitliche Bedeutung haben können. Sie tragen viel zur Zahl der Teilchen in der Luft bei, aber wenig zur Masse. Die gesundheitliche Wirkung von Feinstpartikeln in der Innenraumluft wird kontroversiell diskutiert.

In Österreich gibt es derzeit keine Grenz- und Richtwerte für Feinstpartikel in der Raumluft von Innenräumen. Es wird davon ausgegangen, dass bei signifikanten Erhöhungen der FP-Werte gegenüber der Außenluft Feinstaubquellen im betreffenden Innenraum vorliegen. Außenluftwerte bewegen sich in der Regel im Bereich unter 10.000 Partikel pro Milliliter.

Als wesentliche Innenraumquellen für Feinstpartikel sind zu nennen: Verbrennungsprozesse und Prozesse mit hohen Temperaturen beim z.B. beim Kochen (Backen, Frittieren), das Abbrennen von Kerzen und insbesondere das Rauchen im Innenraum. Die Freisetzung von Feinstpartikeln aus Laserdruckern und Bürogeräten ist bekannt. Die Emissionen von einzelnen Geräten können in einem weiten Bereich variieren. Das Umweltzeichen „Blauer Engel“ gibt zulässige Konzentrationsbereiche für Feinstpartikel für Druckgeräte an (2013).

7 Untersuchung von Raumlufte auf Kohlenstoffmonoxid (CO)

7.1 Probenahme und Analytik der CO-Untersuchung

Die kontinuierliche Bestimmung der CO-Konzentration wurde mittels eines Gerätes [testo 650] zur kontinuierlichen Messung nach EN 15058¹² bzw. EN 14626¹³ mit direkter Anzeige durchgeführt (Bestimmungsgrenze 0,1 ppm). Die Daten wurden in Abständen von 30 Sekunden aufgenommen. Die CO-Messung erfolgt nach dem Prinzip der nicht dispersiven Infrarotspektroskopie (NDIR). Die Messunsicherheit wird mit +/- 15% angenommen.

7.2 Ergebnisse der Untersuchung auf Kohlenstoffmonoxid

Nachdem die Dauer der Phasen bei den einzelnen Öfen variiert, handelt es sich bei den angegebenen Werten um maximale gleitende Halbstundenmittelwerte, wobei eine Phase mindestens 30 Minuten dauerte.

Tabelle 7.2.1: Ergebnisse der Messungen von Kohlenstoffmonoxid (CO) – Speicheröfen

Ofen	Kohlenstoffmonoxid [ppm]					Maximalwert ges. Messdauer
	Phase 0 max. HMW	Phase 1 max. HMW	Phase 2 max. HMW	Phase 3 max. HMW	max. HMW	
K 1	0,8	1,0	1,5	1,8	1,8	2,0
K 2	n. g.	0,6	0,8	0,8	0,8	1,5
K 3	0,2	1,8	4,9	6,8	6,8	7,8
K 4	0,0	0,9	0,9	0,8	0,9	1,2
K 5	n. b.	0,2	0,4	0,5	0,5	0,7
K 6	n. b.	0,1	0,4	0,4	0,4	0,8
K 7	0,2	0,8	0,4	1,7	1,7	1,9
K 8	0,4	0,9	3,2	4,3	4,3	4,9
K 9	0,8	1,4	2,9	2,7	2,9	8,8
K 10	0,6	0,3	0,4	0,4	0,4	0,9
K 11	0,4	3,8	4,9	5,1	5,1	5,3

max. HMW ... maximal gleitender Halbstundenmittelwert über gesamte Messdauer

n. g. ... nicht gemessen

n. b. ... nicht bestimmbar

¹² ÖNORM EN 14626 (2012): Außenluft — Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Kohlenmonoxid mit nicht-dispersiver Infrarot-Photometrie. 2012 12 15

¹³ ÖNORM EN 15058 (2006): Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von Kohlenmonoxid (CO) - Referenzverfahren: Nicht-dispersive Infrarotspektrometrie. 2006 08 01

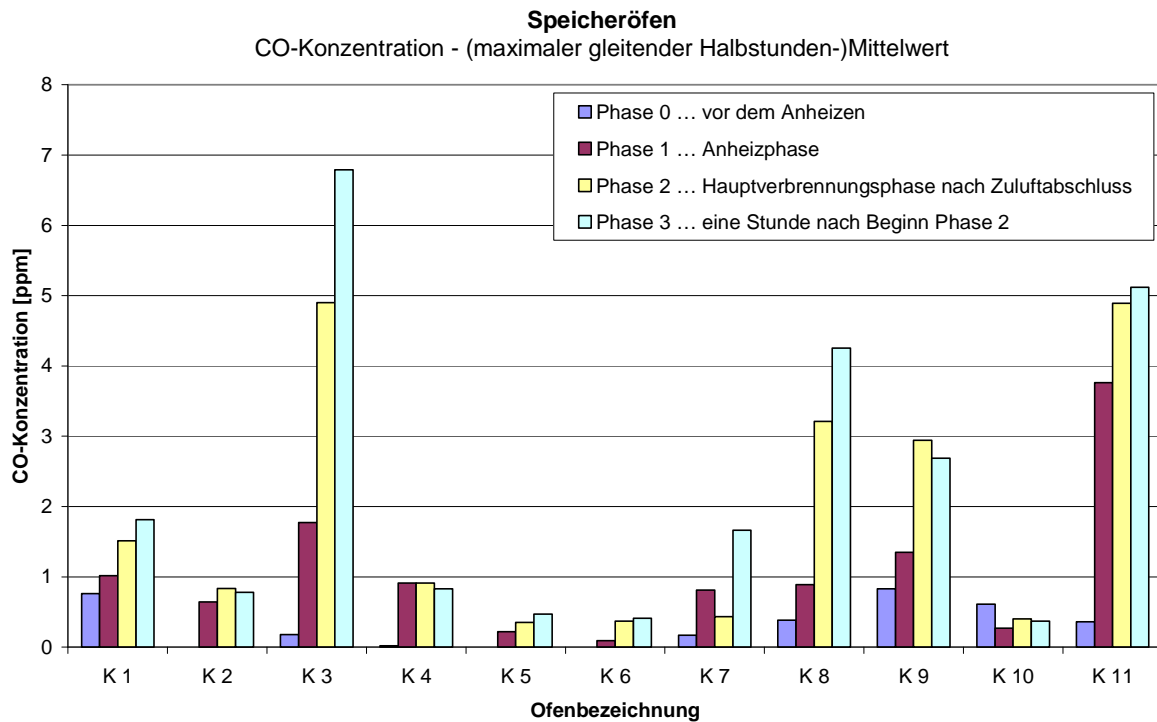


Abbildung 7.2.1: CO-Konzentration Speicheröfen (Phase 0 bis 3), maximaler gleitender Halbstundenmittelwert

Tabelle 7.2.2: Ergebnisse der Messungen von Kohlenstoffmonoxid (CO) – Ethanolöfen

Ofen-bezeichnung	Ofen	Luftwechsel [h ⁻¹]	Kohlenstoffmonoxid [ppm]				
			Phase 0 max. HMW	Phase 1 max. HMW	Phase 2 max. HMW	max. HMW	Maximalwert ges. Messdauer
E1 - 1	Standofen	0,10	0,3	6,0	9,3	9,3	10
E1 - 8	Standofen	0,10	1,1	6,7	8,9	8,9	9,9
E1 - 3	Standofen	0,10	n. g.	7,6	11	11	13
E1 - 4	Standofen	0,75	0,2	6,3	8,0	8,0	8,6
E1 - 7	Standofen	0,75	0,4	5,2	6,0	6,0	7,1
E1 - 6	Standofen	0,75	0,5	6,6	8,2	8,2	8,7
E2 - 1	Tischöfen	0,10	0,3	0,9	3,5	3,5	4,6
E2 - 2	Tischöfen	0,10	0,5	0,8	2,5	2,5	3,6
E2 - 3	Tischöfen	0,10	0,2	0,8	2,3	2,3	3,0
E2 - 4	Tischöfen	0,75	0,3	1,1	2,8	2,8	3,5
E2 - 5	Tischöfen	0,75	0,4	1,0	2,8	2,8	3,5
E2 - 6	Tischöfen	0,75	0,3	0,8	1,9	1,9	2,4

max. HMW ... maximal gleitender Halbstundenmittelwert über gesamte Messdauer
n. g. ... nicht gemessen

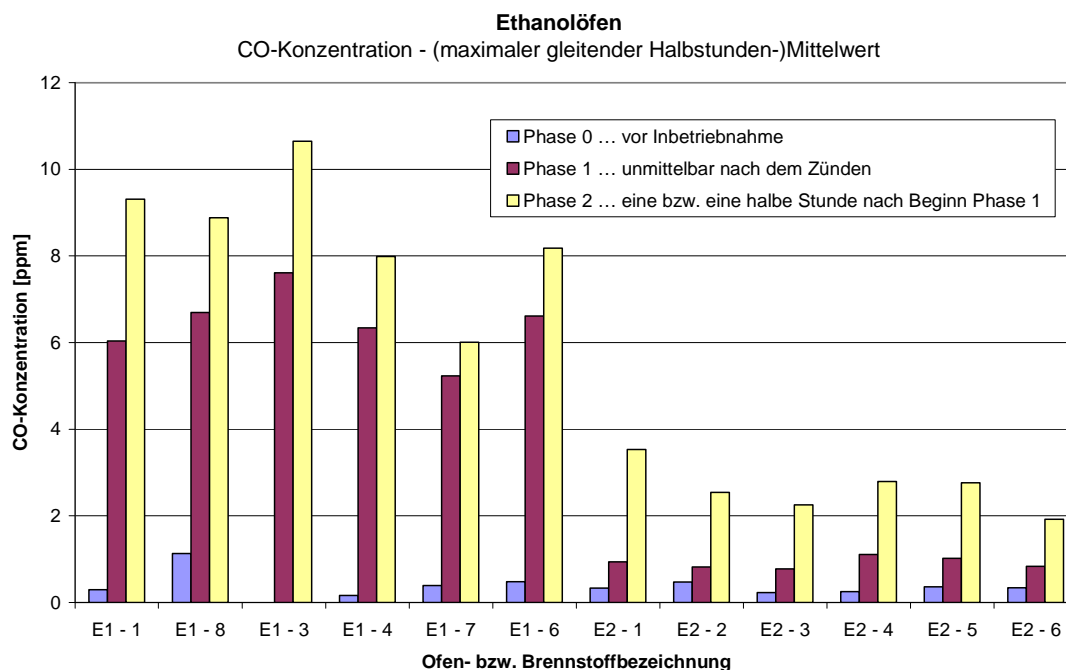


Abbildung 7.2.2: CO-Konzentration Ethanolöfen mit unterschiedlichen Brennstoffen (Phase 0 bis 2), maximaler gleitender Halbstundenmittelwert

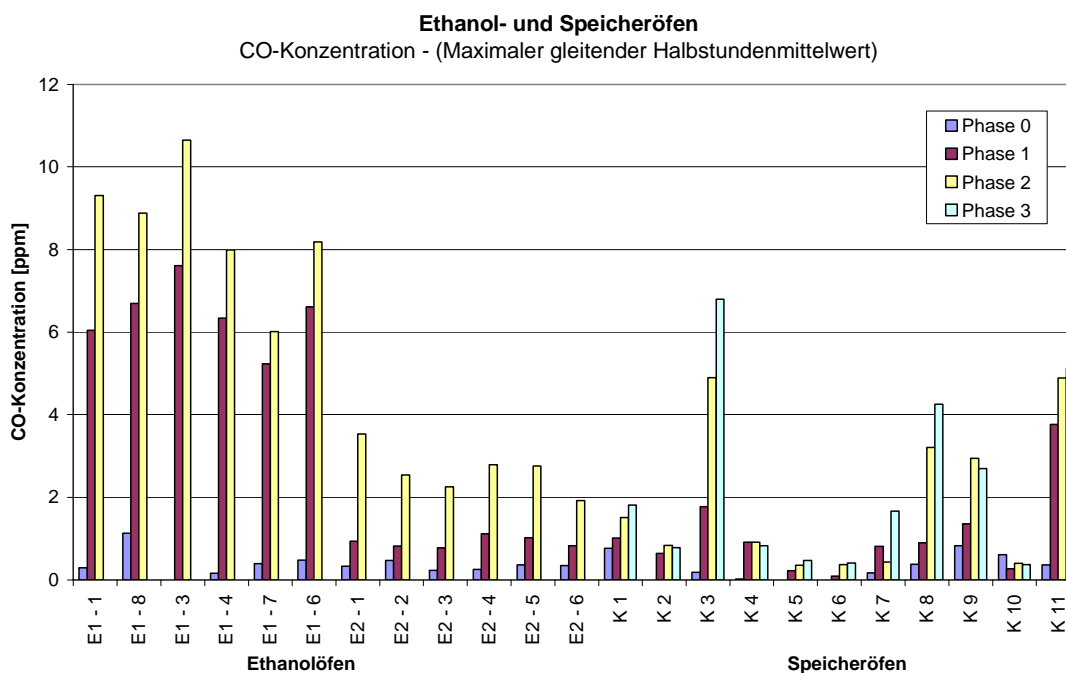


Abbildung 7.2.3: Übersicht CO-Konzentration Ethanolöfen mit unterschiedlichen Brennstoffen (Phase 0 bis 2) und Speicheröfen (Phase 0 bis 3), maximaler gleitender Halbstundenmittelwert

7.3 Beurteilungsgrundlagen der CO-Konzentration

In Österreich gibt es derzeit keine Grenz- und Richtwerte für Kohlenmonoxid in der Raumluft von Innenräumen. Die WHO hat in ihren Guidelines for Indoor Air Quality unterschiedliche, von der Expositionszeit abhängige Richtwerte für Kohlenmonoxid definiert (WHO 2010).

Tabelle 7.3.1: Richtwerte für Kohlenmonoxid

Kohlenmonoxid	Raumlufkonzentration		Bemerkungen
	[ppm]	[mg/m ³]	
Weltgesundheitsorganisation (WHO)	(80)	100	15 Minuten Mittelwert, höchstens einmal pro Tag
	(28)	35	Stunden-Mittelwert, höchstens einmal pro Tag
	(8)	10	8-Stunden-Mittelwert
	(5,6)	7	24-Stunden-Mittelwert
DIN 4734-1 Dekorative Feuerstellen für flüssige Brennstoffe	30	(38)	
ÖNORM EN 16647 (Entwurf) ¹⁴	26	(33)	Stunden-Mittelwert
	52	(65)	Halbstunden-Mittelwert

Werte in Klammern rechnerisch abgeleitet aus den Richtwerten (Faktor 1,25)

¹⁴ ÖNORM EN 16647 Entwurf: Feuerstellen für flüssige Brennstoffe – dekorative Geräte, die unter Verwendung eines Alkohol basierten flüssigen oder gelförmigen Brennstoffes eine Flamme erzeugen – Nutzung im privaten Haushaltsbereich

8 Untersuchung von Raumlufte auf Kohlenstoffdioxid (CO₂)

8.1 Probenahme und Analytik der CO₂-Untersuchung

Die kontinuierliche Bestimmung der CO₂-Konzentration wurde mit einem Multifunktions-Messgerät [testo 650] durchgeführt. Die Momentanwerte der Messgrößen wurden gespeichert und mittels Software [testo-comfort-software] elektronisch weiterverarbeitet. Die Bestimmung der Konzentration an CO₂ erfolgte in Anlehnung an VDI 4300 Blatt 9. Die CO₂-Messung erfolgt nach dem Prinzip der nicht dispersiven Infrarotspektroskopie (NDIR). Die Messunsicherheit wird mit +/- 15% angenommen.

8.2 Ergebnisse der Untersuchung auf Kohlenstoffdioxid

Wenn nicht anders angegeben, handelt es sich bei den angegebenen Werten um Phasen-Mittelwerte (arithmetische Mittelwerte der einzelnen Phasen), wobei eine Phase mindestens 30 Minuten dauerte.

Tabelle 8.2.1: Ergebnisse der Messungen von Kohlenstoffdioxid (CO₂) – Speicheröfen

Ofen	Kohlenstoffdioxid [ppm]					
	Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 3	max. SMW	Maximalwert ges. Messdauer
K 1	1.000	1.000	1.100	1.200	1.100	1.300
K 2	n. g.	810	850	850	850	910
K 3	1.100	1.400	1.400	1.400	1.400	1.600
K 4	630	630	630	640	650	690
K 5	810	850	900	950	940	980
K 6	1.300	1.300	1.200	1.200	1.300	1.400
K 7	810	840	830	820	840	880
K 8	1.000	1.200	1.200	1.300	1.200	1.400
K 9	750	800	870	880	990	1.200
K 10	740	800	840	590	850	1.900
K 11	900	1.000	1.000	970	1.000	1.100

max. SMW ... maximal gleitender Stundenmittelwert über gesamte Messdauer

n. g. ... nicht gemessen

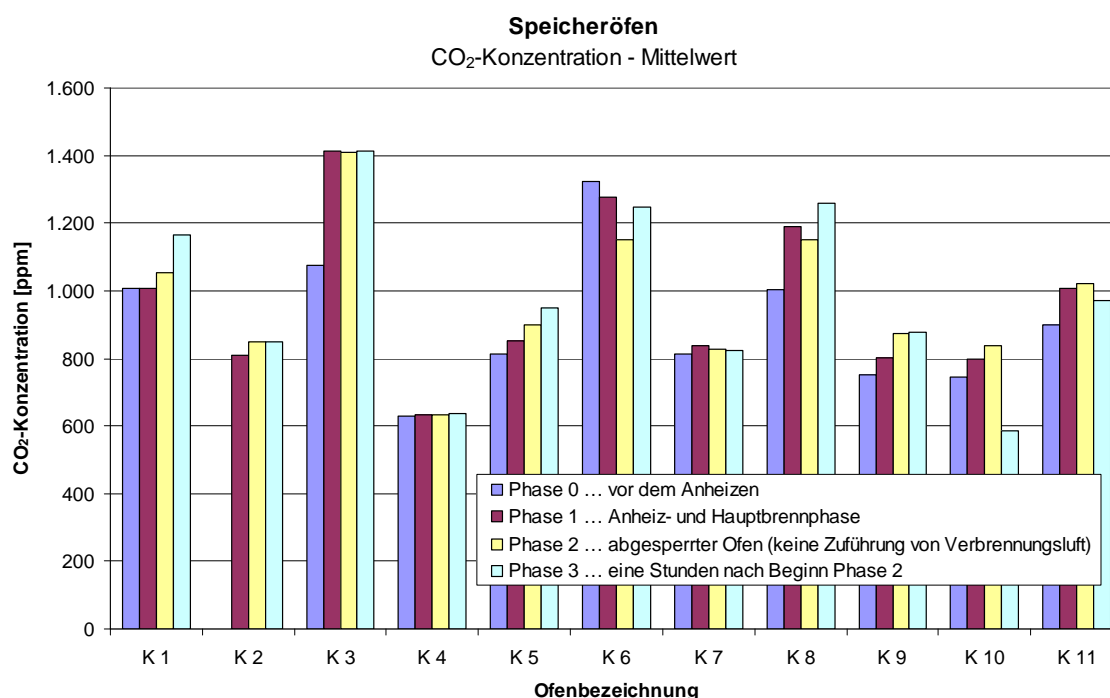


Abbildung. 8.2.1: CO₂-Konzentration Speicheröfen (Phase 0 bis 3), Phasenmittelwert

Tabelle 8.2.2: Ergebnisse der Messungen von Kohlenstoffdioxid (CO₂) – Ethanolöfen

Ofenbezeichnung	Ofen	Luftwechsel [h ⁻¹]	Kohlenstoffdioxid [ppm]				
			Phase 0	Phase 1	Phase 2	max. SMW	Max. über ges. Messdauer
E1 - 1	Standofen	0,10	1.100	3.500	7.100	6.100	7.400
E1 - 8	Standofen	0,10	670	3.800	6.500	6.500	9.500
E1 - 3	Standofen	0,10	n. g.	2.500	6.300	5.000	7.800
E1 - 4	Standofen	0,75	1.000	2.900	5.200	4.500	5.800
E1 - 7	Standofen	0,75	750	2.900	5.600	4.700	6.300
E1 - 6	Standofen	0,75	750	2.500	4.800	4.200	5.400
E2 - 1	Tischofen	0,10	620	1.100	2.400	2.200	3.200
E2 - 2	Tischofen	0,10	740	1.200	2.300	1.800	2.800
E2 - 3	Tischofen	0,10	610	1.000	1.800	1.400	2.300
E2 - 4	Tischofen	0,75	820	1.300	2.100	1.700	2.500
E2 - 5	Tischofen	0,75	630	1.100	2.000	1.600	2.400
E2 - 6	Tischofen	0,75	640	970	1.600	1.300	1.800

max. SMW ... maximal gleitender Stundenmittelwert über gesamte Messdauer

n. g. ... nicht gemessen

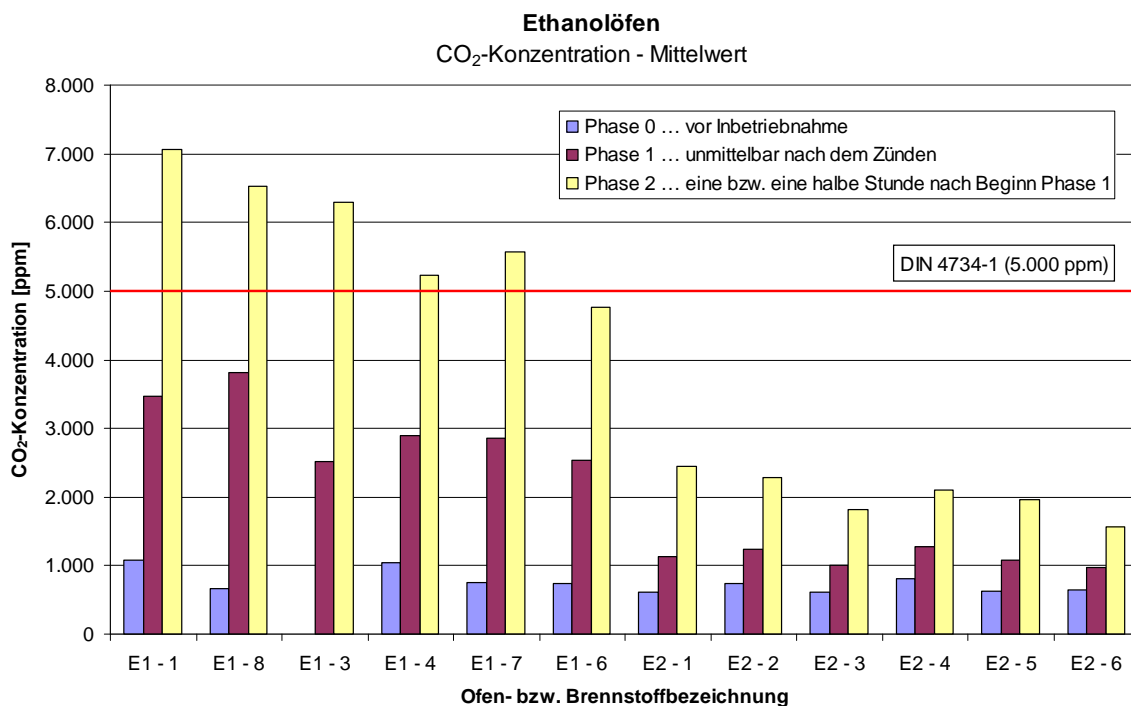


Abbildung. 8.2.2: CO₂-Konzentration Ethanolöfen mit unterschiedlichen Brennstoffen (Phase 0 bis 2), Phasenmittelwert

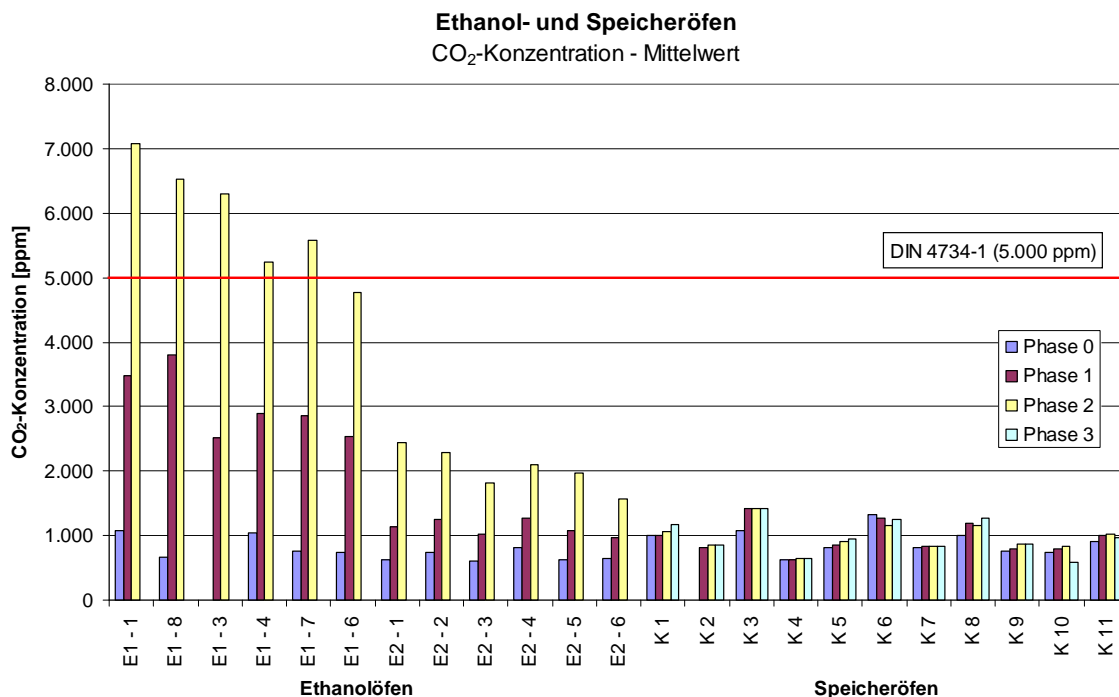


Abbildung. 8.2.3: Überblick CO₂-Konzentration Ethanolöfen mit unterschiedlichen Brennstoffen (Phase 0 bis 2) und Speicheröfen (Phase 0 bis 3), Phasenmittelwert

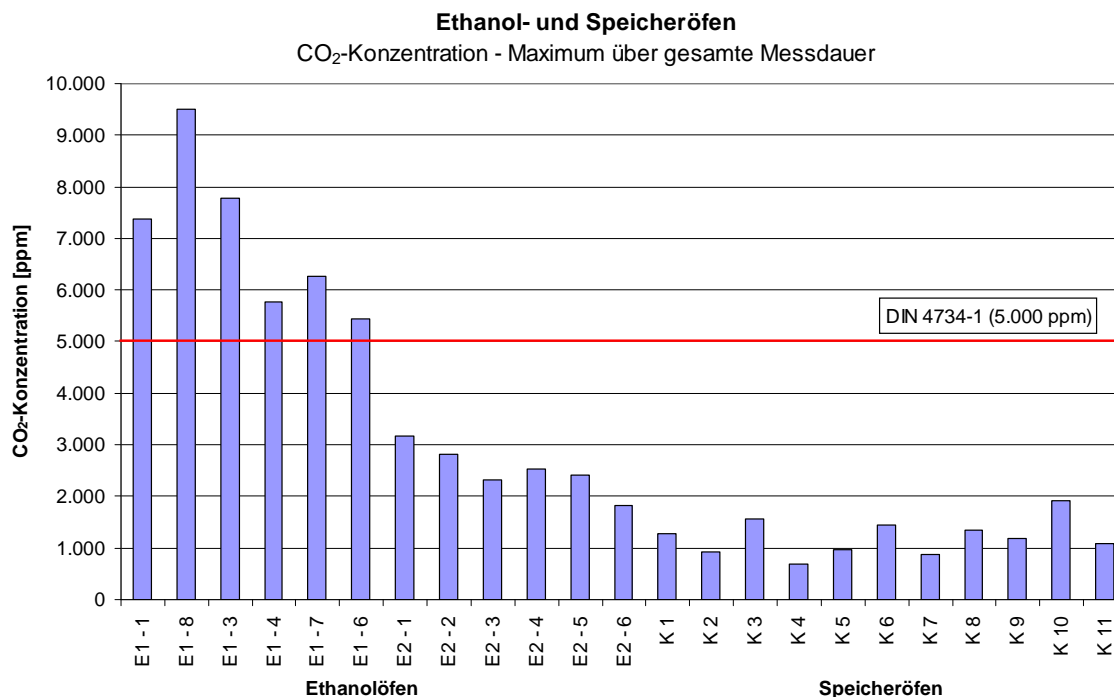


Abbildung. 8.2.4: Überblick CO₂-Konzentration Ethanolöfen mit unterschiedlichen Brennstoffen und Speicheröfen, Maximum über gesamte Messdauer

8.3 Beurteilungsgrundlagen der CO₂-Konzentration

Die üblicherweise heranzuziehenden Vorgaben für die Konzentration an CO₂ wie bspw. die vom Umweltministerium und der österreichischen Akademie der Wissenschaften im Rahmen der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft herausgegebenen Orientierungswerte für die Innenraumluft (BMLFUW 2009) dürfen bei Emissionen aus Verbrennungsprozessen nicht angewendet werden. Der MAK-Wert, der einen reinen Arbeitsschutzgrenzwert darstellt, darf definitionsgemäß (CO₂ ist kein Arbeitsstoff) für Innenräume nicht angewendet werden, er kann aber in Ermangelung anderer Beurteilungsgrundlagen berücksichtigt werden.

In Österreich liegt der derzeit gültige MAK-Wert für CO₂ laut Grenzwerteverordnung (2011) bei 5000 ppm (9000 mg/m³) bzw. 10000 ppm (18000 mg/m³) als Momentanwert für den Beurteilungszeitraum von 60 Minuten. In der 2011 in Kraft getretenen DIN 4734-1 *Dekorative Feuerstellen für flüssige Brennstoffe* ist ein CO₂-Grenzwert bei einem angenommenen Luftwechsel von 0,2 h⁻¹ und 0,5 h⁻¹ im Aufstellungsraum in minimaler und maximaler Betriebseinstellung von 5000 ppm angeführt.

9 Bewertung der Ergebnisse

9.1 Speicheröfen

9.1.1 Allgemeines

Auf Grund des Betriebes eines Speicherofens ist davon auszugehen, dass sich der Luftwechsel im Raum während der Einheizphase, bei der die Ofentüre offen steht, erhöht. Dies könnte der Grund sein, warum die Konzentration einzelner Schadstoffe in dieser Phase leicht abnahm. Weiters ist zu beachten, dass sich der Luftwechsel mit zunehmender Wärmeentwicklung des Ofens aufgrund der geänderten Temperatur- und Strömungsverhältnisse verändert.

9.1.2 Ergebnisbewertung der Benzoluntersuchung

Die Luft der untersuchten Räume zeigte zum Teil ein auffälliges Bild.

Bei etwa der Hälfte der Objekte war ein Anstieg der Benzolkonzentration im Verlauf der Untersuchung zu beobachten, wobei davon auszugehen ist, dass ein unmittelbarer Zusammenhang der Benzolwerte mit der Inbetriebnahme des Ofens gegeben war. Bei drei Öfen (K3, K8 und K11) war der Anstieg als signifikant zu bewerten. Der in den Luftqualitätskriterien VOC angegebene Aktionswert von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde bei Objekt K11 in Phase 3 überschritten, was vermutlich auf Undichtigkeiten des Systems zurückzuführen ist. Der Zielwert von $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde in 8 Objekten überschritten – hierbei ist zu beachten, dass die Zielwerte als Jahresmittelwerte formuliert wurden und nicht direkt mit den ermittelten Werten verglichen werden können.

Der Verlauf der Benzolkonzentrationen wurde über den Prüfzeitraum hinaus nicht weiter untersucht. Es ist jedoch davon auszugehen, dass in Einzelfällen ein weiteres Ansteigen der Konzentration auch nach dem Schließen der Ofentüren wahrscheinlich ist. In Anbetracht der krebserzeugenden Wirkung von Benzol und der Tatsache, dass nach Ansicht der WHO die Konzentration an Benzol so stark wie möglich gesenkt werden sollte (WHO 2010), ist in den Fällen sich bildender erhöhter Konzentrationen Handlungsbedarf gegeben.

Folgende weitere Untersuchungen sollten durchgeführt werden, um das Problem der Benzolemissionen erfassen zu und mögliche Gegenmaßnahmen ergreifen zu können:

- Messung des Verlaufes der Benzolkonzentrationen über den gesamten Zeitraum des Ofenbetriebes bei „undichten“ Öfen
- Identifizierung der Austrittswege des Benzols aus den betreffenden Öfen
- Formulierung von Gegenmaßnahmen gegen zu hohe Benzolemissionen

9.1.3 Ergebnisbewertung der Formaldehyduntersuchung

Bei der Beurteilung der Formaldehydkonzentration ist zu beachten, dass die Emission von Formaldehyd aus Holzwerkstoffen bei steigender Raumtemperatur signifikant ansteigt (etwa 10% pro 1°C Raumtemperatur).

In den untersuchten Räumen lag die Raumlufkonzentration an Formaldehyd zum größten Teil in einem niedrigen Bereich, verglichen mit durchschnittlichen Innenraumkonzentrationen. In zwei Objekten (K3 und K10) wurde der Richtwert von 0,10 mg/m³ überschritten. Im Raum K3 wurde der Richtwert in Phase 3 und 4 überschritten. Im Raum K10 trat die Überschreitung schon vor dem Anheizen auf, sie ging bei Anheizen des Ofens zurück und kann demnach nicht mit dem Verbrennungsprozess in Zusammenhang stehen. Die Messwerte in den übrigen Räumen lagen unter dem Richtwert der österreichischen „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluf“ von 0,10 mg/m³, einer Grenzkonzentration, die zur Beurteilung von Kurzzeitmessungen heranzuziehen ist. Der „safe level“ des deutschen BfR von 0,1 ppm zur Vermeidung von Krebserkrankungen beim Menschen wurde bei allen Objekten eingehalten.

Bei zwei Öfen (K3 und K8) zeigte sich ab der Phase 2 ein deutlicher Anstieg der Formaldehydkonzentration. Dieser Anstieg im Lauf der Untersuchung ist möglicherweise auf den Verbrennungsprozess zurückzuführen, kann aber auch andere Gründe haben (Erwärmung von Holzwerkstoffen in Ofennähe bzw. im Raum, Eintrag aus anderen Räumen durch den erhöhten Luftwechsel).

Der Verlauf der Formaldehydkonzentration wurde über den Prüfzeitraum hinaus nicht weiter untersucht. Es ist jedoch möglich, dass in Einzelfällen ein weiteres Ansteigen der Konzentration auch nach dem Schließen der Ofentüren gegeben sein kann. In Anbetracht der schleimhautreizenden Wirkung von Formaldehyd wäre in derartigen Fällen Handlungsbedarf gegeben.

Folgende weitere Untersuchungen sollten durchgeführt werden, um das Problem der Formaldehydemissionen erfassen zu und mögliche Gegenmaßnahmen ergreifen zu können:

- Messung des Verlaufes der Formaldehydkonzentration über den gesamten Zeitraum des Ofenbetriebes bei Öfen mit ansteigenden Werten
- Falls die Werte weiter ansteigen sollten, gegebenenfalls Identifizierung der Austrittswege des Formaldehyds aus den betreffenden Öfen
- Gegebenenfalls Formulierung von Gegenmaßnahmen gegen zu hohe Formaldehydemissionen

9.1.4 Ergebnisbewertung der Feinstaubuntersuchung

Die Ergebnisse der Feinstaubuntersuchungen zeigen, dass die Fraktion PM_{2.5} (sehr kleine lungengängige Staubpartikel) in der Raumluf in drei Objekten den Luftgüteleitwert der WHO von 25 µg/m³ überschritt. In Bezug auf die etwas gröbere, jedoch ebenfalls zu einem Großteil lungengängige Fraktion PM₁₀ zeigen sich in sieben Objekten relativ höhere Werte. In drei Fällen war jedoch die Anfangskonzentration höher als die Konzentration in den folgenden Phasen.

Die weitestgehend vorhandene Abnahme der PM₁₀ Fraktion in der Raumluf im Zuge der Messtätigkeit lässt sich vermutlich auf den erhöhten Luftwechsel ab Einheizen des Ofens zurückführen, wodurch an Feinstaub-arme Außenluft in den Raum gelangt und die Konzentration gesenkt hat. Eventuell hatte auch das Hantieren mit den Messgeräten zu Beginn der Untersuchung und die damit verbundene Freisetzung von sedimentierten Feinstpartikeln vom Boden mit den anfänglich erhöhten Werten zu tun.

Generell konnte in den untersuchten Räumen beobachtet werden, dass mit der Aufnahme von Aktivität in den Räumen auch die Feinstaubkonzentration anstieg. Es zeigte sich bei der Analyse der Daten kein erkennbarer Zusammenhang der gemessenen Feinstaubkonzentration mit der Inbetriebnahme der Öfen. Lediglich in einem Objekt (K2) kam es in der Anheizphase und in der Phase 3 zu einem deutlichen Anstieg der Konzentration an PM_{2.5} und PM₁, in der Phase 4 ging die Konzentration wieder auf das ursprüngliche Niveau zurück. Eine Erklärung dafür konnte nicht gefunden werden – eventuell ist das Konvektionsgitter des Ofens die Ursache.

9.1.5 Ergebnisbewertung der Feinstpartikeluntersuchung

Die Konzentration an Feinstpartikeln war mit Ausnahme von drei Öfen, deren Werte über 10.000 ppm lagen, nicht auffällig und lag im Bereich der Partikelkonzentration vor Inbetriebnahme der Öfen. In einem Objekt (K8) lagen die Werte in einem stark erhöhten Bereich, was eventuell auf ein nicht dichtes Verbindungsstück vom Ofen zum Rauchfang und/oder verschwendende Staubablagerungen auf dem Verbindungsstück zurückgeführt werden kann.

9.1.6 Ergebnisbewertung der Untersuchung auf Kohlenmonoxid (CO)

Bei fünf der gemessenen Objekte (K1, K3, K8, K9, K11) konnte ein relevanter Anstieg der CO-Konzentration im Zuge der Untersuchung festgestellt werden, wobei in den Objekten K3, K8 und K11 Konzentrationen über 4 ppm festgestellt wurden. In keinem Objekt wurde der Innenraum-Richtwert der WHO (8-Stunden-Mittelwert) von 8 ppm überschritten, der allerdings nur bedingt für eine Bewertung herangezogen werden kann, da weniger als 8 Stunden gemessen wurde.

Die CO-Konzentration wird vermutlich wesentlich von der Dichtheit der Ofenkonstruktion beeinflusst. Es ist daher möglich, dass nach Absperren des Speicherofens die CO-Konzentration weiter ansteigt, was mit einer längerfristigen Messung erfasst werden könnte.

9.1.7 Ergebnisbewertung der CO₂-Untersuchung

Zur Bewertung der CO₂-Konzentration werden die Maximalwerte der jeweiligen Untersuchung herangezogen. Es ist zu berücksichtigen, dass die anthropogenen Emissionen der die Untersuchung durchführenden Person und der restlichen Personen im Haus einen gewissen Einfluss auf die sich einstellende Konzentration haben kann, da über interzonale Luftströmungen aus anderen Räumen CO₂ in den zu untersuchenden Raum einströmen konnte. Der MAK-Wert bzw. der Grenzwert der DIN 4734-1 (allerdings für Ethanolöfen formuliert) von 5000 ppm wurde in keinem Objekt überschritten.

Mit Ausnahme von zwei Fällen (K4, K9) haben die untersuchten Objekte keine raumlufttechnische Anlage, in diesen Fällen erfolgte die Verbrennungsluftzufuhr raumluftunabhängig. Ein relevanter Anstieg der CO₂-Konzentration im Verlauf der Untersuchung konnte bei keinem Objekt festgestellt werden.

9.2 Ethanolöfen

9.2.1 Allgemeines

Aufgrund der Messergebnisse ist davon auszugehen, dass die Größe des Ofens und damit die Masse des verwendeten Ethanols einen deutlichen Einfluss auf die Schadstoffkonzentration hatte. Die Art des Brennstoffes (Bioethanol flüssig, Bioethanol Gel) hatte dagegen keinen relevanten Einfluss auf die Messergebnisse.

9.2.2 Ergebnisbewertung der Benzoluntersuchung

In der Raumluft konnte bei beiden Ethanolöfen in allen Szenarien (Luftwechsel $0,10\text{ h}^{-1}$ und $0,75\text{ h}^{-1}$) eine deutliche Zunahme der Benzolkonzentration – ausgehend von relativ niedrigen Konzentrationen vor Inbetriebnahme der Öfen – im Verlauf der Untersuchung festgestellt werden. Ein relevanter Anstieg der Benzolkonzentration wurde auch in der Untersuchung von Schripp et al. (2014) festgestellt. Von den Autoren wurde dies auf den Verbrennungsprozess zurückgeführt, da Benzol eine bekannte, in der Literatur beschriebene Vorläufersubstanz von Russ darstellt (Esarte 2011).

Die sich in Phase 3 einstellende Konzentrationen lagen bei den Messungen mit dem Standofens (E1) deutlich höher als bei dem kleineren Tischofen (E2). Bei allen Messungen des Standofens (E1) überschritten die Konzentrationen in Phase 2 den Wert von $10\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ zum Teil beträchtlich, in Phase 1 den Wert von $2,5\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der kleinere Tischofen (E2) emittierte deutlich geringere Mengen an Benzol, die Benzolkonzentrationen der Raumluft lagen in Phase 2 über dem Wert von $2,5\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$. Es ist davon auszugehen, dass bei längerer Nutzungsdauer die Werte weiter ansteigen würden.

Aus den Untersuchungen kann allgemein abgeleitet werden, dass die Verwendung von Ethanolöfen zu einer deutlichen Erhöhung der Konzentration der für den Menschen krebserzeugenden Substanz Benzol in der Raumluft führt.

Folgende weitere Untersuchungen sollten durchgeführt werden, um das Problem der Benzolemissionen erfassen und mögliche Gegenmaßnahmen ergreifen zu können:

- Messung des Verlaufes der Benzolkonzentrationen in der Abklingphase nach Betrieb der Öfen bei unterschiedlichem Luftwechsel
- Messung des Verlaufes der Benzolkonzentrationen bei mehrmaligem Betreiben von Ethanolöfen
- Einfluss von Lüftungsphasen auf die sich einstellende Benzolkonzentration
- Erarbeitung von Maßnahmen zur Senkung der Benzolkonzentration bei Betrieb von Ethanolöfen

9.2.3 Ergebnisbewertung der Formaldehyduntersuchung

In der Raumluft konnte bei beiden Ethanolöfen in allen Szenarien (Luftwechsel $0,10\text{ h}^{-1}$ und $0,75\text{ h}^{-1}$) eine deutliche Zunahme der Formaldehydkonzentration – ausgehend von der Konzentration vor Inbetriebnahme der Öfen – im Verlauf der Untersuchung festgestellt werden. Ein relevanter Anstieg der Formaldehydkonzentration weit über den WHO-Richtwert und oberhalb

des deutschen Innenraumrichtwertes wurde auch in der Untersuchung von Schripp et al. (2014) festgestellt.

Die sich in Phase 3 einstellende Konzentrationen lagen bei den Messungen mit dem Standofens (E1) deutlich höher als bei dem kleineren Tischofen (E2). Bei allen Messungen des Standofens (E1) überschritten die Konzentrationen in Phase 2 den Richtwert der österreichischen „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft“ von $0,10 \text{ mg/m}^3$ zum Teil beträchtlich. Der Richtwert wurde bei fünf der sechs Untersuchungen bereits in der ersten Phase nach dem Zünden überschritten. In der zweiten Phase wurde der Richtwert bei allen Szenarien überschritten. Der „safe level“ des deutschen BfR von $0,1 \text{ ppm}$ (etwa $0,12 \text{ mg/m}^3$) zur Vermeidung von Krebserkrankungen beim Menschen wurde bei keinem der Szenarien eingehalten.

Die Messwerte des Tischofens (E2) lagen unter dem Richtwert der österreichischen „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft“ von $0,10 \text{ mg/m}^3$. Der „safe level“ des deutschen BfR von $0,1 \text{ ppm}$ zur Vermeidung von Krebserkrankungen beim Menschen wurde eingehalten.

Aus den Untersuchungen kann allgemein abgeleitet werden, dass die Verwendung von Ethanolöfen zu einer deutlichen Erhöhung der Formaldehydkonzentration in der Raumluft führt, wobei bei dem größeren Ofen Richtwerte für die Innenraumluft auch bei ausreichender Grundlüftung überschritten werden.

Folgende weitere Untersuchungen sollten durchgeführt werden, um das Problem der Formaldehydemissionen erfassen und mögliche Gegenmaßnahmen ergreifen zu können:

- Messung des Verlaufes der Formaldehydkonzentrationen in der Abklingphase nach Betrieb der Öfen bei unterschiedlichem Luftwechsel
- Messung des Verlaufes der Formaldehydkonzentrationen bei mehrmaligem Betreiben von Ethanolöfen
- Einfluss von Lüftungsphasen auf die sich einstellende Formaldehydkonzentration
- Erarbeitung von Maßnahmen zur Einhaltung der Innenraum-Richtwerte bei Betrieb von Ethanolöfen

9.2.4 Ergebnisbewertung der Feinstaubuntersuchung

Während des Betriebes der Ethanolöfen kam es bei keinem Ofen zu einer wesentlichen Zunahme der Feinstaubkonzentration, die Konzentration senkte sich in der Regel im Laufe der Untersuchungen. Die Konzentration an PM_{10} lag sowohl bei ausgeschalteter, als auch bei in Betrieb befindlicher raumluftechnischer Anlage unter $50 \mu\text{g/m}^3$. Die Fraktion $\text{PM}_{2.5}$ überschreitet im Falle des Standofens bei keiner Messung den Wert von $25 \mu\text{g/m}^3$. Im Falle des Tischofens lagen die Messwerte mit Ausnahme von zwei Messungen bereits vor Inbetriebnahme des Ofens über diesem Wert. Es kann demnach kein Zusammenhang zwischen der Feinstaubkonzentration und dem Betrieb der Ethanolöfen hergestellt werden.

9.2.5 Ergebnisbewertung der Feinstpartikeluntersuchung

Unmittelbar nach Inbetriebnahme des Ethanolofens E1 konnte in allen untersuchten Szenarien ein starker Anstieg an Feinstpartikeln festgestellt werden, die Konzentrationen blieben während des Betriebes in etwa auf dem gleichen Niveau. Der Anstieg der Konzentrationen zeigt in allen Fällen einen direkten Zusammenhang der Feinstpartikelbelastung mit dem Betrieb der Ethanolöfen. Wensing (2013) berichtete, dass die Größe der emittierten Feinstpartikel im Bereich unter 100 nm mit einem Maximum bei etwa 10 nm lag.

Folgende weitere Untersuchungen sollten durchgeführt werden, um das Problem der Feinstpartikelemissionen erfassen und mögliche Gegenmaßnahmen ergreifen zu können:

- Messung des Verlaufes der Feinstpartikelkonzentrationen in der Abklingphase nach Betrieb der Öfen bei unterschiedlichem Luftwechsel
- Messung des Verlaufes der Feinstpartikelkonzentrationen bei mehrmaligem Betreiben von Ethanolöfen
- Einfluss von Lüftungsphasen auf die sich einstellende Feinstpartikelkonzentration
- Erarbeitung von Maßnahmen zur Senkung der Feinstpartikelkonzentration bei Betrieb von Ethanolöfen

9.2.6 Ergebnisbewertung der Untersuchung auf Kohlenmonoxid (CO)

In der Raumluft konnte bei beiden Ethanolöfen in allen Szenarien (Luftwechsel $0,10 \text{ h}^{-1}$ und $0,75 \text{ h}^{-1}$) eine deutliche Zunahme der Konzentration an CO – ausgehend von der Konzentration vor Inbetriebnahme der Öfen – im Verlauf der Untersuchung festgestellt werden. Die sich in Phase 3 einstellende Konzentrationen lagen bei den Messungen mit dem Standofen (E1) deutlich höher als bei dem kleineren Tischofen (E2). Bei den Messungen mit dem Standofen (E1) wurden in Phase 2 Konzentrationen zwischen 5 und 11 ppm festgestellt, beim Tischofen (E2) lagen die Konzentrationen in dieser Phase bei Werten unter 4 ppm. Bei einer Messung wurde der Innenraum-Richtwert der WHO (8-Stunden-Mittelwert) von 8 ppm überschritten, der allerdings nur bedingt für eine Bewertung herangezogen werden kann, da weniger als 8 Stunden gemessen wurde.

Der in der DIN 4734-1: Dekorative Feuerstellen für flüssige Brennstoffe angeführte Maximalwert von 30 ppm wurde bei keinem Ofen bzw. Szenario erreicht.

Der Anstieg der Konzentrationen zeigte in allen Fällen einen direkten Zusammenhang zwischen CO-Konzentration mit dem Betrieb der Ethanolöfen.

Folgende weitere Untersuchungen sollten durchgeführt werden, um die CO-Emission besser erfassen zu können:

- Messung des Verlaufes der CO-Konzentration bei mehrmaligem Betreiben von Ethanolöfen

9.2.7 Ergebnisbewertung der CO₂-Untersuchung

Zur Bewertung der CO₂-Konzentration werden die Maximalwerte der jeweiligen Untersuchung herangezogen. Es ist zu berücksichtigen, dass bei den Messungen mit geringem Luftwechsel (0,10 h⁻¹) die anthropogenen Emissionen der die Untersuchung durchführenden Person einen gewissen Einfluss auf die sich einstellende Konzentration vor allem am Beginn der Untersuchung haben kann. Bei den Messungen mit höherem Luftwechsel (0,75 h⁻¹) ist dieser Effekt praktisch auszuschließen.

Bei allen Messungen des Ethanolofens E1 wurde der MAK-Wert sowie der in der DIN 4734-1 angeführte Maximalwert von 5000 ppm in Phase 2 überschritten. Bei den Messungen des Ethanolofens E2 wurde dieser Wert bei allen Messungen unterschritten. Die CO₂-Konzentrationen stiegen sowohl bei Ofen E1 als auch bei Ofen E2 innerhalb des Beobachtungszeitraumes an. Dies ist sowohl ein Hinweis dafür, dass die CO₂-Konzentration unmittelbar mit der Inbetriebnahme und Nutzung des Ethanolofens in Zusammenhang steht. Die Ergebnisse zeigen, dass trotz laufender raumluftechnischer Anlage und für eine übliche Personenanzahl ausreichendem Luftwechsel die für eine Aufrechterhaltung hygienischer Bedingungen notwendige Frischluftmenge nicht zugeführt wurde.

Folgende weitere Untersuchungen sollten durchgeführt werden, um das Problem der CO₂-Emissionen erfassen und mögliche Gegenmaßnahmen ergreifen zu können:

- Messung des Verlaufes der CO₂-Konzentration in der Abklingphase nach Betrieb der Öfen bei unterschiedlichem Luftwechsel
- Messung des Verlaufes der CO₂-Konzentration bei mehrmaligem Betreiben von Ethanolöfen
- Einfluss von Lüftungsphasen auf die sich einstellende CO₂-Konzentration
- Erarbeitung von Maßnahmen zur Senkung der CO₂-Konzentration bei Betrieb von Ethanolöfen

10 Zusammenfassung und weitere Beurteilungen

10.1 Speicheröfen

Bei der Mehrzahl der Speicheröfen wurden unauffällige Schadstoffkonzentrationen nach Inbetriebsetzung festgestellt. Die Untersuchungen der Speicheröfen wurden über einen Zeitraum von ca. drei Stunden durchgeführt. Die Brenndauer von Speicheröfen beträgt abhängig von Bauart und Brennmaterial 1 bis 2 Stunden, die Nennheizzeit (Dauer der Wärmeabgabe) 8 bis 24 Stunden. Aus diesem Grund kann über die Schadstoffkonzentrationen nach diesem Zeitraum keine Aussage gemacht werden, es sind im Einzelfall auch höhere als die gemessenen Schadstoffkonzentration möglich.

Bei 4 der untersuchten 11 Öfen konnte ein deutlicher Anstieg der Kohlenmonoxidkonzentrationen nach Einheizen beobachtet werden. Die Vorgehensweise bei der Inbetriebnahme eines Speicherofens, die bestehenden Druckverhältnisse im Raum sowie die Dichtheit des geschlossenen Verbrennungsraums und Abgassystems während des Verbrennungsvorganges haben dabei vermutlich großen Einfluss auf die Menge des in den Innenraum freigesetzten Kohlenstoffmonoxids (CO).

Bei drei Öfen war ein signifikanter Anstieg der Benzolkonzentration zu beobachten. Dieser Anstieg zeigte sich bei denselben Öfen, die auch CO emittierten, es ist daher wahrscheinlich, dass die Emission von Benzol ebenfalls aus dem Verbrennungsraum bzw. dem Abgassystem stammte. Hier spielt vermutlich die Dichtigkeit der Öfen eine entscheidende Rolle.

In einem Objekt lag die Feinststaubkonzentration in einem stark erhöhten Bereich, was eventuell auf ein undichtes Ofenrohr und/oder verschwelende Staubablagerungen auf dem Verbindungsstück zurückgeführt werden kann. Bei allen anderen Öfen war kein oder kein relevanter Anstieg der Feinststaubkonzentration während des Betriebes gegeben.

Die Feinstaub-, Formaldehyd- und CO₂-Konzentration in der Raumluft stieg bei den geprüften Speicheröfen während des Untersuchungszeitraumes nicht nennenswert an, in manchen Fällen kam es bedingt durch den hohen Luftwechsel während der Brennphase sogar zu einer Senkung der Konzentration.

Zusammenfassend wird angemerkt, dass mit zunehmendem Alter eines Ofens Undichtheiten in der Ofenkonstruktion auftreten können, was vermutlich zu erhöhten CO- und Benzolkonzentrationen, eventuell auch zu hohen Feinststaubkonzentrationen in der Raumluft führen kann. Bei neueren, zum Teil mit externer Verbrennungsluftzufuhr ausgestatteten Öfen und geschlossener Betriebsweise sind dagegen keine erhöhten Werte zu erwarten.

10.2 Ethanolöfen

Laut Herstellerangaben soll der für den Einsatz in Ethanolöfen angebotene („reiner biologischer“) Alkohol (Ethanol) geruchsneutral und nahezu rückstands-, ruß- und rauchfrei zu Wasserdampf und Kohlendioxid verbrennen, ein größerer Hersteller spricht bspw. von „nahezu rückstandsfreier Verbrennung“ (Beefire 2015). Gel wird dabei als schadstoffreicher als flüssiges Ethanol dargestellt.

Wie die Untersuchungen gezeigt haben, entstehen sowohl bei Gel als auch flüssigem Alkohol als Brennstoff zusätzlich in erheblichem Ausmaß andere Verbrennungsprodukte, die in den jeweiligen Produktnormen (DIN 4734-1, ÖNORM EN 16647) nicht berücksichtigt werden. Zu den Verbrennungsprodukten gehören neben Kohlenstoffdioxid auch Kohlenmonoxid, ultrafeine Partikel sowie die krebserzeugenden Substanzen Benzol und Formaldehyd. Aufgrund des Fehlens eines Abzugrohres und eines Ableitens der Verbrennungsrückstände werden diese bei der Verbrennung gebildeten Substanzen vollständig in die Raumluft abgeben.

Die durchgeführten Untersuchungen zeigten, dass die Verwendung von Ethanolöfen zu deutlich erhöhten Benzol-, Formaldehyd-, Feinstpartikel-, CO- und CO₂-Konzentrationen in der Raumluft führt. Es wurden bei Betrieb des Standofens (E1) Richtwerte für gesundheitsschädliche Wirkungen sowohl bei dem Szenario mit geschlossenem Fenster ohne raumluftechnischer Anlage als auch bei dem Szenario mit einem hohen Luftwechsel von 0,75 h⁻¹ maßgeblich überschritten. Der Tischofen (E2) emittierte deutlich weniger Schadstoffe als der Standofen (E1) – es ist daher davon auszugehen, dass die Größe des Ofens und damit die Menge des pro Zeiteinheit verbrennenden Ethanols signifikanten Einfluss auf die Schadstoffkonzentration hat. Die Art des Brennstoffes (Bioethanol flüssig, Bioethanol Gel) hatte dagegen keinen relevanten Einfluss auf die Schadstoffkonzentrationen. Wie der Verbrennungsprozess abläuft, hängt vermutlich auch von Brennstoffqualität, -verbrauch und Verbrennungstemperatur ab, es ist jedoch auszuschließen, dass bei Verwendung bestimmter "ausgewählter" oder "hochreiner" Brennstoffe die Emission derartiger Verbrennungsprodukte vermieden wird, wie dies von den Herstellern der Öfen behauptet wird.

Es ist zu davon auszugehen, dass die Konzentrationen der Verbrennungsprodukte nach Erlöschen der Flamme im Ofen bei Vorhandensein einer raumluftechnischen Anlage zwar kontinuierlich stärker abnehmen als ohne Anlage, zum Zeitpunkt des direkten Ofenbetriebes jedoch etwa dieselbe Größenordnung aufweisen, da sich in der Anstiegsphase der Luftwechsel nur geringfügig auf die Konzentration auswirkt. Dies ist damit zu begründen, dass raumluftechnische Anlagen grundsätzlich nicht dafür ausgelegt sind, derartig starke Emissionen in kurzer Zeit abzulüften. Bei erhöhtem Luftwechsel ist mit einer schnelleren, bei geringem Luftwechsel ist nach Betrieb der Öfen mit einer langsameren Abnahme der Konzentration zu rechnen – diese Zeiträume wurden jedoch in gegenständlicher Studie nicht untersucht.

Obwohl Ethanolöfen ausdrücklich nicht zur Beheizung dienen, werden sie aufgrund des geringen Wärmebedarfs in den zunehmen dicht ausgeführten Gebäuden mitunter als potentielle Wärmequelle und Übergangsheizung für Wohngebäude mit raumluftechnischer Anlage angesehen. Wie die Untersuchung zeigt, ist der Betrieb einer üblichen Wohnraumlüftungsanlage jedoch bei weitem nicht ausreichend, um die durch die Verbrennung entstehenden Schadstoffe kurzfristig in ausreichendem Maß abzuführen.

Abgesehen von der durch den Betrieb von Ethanolöfen beeinträchtigen Raumluftqualität gehen auch von der Lagerung des Brennstoffes sowie der Handhabung von Brennstoff und Öfen Risiken aus, wie auch in dem Beschluss der EU-Kommission angeführt wird (2015). Ethanol ist eine leicht flüchtige Substanz und sollte nicht in großen Mengen, immer gut verschlossen und an für Kinder nicht zugänglichen Orten aufbewahrt werden. Das Nachfüllen von Brennstoff darf nur bei erloschener Flamme und ausgekühltem Ofen stattfinden. Bezüglich Aufstellungsort und Schutz brennbarer Gegenstände sind die Vorgaben der Feuerpolizeiverordnung zu beachten.

Die oft verwendete Angabe „Bio-Ethanol“ ist für viele Konsumenten irreführend, da die Bezeichnung „Bio“ lediglich als Abgrenzung von synthetischem Ethanol aus fossilen Rohstoffen herangezogen wird. „Bio-Ethanol“ ist in den seltensten Fällen biologisch – es wird durch Gärung und Destillation aus Biomasse hergestellt. Die dafür benötigten zucker- oder stärkehaltigen Feldfrüchte (Mais, Getreide, Kartoffel, Zuckerrohr) werden weltweit in relevanten Mengen auch durch Brandrodung und unkontrollierten Raubbau gewonnenen.

Ethanolöfen können aufgrund ihres begrenzten Brennstoff-Fassungsvermögens und der Tatsache, dass eine Brennstoffnachfüllung aus Sicherheitsgründen erst wieder nach einer vom Hersteller angegebenen Abkühlphase des Ofens möglich ist – bestimmungsgemäße Verwendung vorausgesetzt – nicht kontinuierlich betrieben werden. Dennoch reicht die Abkühlphase mit großer Wahrscheinlichkeit nicht aus, dass die Schadstoffe aus der ersten Brennphase vollständig abgelüftet werden. Nachdem die Nutzungsdauer nicht eingeschränkt ist, können die gewonnenen Werte im Zuge der Studie keinesfalls als Maximalwerte gesehen werden.

10.3 Erforderliche Maßnahmen

Bei **Kaminöfen** empfiehlt sich nach einigen Jahren Betrieb eine Überprüfung der CO-Raumluftkonzentration einige Stunden nach dem Einheizen. Diese Messung ist wesentlich einfacher als Benzoluntersuchungen, es können damit allfällig vorhandene Undichtigkeiten der Öfen ermittelt und gegebenenfalls Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Bei **Ethanolöfen** ist unmittelbarer Handlungsbedarf gegeben, da Schadstoffricht- und -referenzwerte für Substanzen wie der krebserzeugendes Formaldehyd und die in Vergaserkraftstoff enthaltene Substanz Benzol zum Teil deutlich überschritten werden. Warum diese wichtigen Schadstoffe in den entsprechenden Normen nicht angeführt werden, obwohl sie auch im Beschluss der EU-Kommission 215/547 über Sicherheitsanforderungen, denen europäische Normen für alkoholbetriebene abzuglose Feuerstellen unterliegen müssen, angeführt sind, bleibt unklar. Derzeit wird dem Käufer eines "normgerechten" Ethanolofen suggeriert, dass der Betrieb gesundheitlich unbedenklich wäre, was jedoch – wie die vorliegende Untersuchung zeigt – vor allem bei größeren Öfen nicht der Fall ist. Vor allem ist laut WHO jede zusätzliche Exposition gegenüber krebserzeugenden Stoffen wie Benzol dringend zu vermeiden. In notwendigen Überarbeitungen der bestehenden Regelwerke sollten – wie schon für CO₂ und CO erfolgt – realistische Grenzwerte für diese Stoffe eingeführt werden.

Aus Gründen des Gesundheitsschutzes sollten größere Ethanolöfen nur in entsprechend großen Räumen und nur bei dauernd geöffneten Fenstern betrieben werden, ein Lüften nach dem Betrieb ist bei größeren Öfen nicht ausreichend, um gesundheitsschädigende Konzentrationen zu vermeiden. Da ein Betrieb bei dauernd geöffneten Fenstern in den Wintermonaten unrealistisch erscheint und da in den Produktinformationen der derzeitigen Anbieter nicht hinreichend auf die gesundheitliche Problematik hingewiesen wird, wäre es notwendig, aus Gründen des Konsumentenschutzes Ethanolöfen ohne Abzug vollständig aus dem Verkehr zu ziehen. Erst wenn mittels Prüfraumuntersuchungen der Produkte nachgewiesen wird, dass gesundheitliche Obergrenzen der im Beschluss der EU-Kommission 215/547 genannten Schadstoffe bei Standardbetrieb nicht überschritten werden, kann das Produkt zum Vertrieb zugelassen werden.

Ein Entsprechung eines Produktes nach der DIN 4734-1 ist jedenfalls zum Nachweis der Unbedenklichkeit nicht geeignet, da in diesem Regelwerk die Prüfung gerade der bedenklichsten krebserzeugenden Substanzen nicht erwähnt werden.

In Bezug auf die beiden bei allen bisherigen Studien (Schripp et al. 2013) die dominierende Rolle einnehmenden krebserzeugenden Substanzen Benzol und Formaldehyd kann die aus Gründen des Konsumentenschutzes erforderliche Vorgangsweise skizziert werden:

Benzol

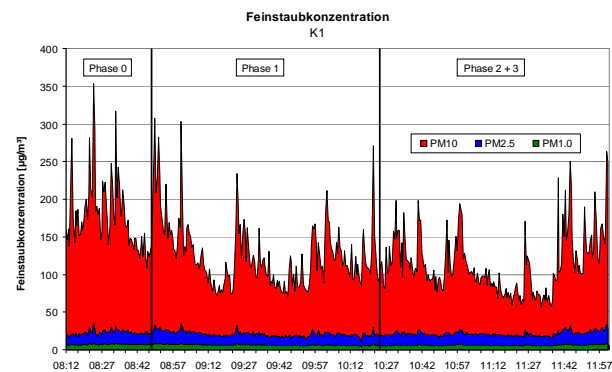
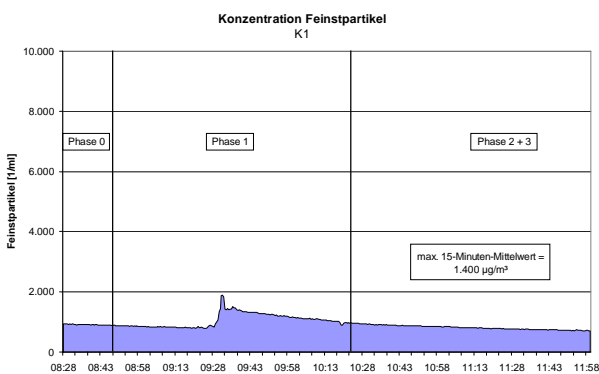
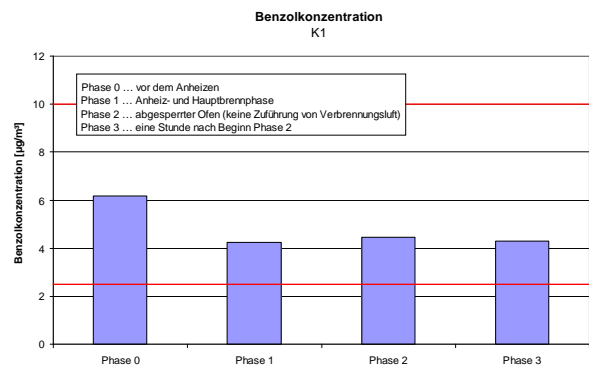
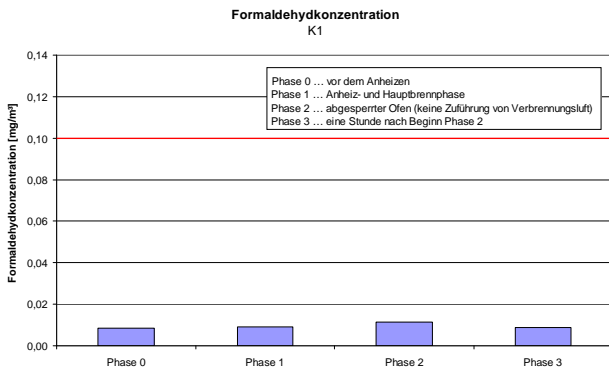
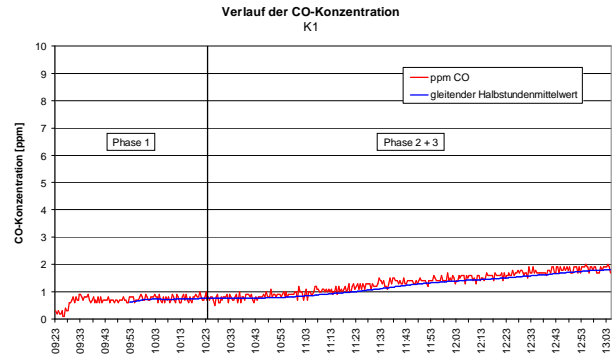
Für die krebserzeugende Einzelsubstanz Benzol aus der Gruppe der VOC, für die es keine unbedenkliche Konzentration sowie es ein strenges Minimierungsgebot gibt (WHO 2010), wäre nachzuweisen, dass diese Substanz nicht in relevanter Menge in Innenräume emittiert wird, wie dies von den Herstellern von Öfen bzw. von Brennstoffen für Ethanolöfen in den Produktinformationen behauptet wird. Minimale Werte bewegen sich bei Konzentrationen deutlich unter $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei Prüfraumuntersuchungen, dies entspricht dem Aktionswert (WIK) der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (1997).

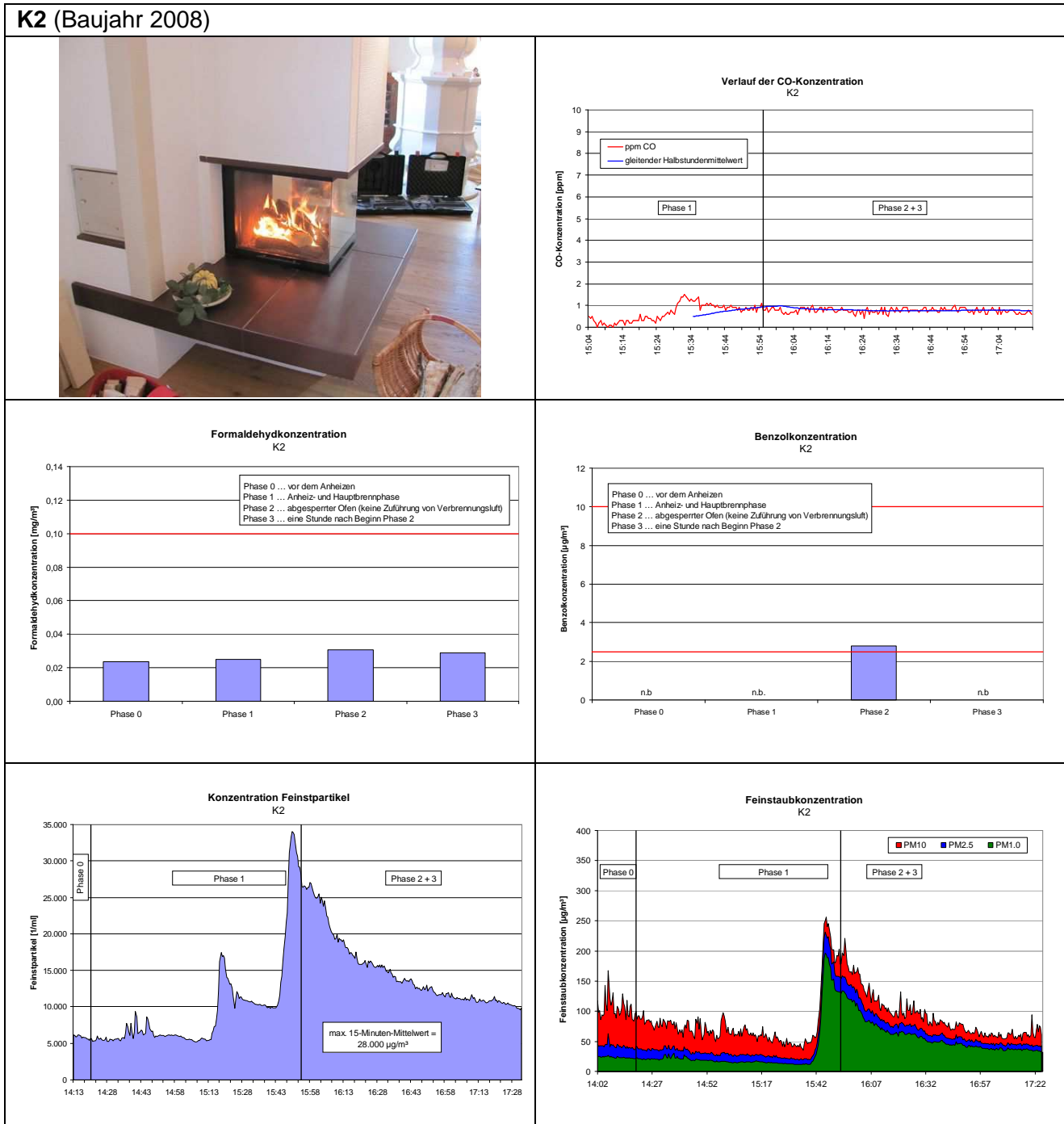
Formaldehyd

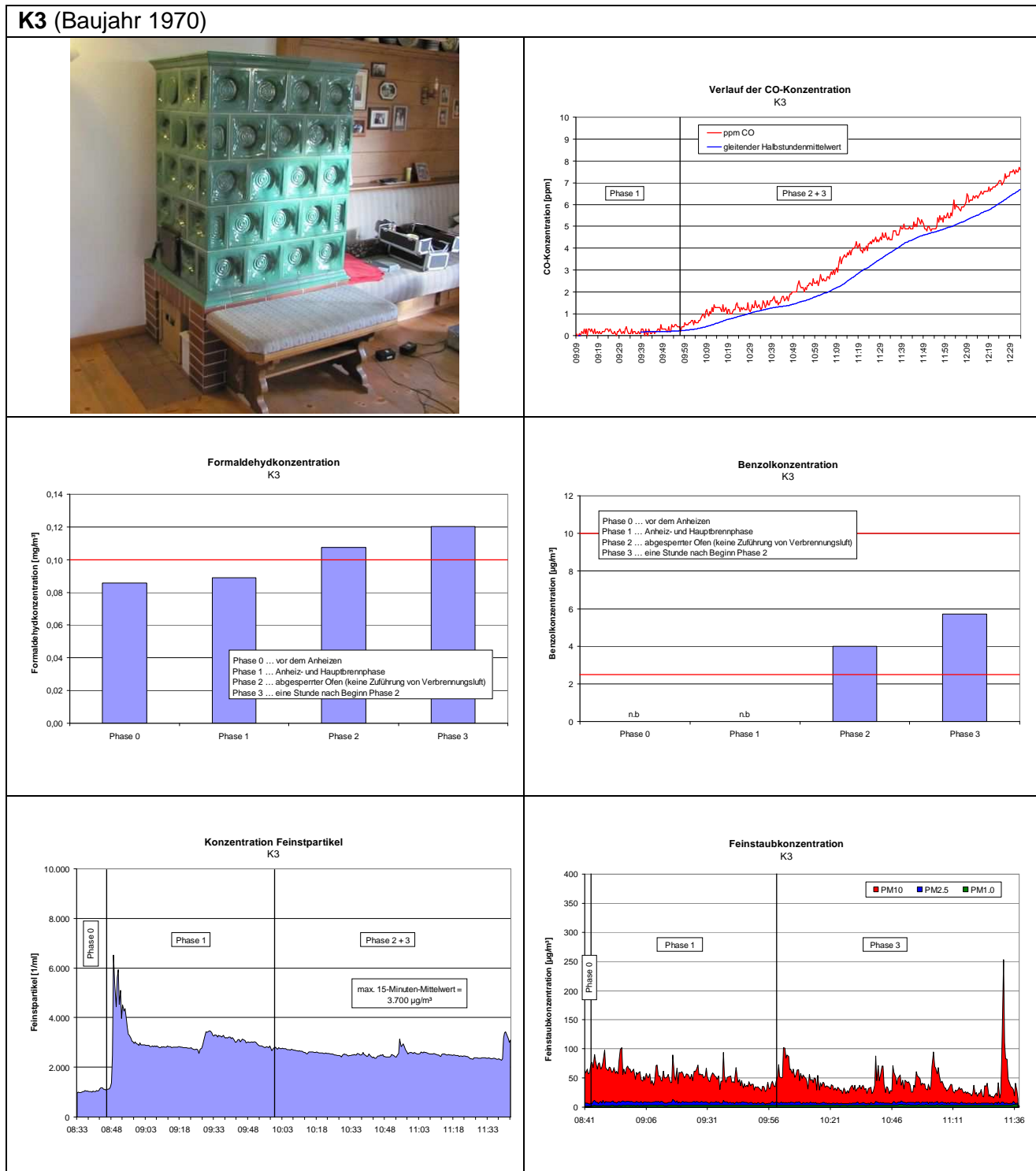
Für die Einzelsubstanz Formaldehyd aus der Gruppe der Aldehyde gibt es in der Regel weitere relevante Quellen in Innenräumen wie bspw. Spanplatten, Holzwerkstoffe oder Tabakrauch sowie zahlreiche andere geringfügige Quellen. In den Produktinformationen der Hersteller von Öfen bzw. von Brennstoffen für Ethanolöfen wird behauptet, dass diese Substanz nicht in relevanten Mengen emittiert wird. Da davon auszugehen ist, dass bei Verbrennungsvorgängen immer eine bestimmte Menge Formaldehyd entsteht, gilt es nachzuweisen, dass beim Betrieb von Ethanolöfen in Innenräumen der österreichische wirkungsbezogene Innenraumrichtwert (WIR) der Österreichischen Akademie der Wissenschaften/BMLFUW von $0,10 \text{ mg}/\text{m}^3$ nicht überschritten wird (BMLFUW 2009), wobei dem Ofen ein Anteil von maximal 50% zugewiesen werden sollte. Hier erscheint daher eine maximale Grenze von etwa $0,05 \text{ mg}/\text{m}^3$ Formaldehyd, die bei Standardbetrieb bei Prüfraumuntersuchungen nicht überschritten werden darf, angemessen.

11 Ergebniszusammenfassung der Untersuchungen

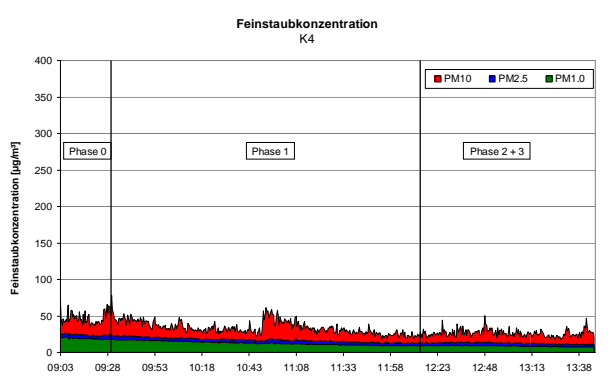
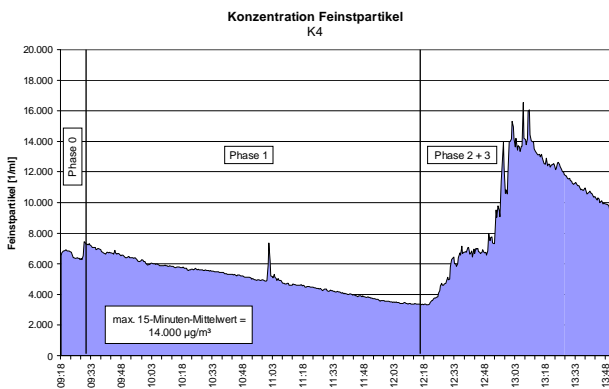
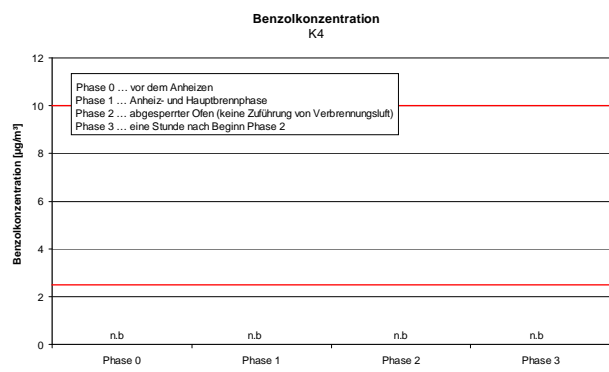
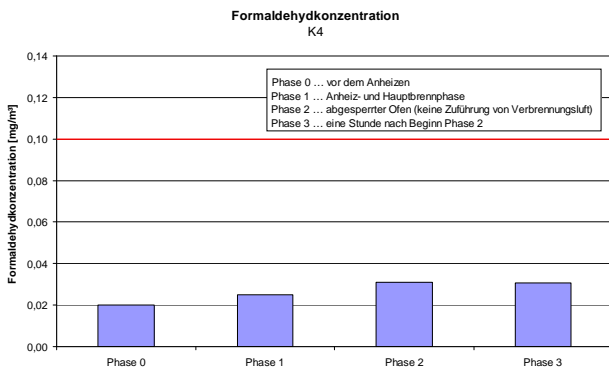
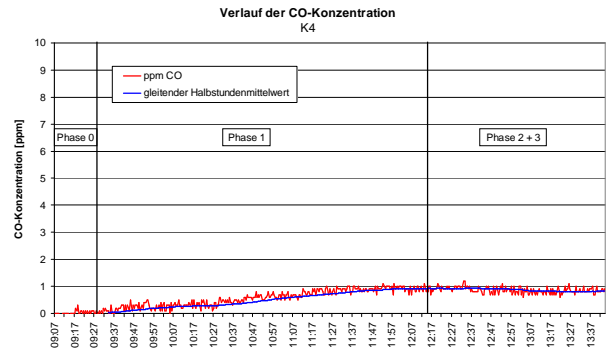
K1 (Baujahr 1990)



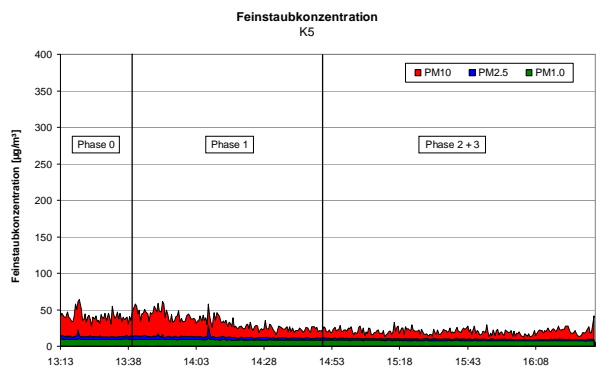
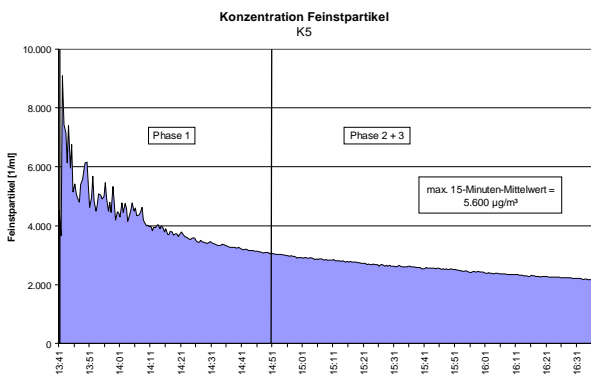
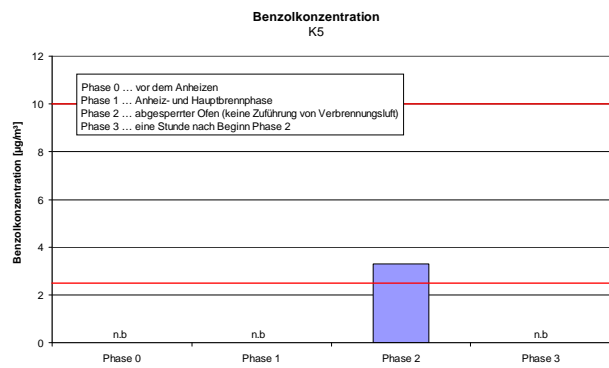
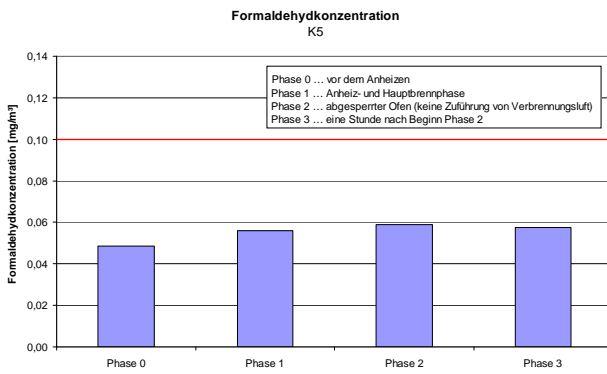
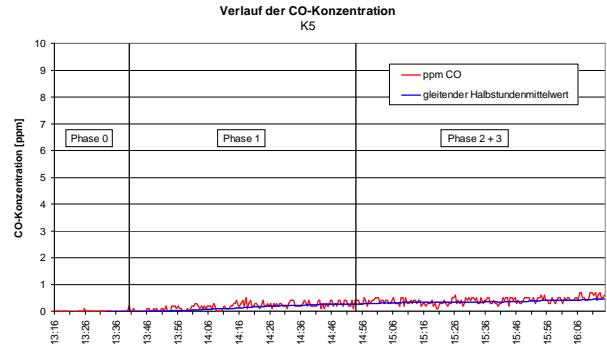




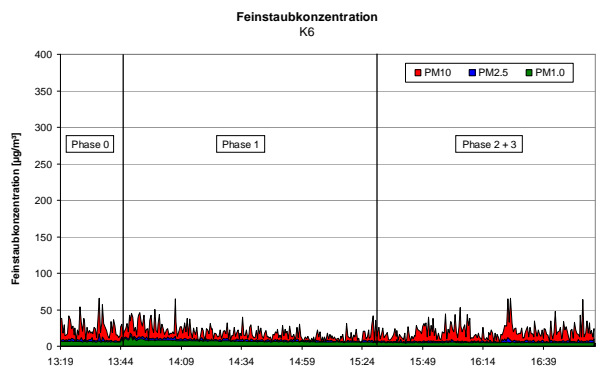
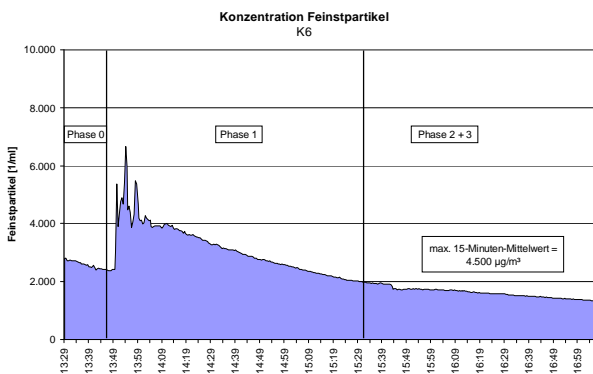
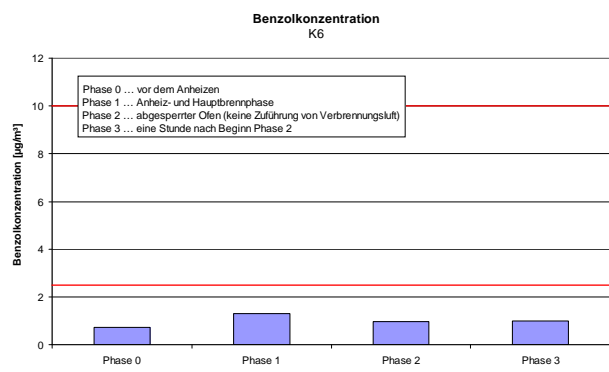
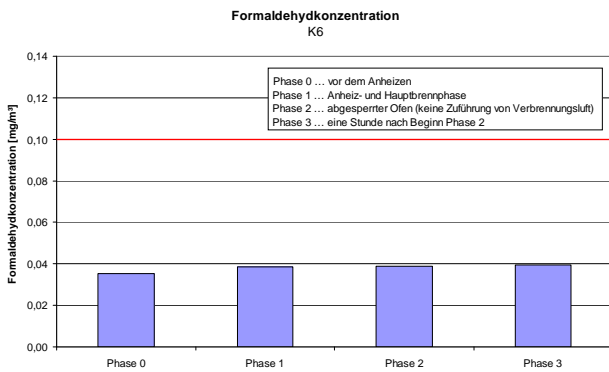
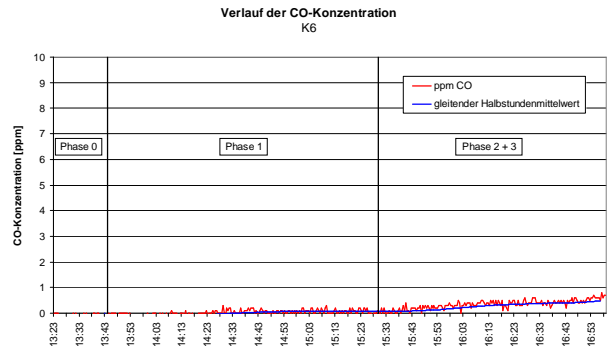
K4 (Baujahr 2014)



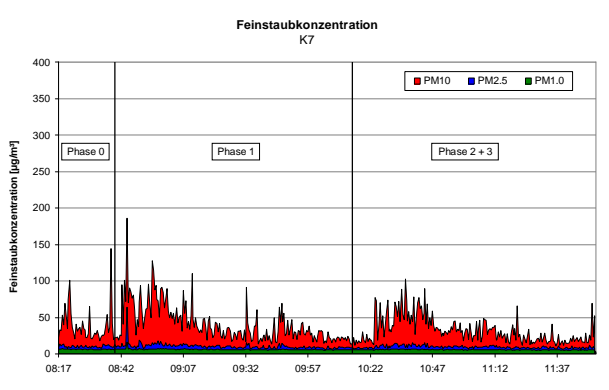
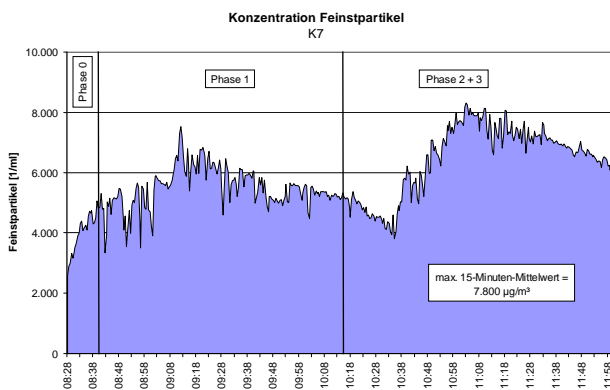
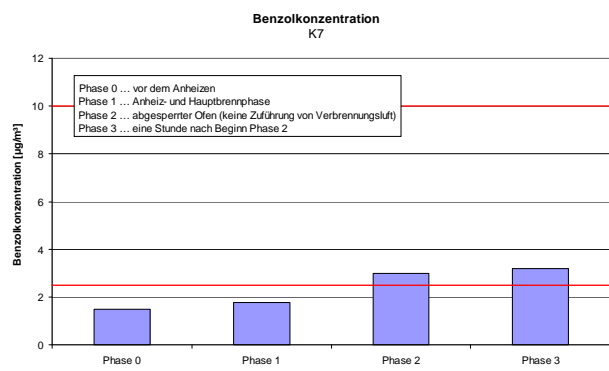
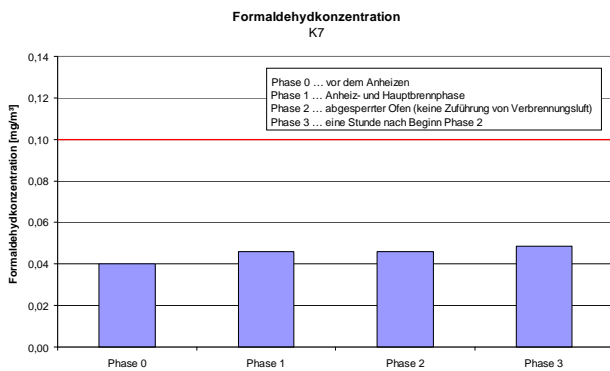
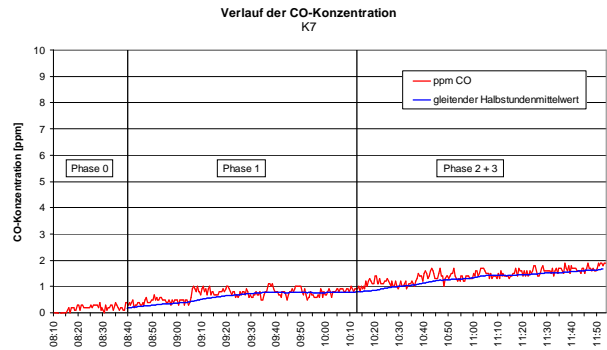
K5 (Baujahr 2000)



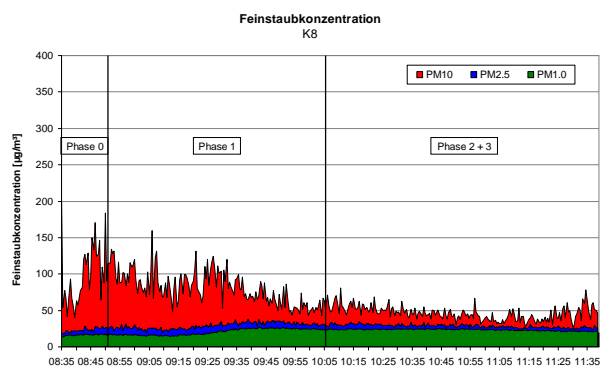
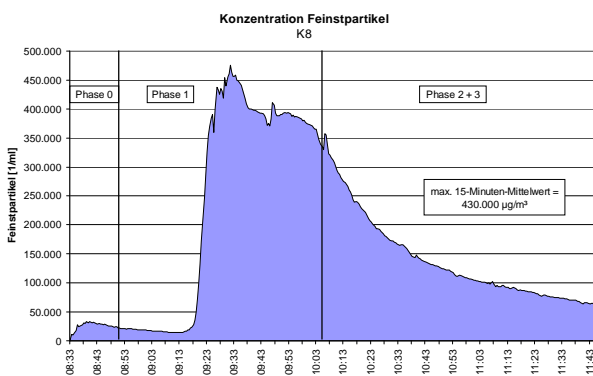
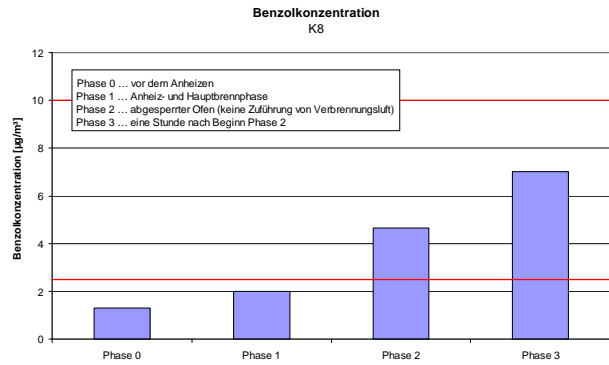
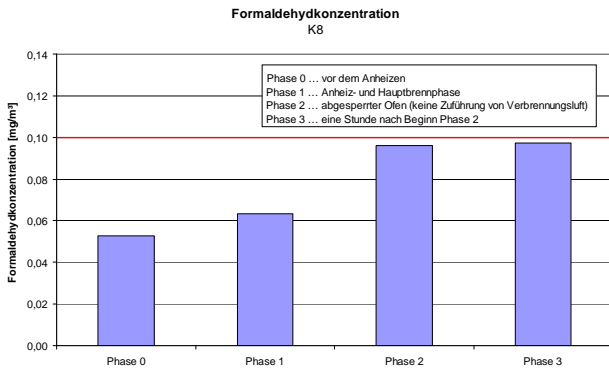
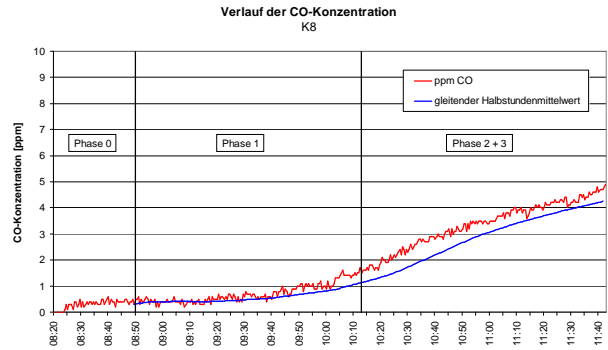
K6 (Baujahr 2000)

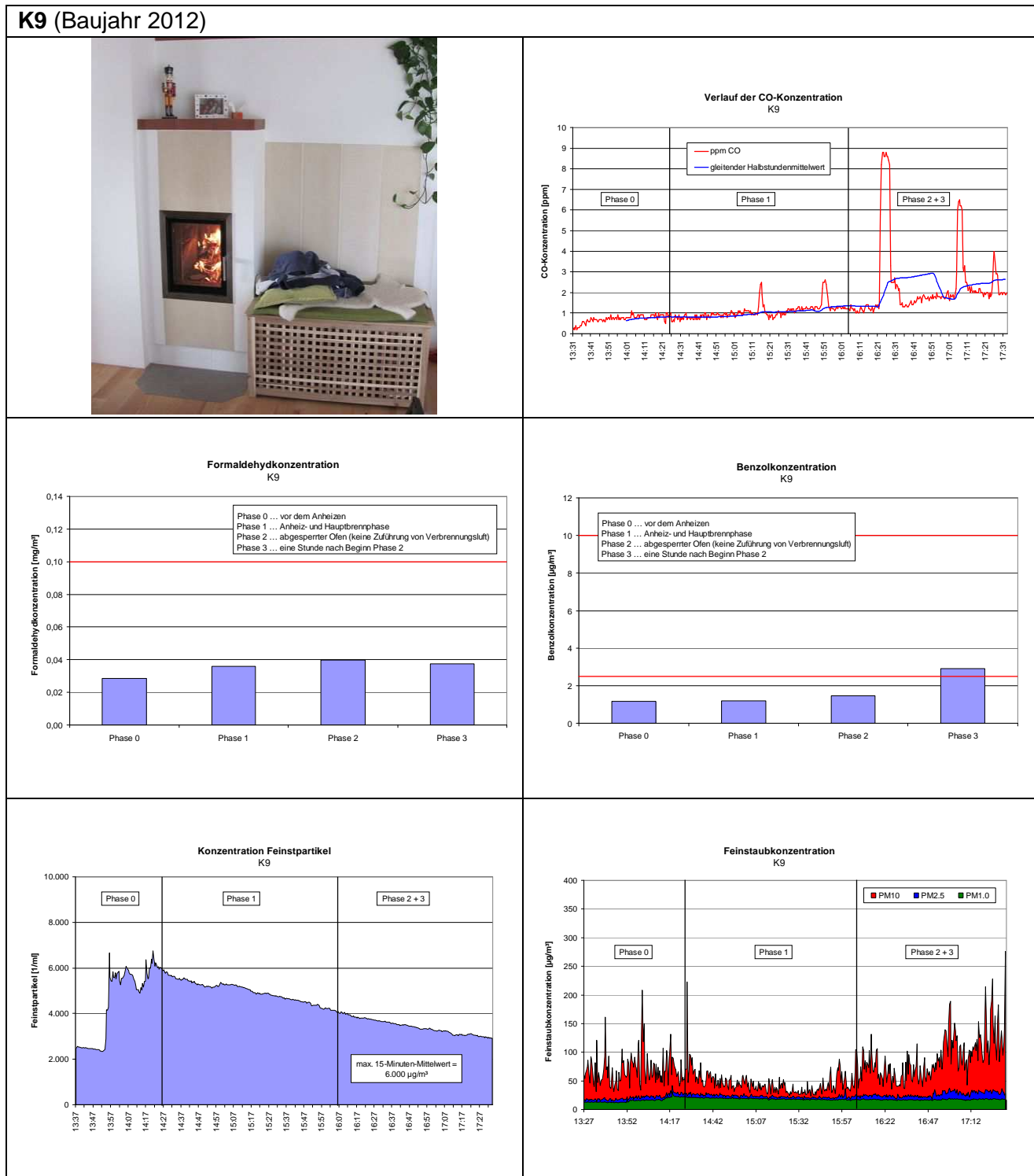


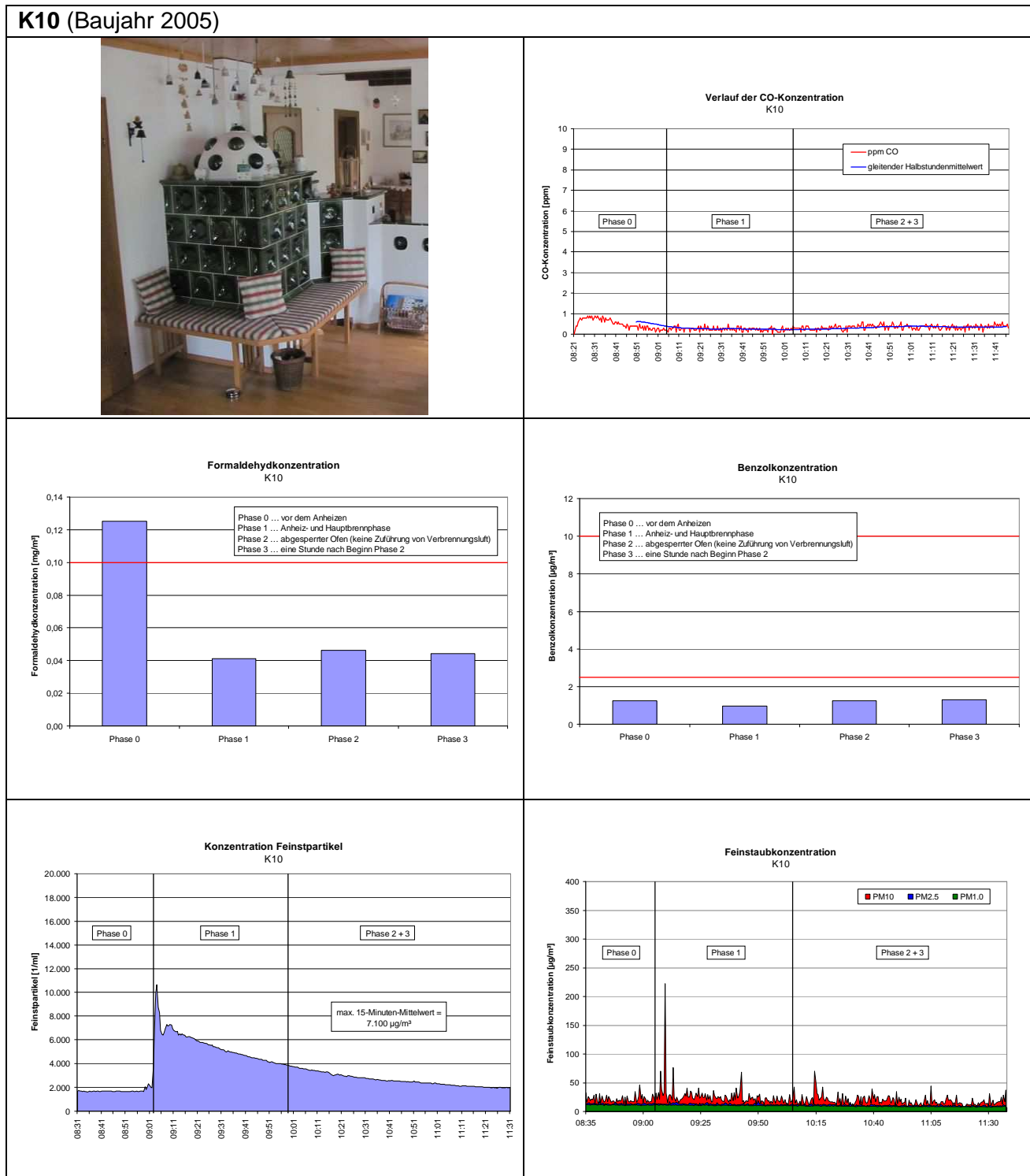
K7 (Baujahr 1993)



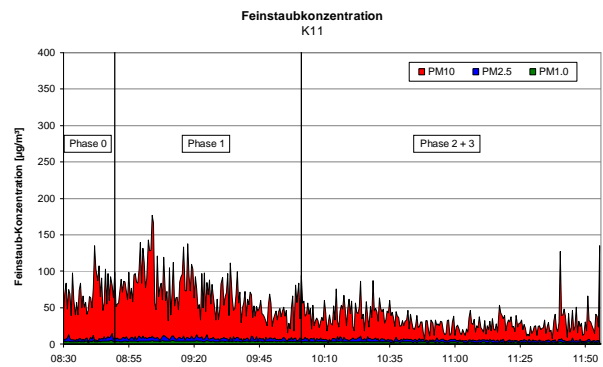
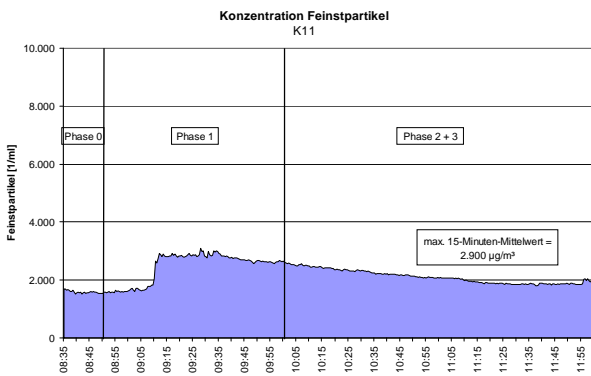
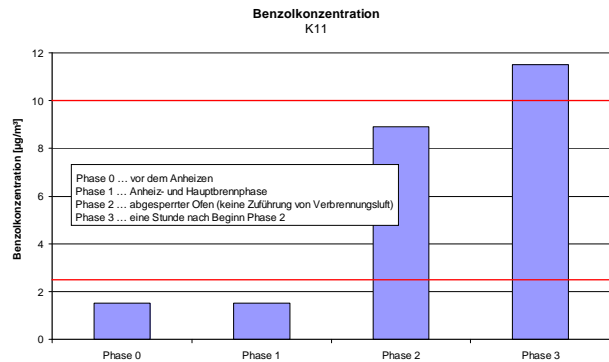
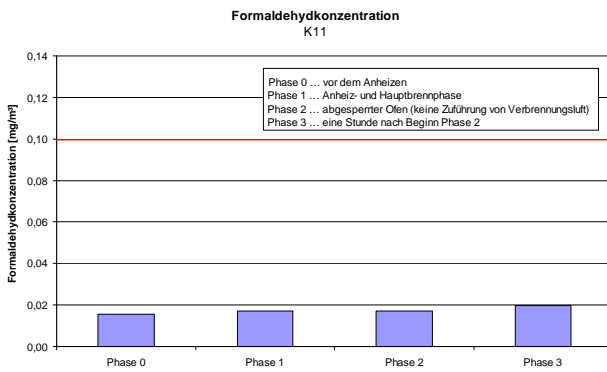
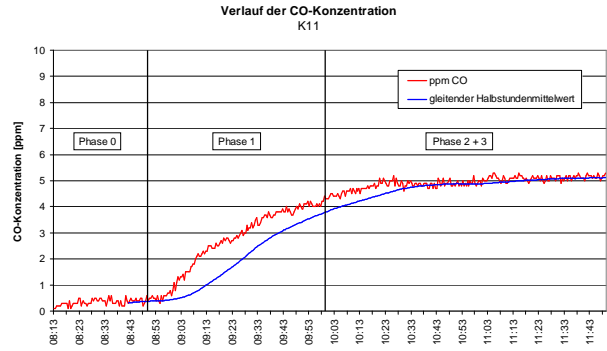
K8 (Baujahr 2013)



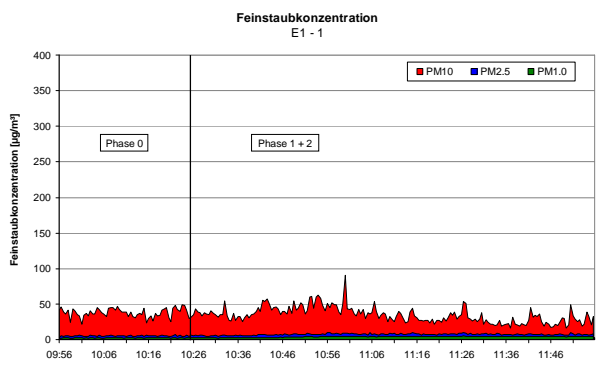
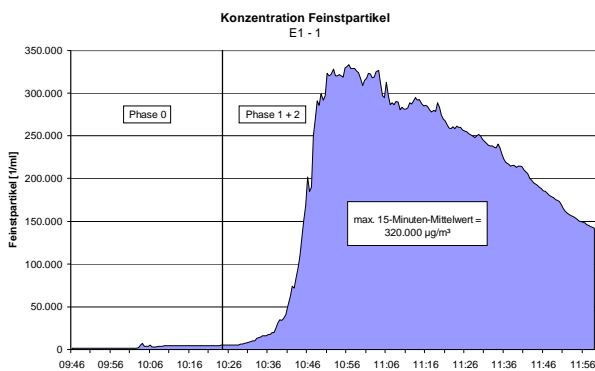
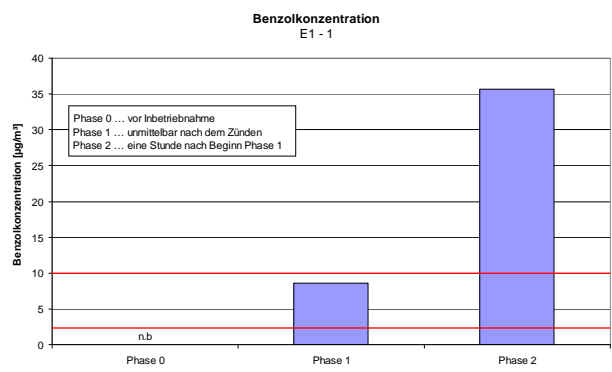
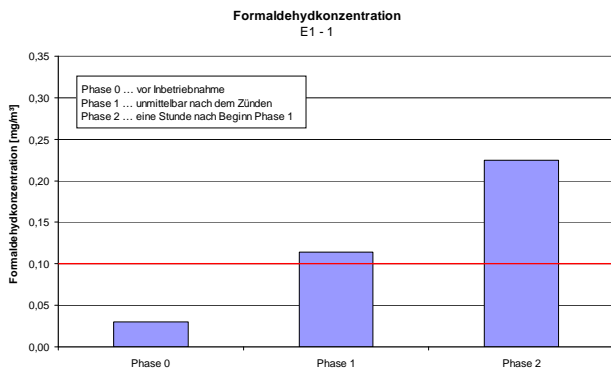
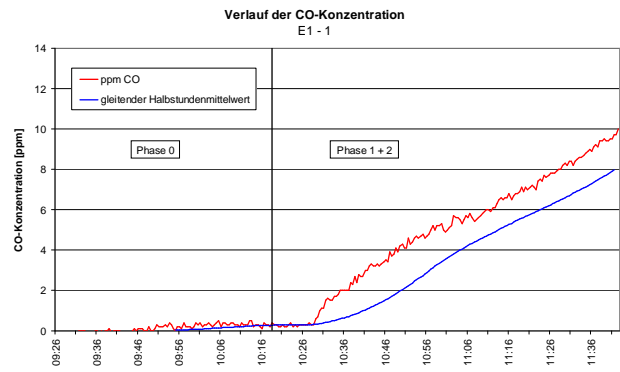




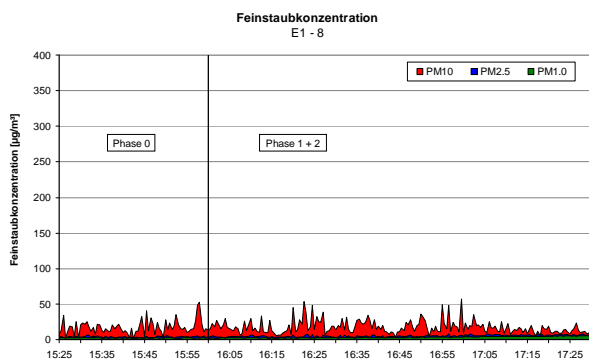
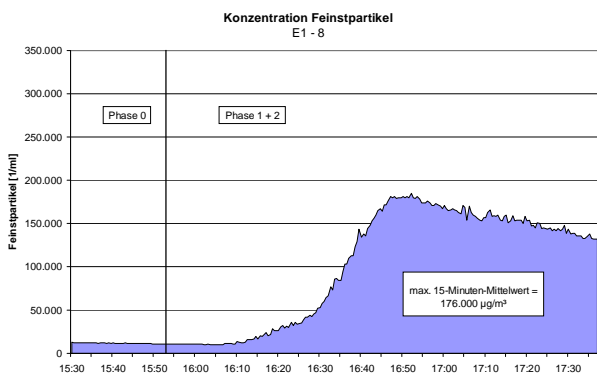
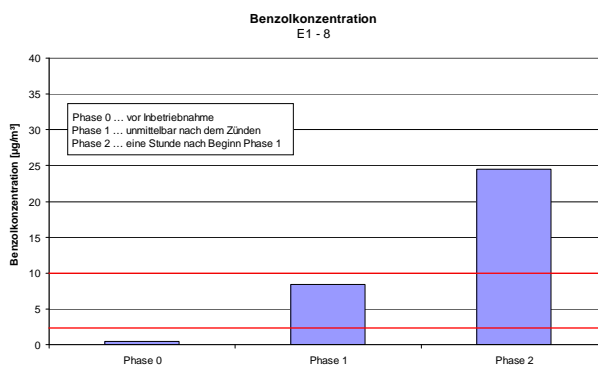
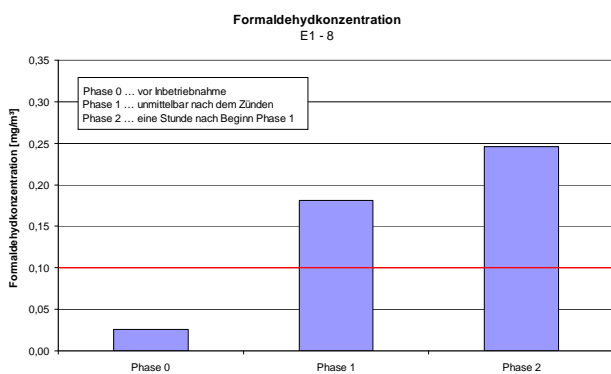
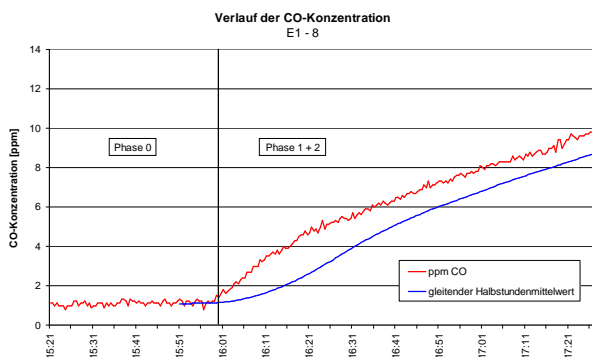
K11 (Baujahr 1995)



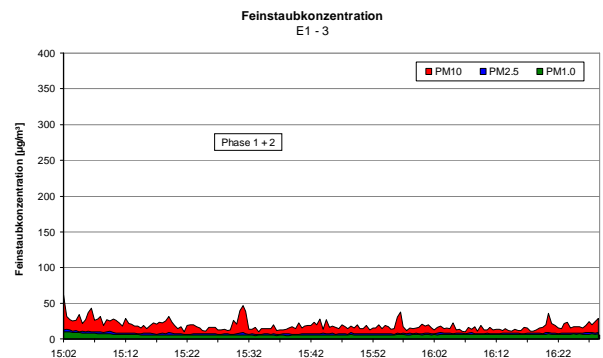
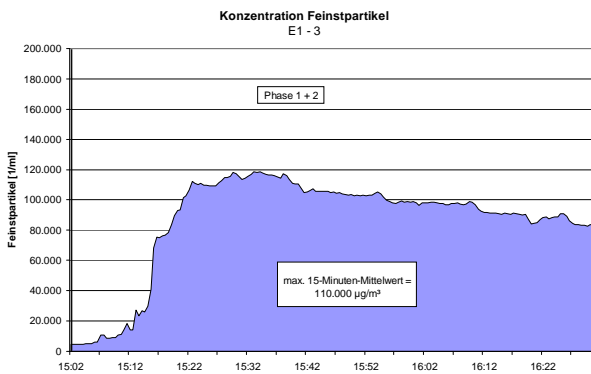
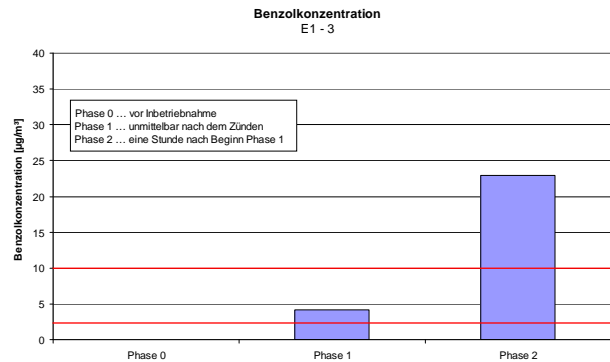
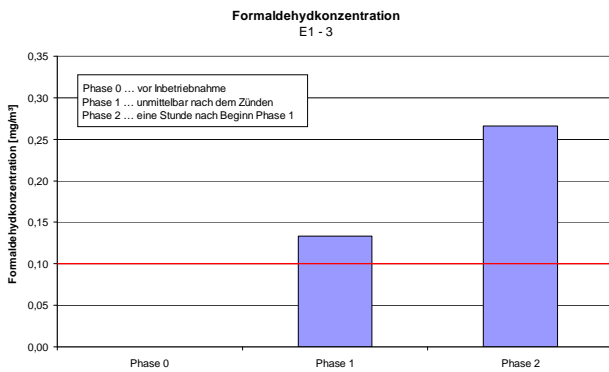
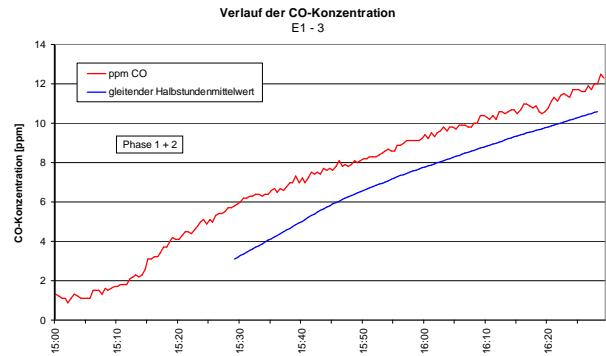
E1-1 (Brennstoff: Bioethanol flüssig, Fa. Schulte / RLT Anlage nicht in Betrieb)



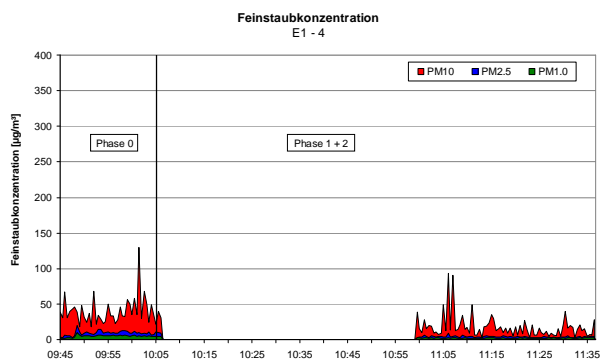
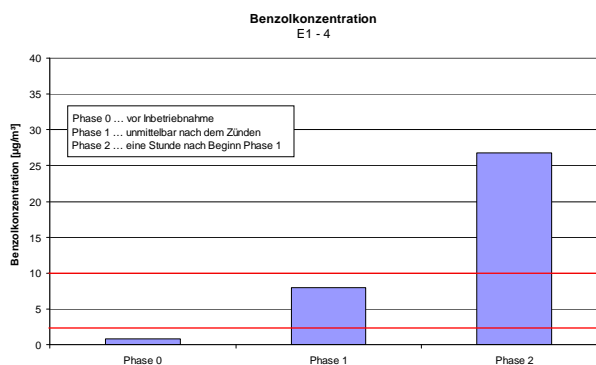
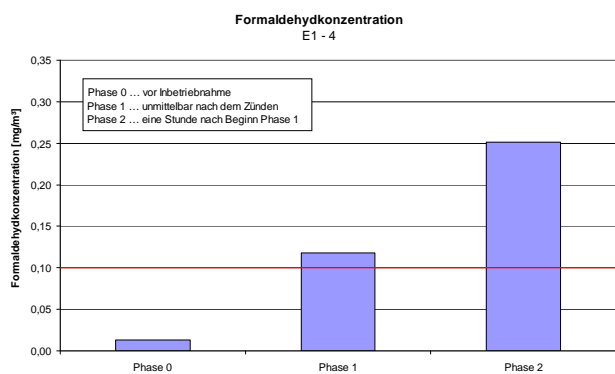
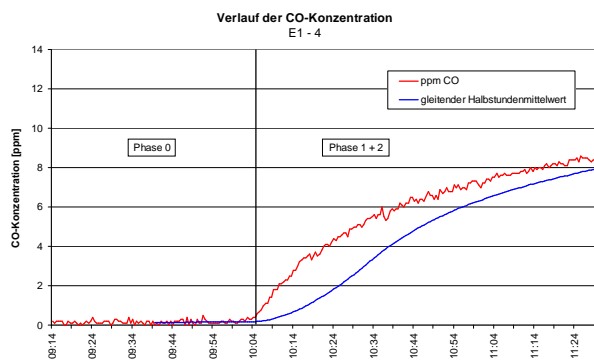
E1-8 (Brennstoff: Bioethanol flüssig, Fa. Flamax / RLT Anlage nicht in Betrieb)



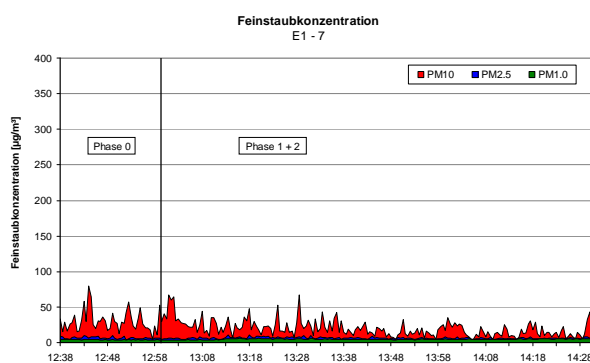
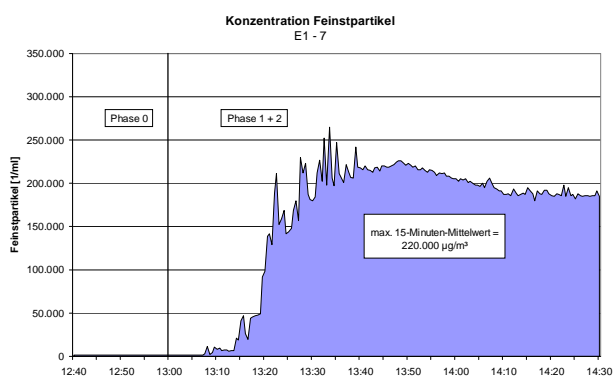
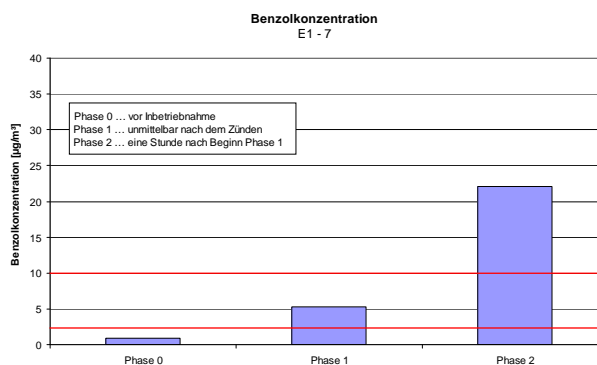
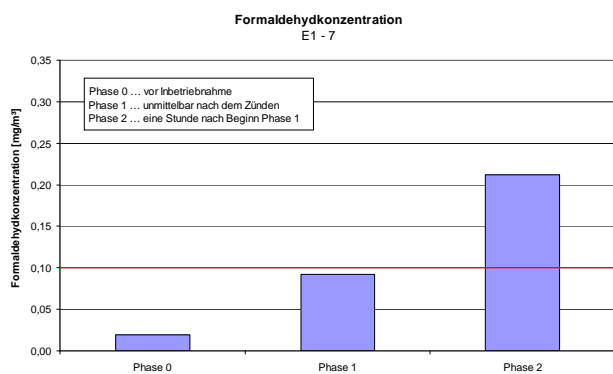
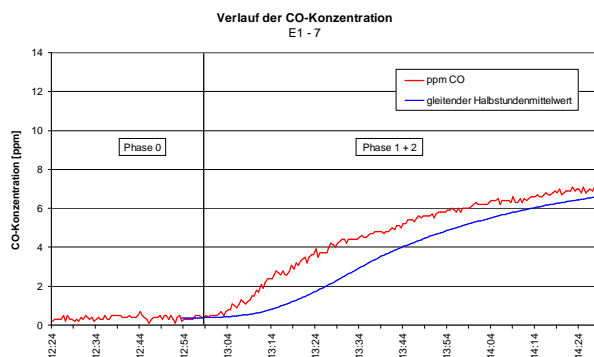
E1-3 (Brennstoff: Bioethanol Gel, Fa. Schulte / RLT Anlage nicht in Betrieb)



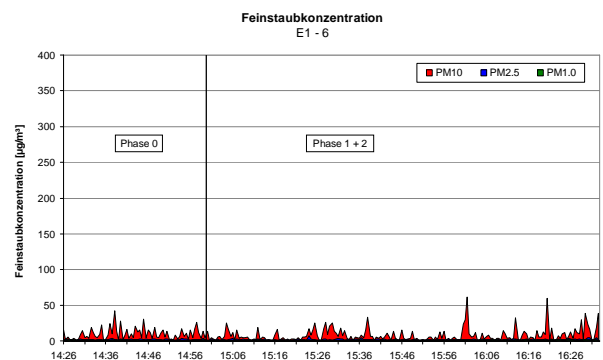
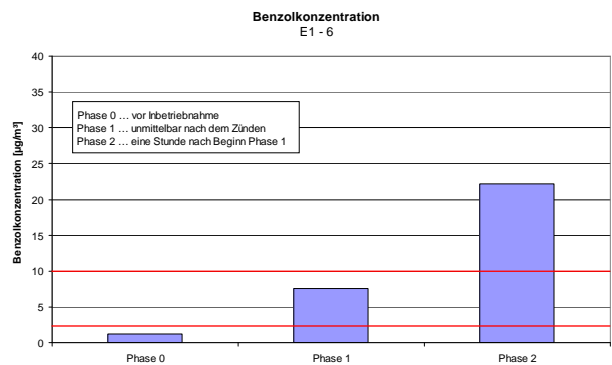
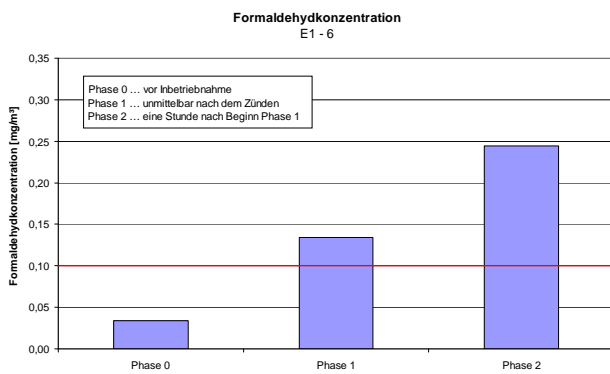
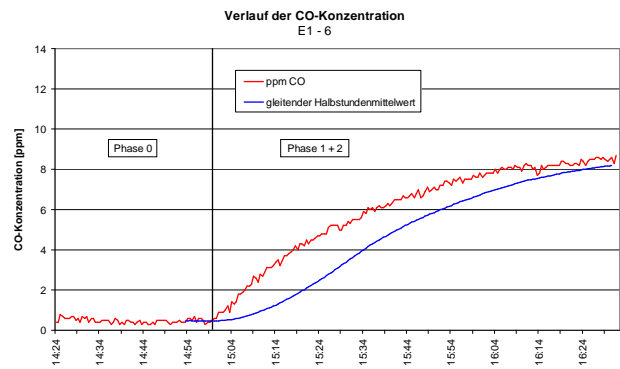
E1-4 (Brennstoff: Bioethanol flüssig, Fa. Schulte / RLT Anlage in Betrieb)



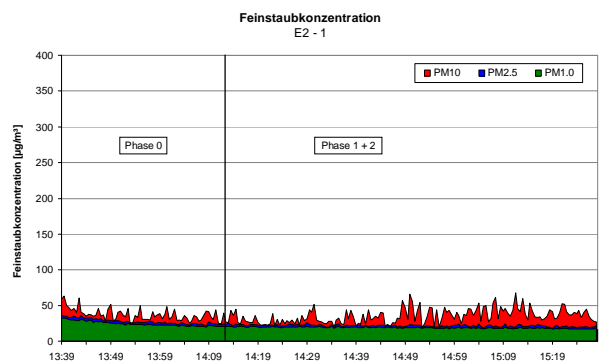
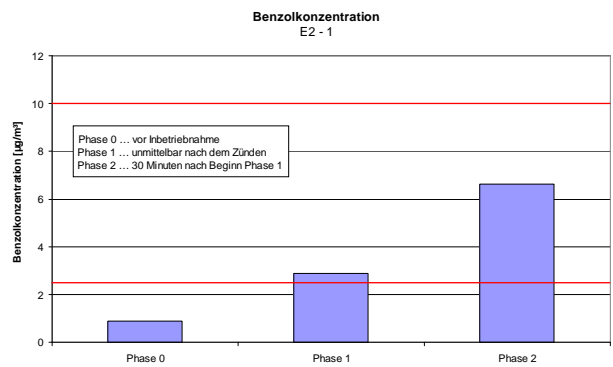
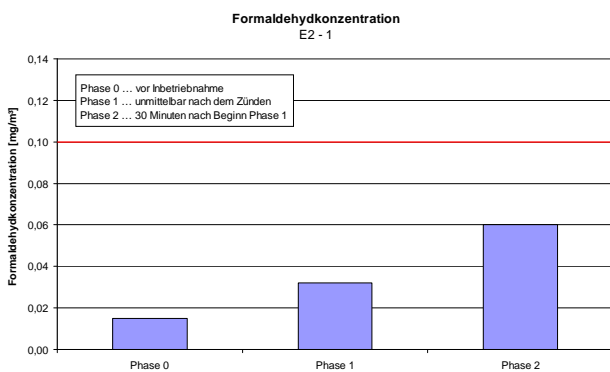
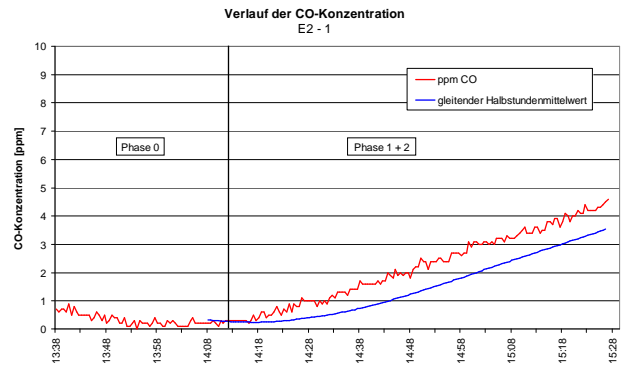
E1-7 (Brennstoff: Bioethanol flüssig, Fa. Flamax / RLT Anlage in Betrieb)



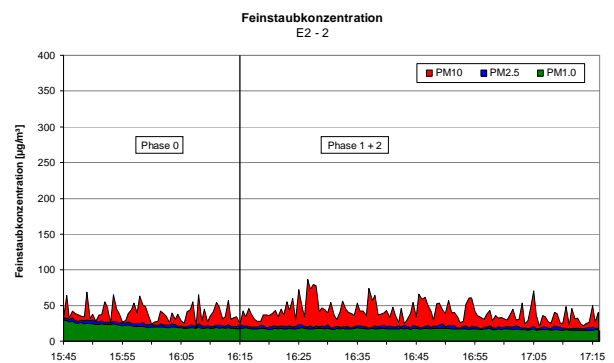
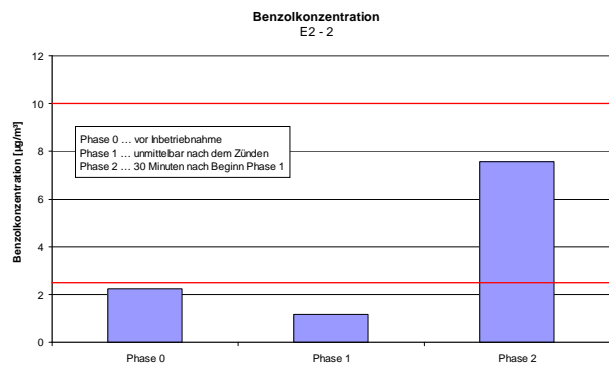
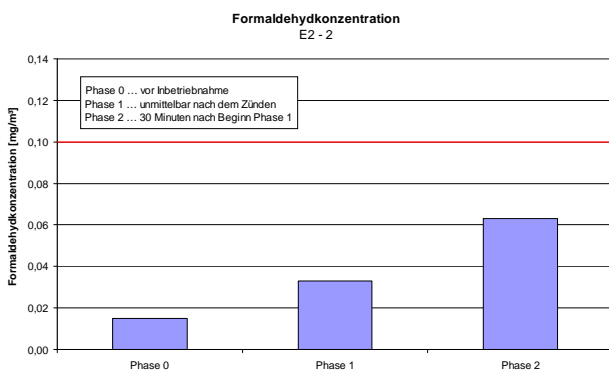
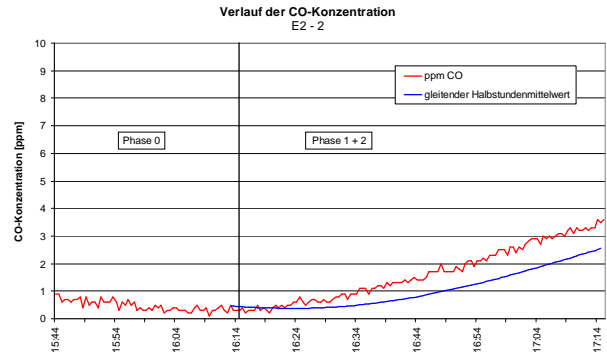
E1-6 (Brennstoff: Bioethanol Gel, Fa. Schulte / RLT Anlage in Betrieb)



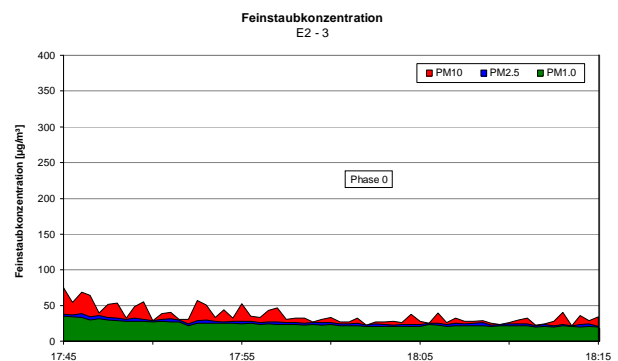
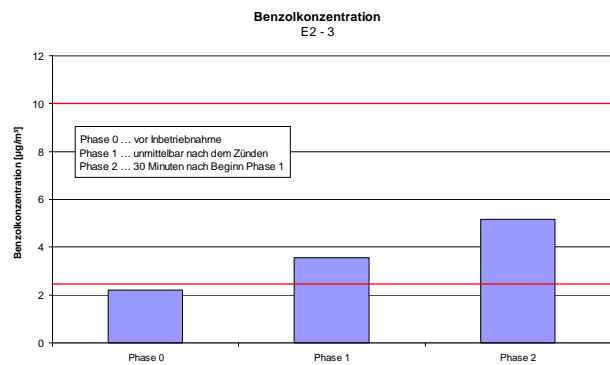
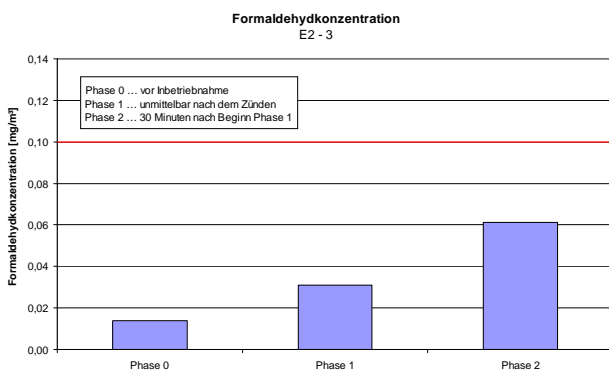
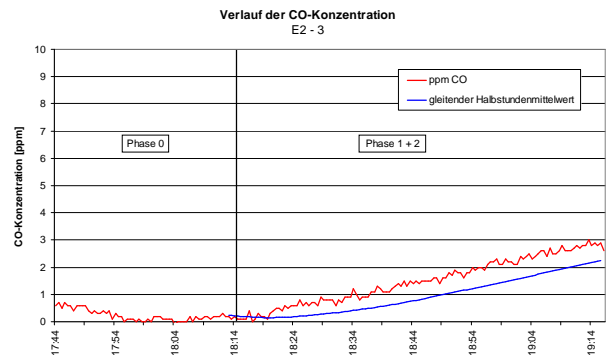
E2-1 (Brennstoff: Bioethanol flüssig, Fa. Schulte / RLT Anlage nicht in Betrieb)



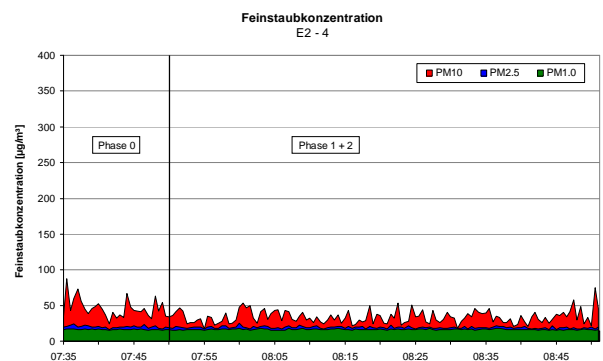
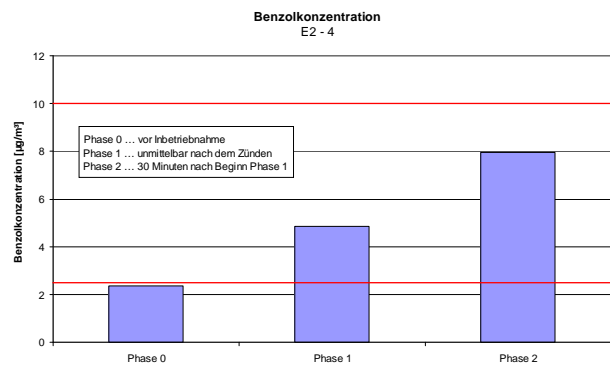
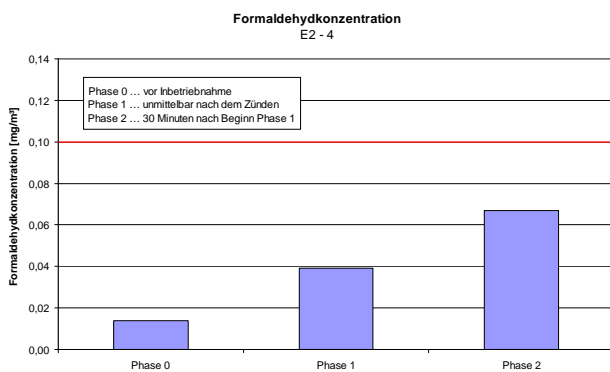
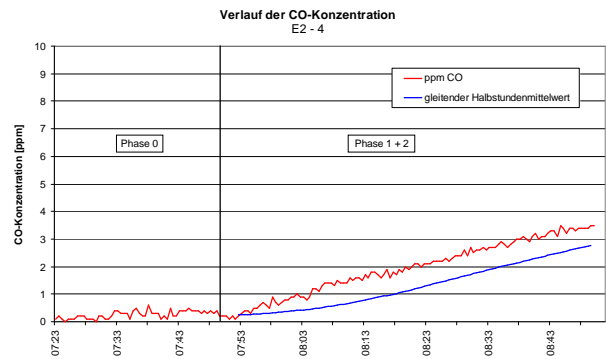
E2-2 (Brennstoff: Bioethanol flüssig, Fa. Flamax / RLT Anlage nicht in Betrieb)



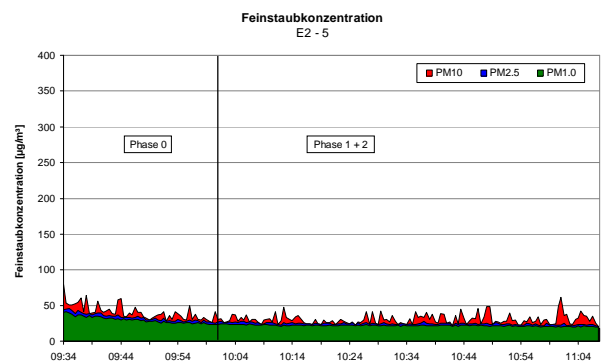
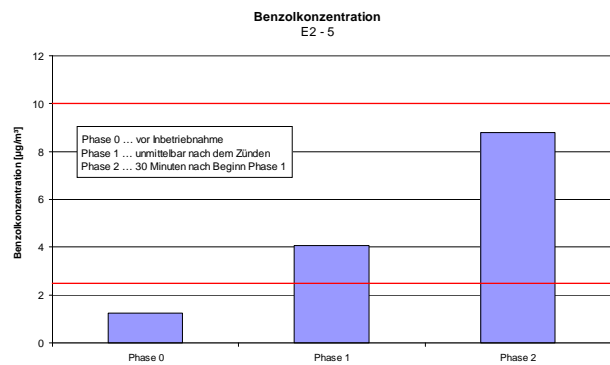
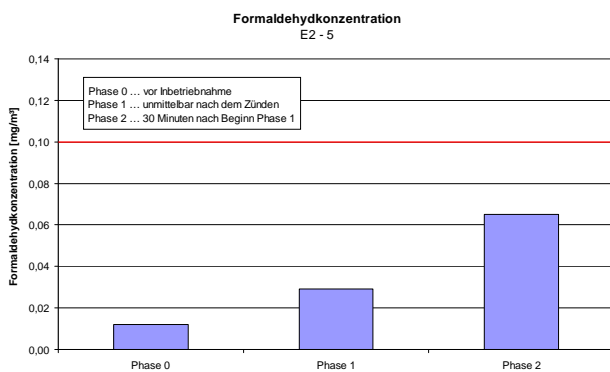
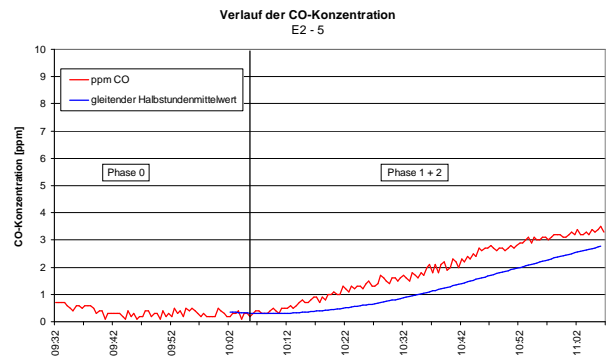
E2-3 (Brennstoff: Bioethanol Gel, Fa. Schulte / RLT Anlage nicht in Betrieb)



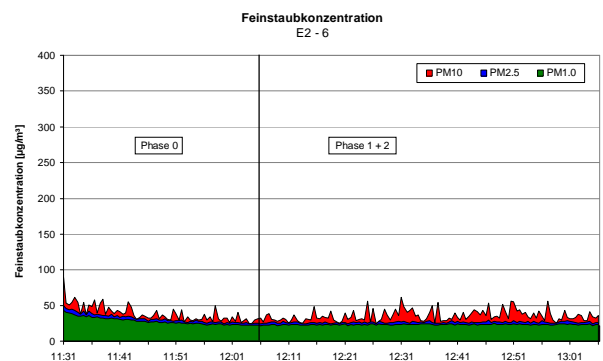
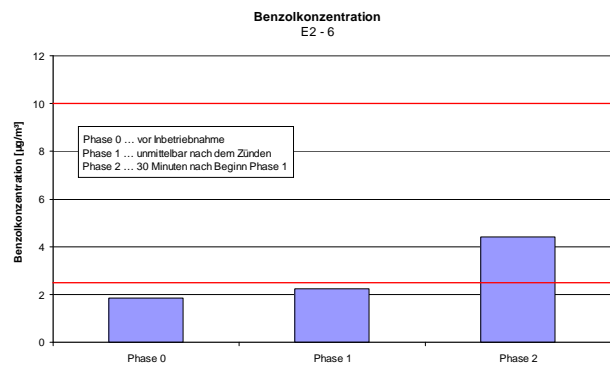
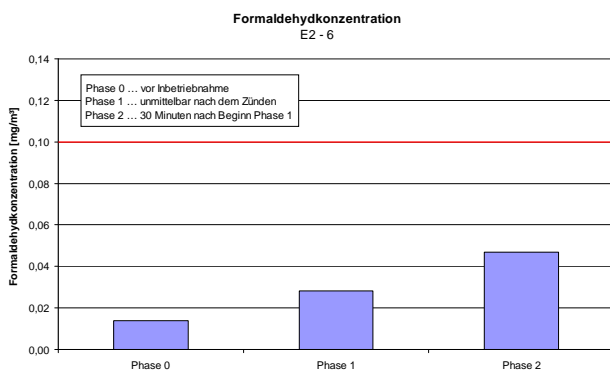
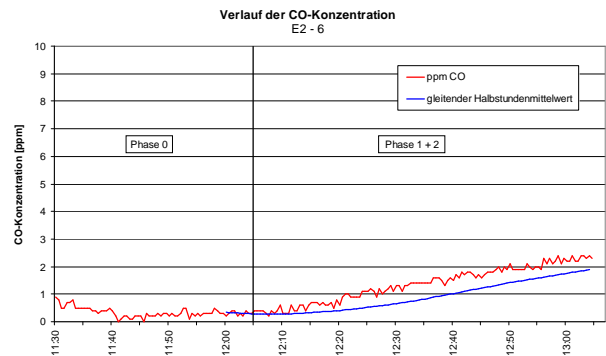
E2-4 (Brennstoff: Bioethanol flüssig, Fa. Schulte / RLT Anlage in Betrieb)



E2-5 (Brennstoff: Bioethanol flüssig, Fa. Flamax / RLT Anlage in Betrieb)



E2-6 (Brennstoff: Bioethanol Gel, Fa. Schulte / RLT Anlage in Betrieb)



12 Literatur

Geltende ÖNORMEN werden im Literaturverzeichnis nicht berücksichtigt, die Verweise sind in den jeweiligen Fußnoten zu finden (Ausnahme: ÖNORM EN 16647).

Ad-hoc-AG (2006): Empfehlungen des Umweltbundesamt: Krebserzeugende Wirkung von Formaldehyd – Änderung des Richtwertes für die Innenraumluft von 0,1 ppm nicht erforderlich. Springer Medizin Verlag 20, Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 2006 • 49:1169.

Ad-hoc-AG (2008): Gesundheitliche Bedeutung von Feinstaub in der Innenraumluft. Mitteilungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe. Innenraumrichtwerte der Innenraumluftthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 2008, 51:1370-1378.

Beefire (2015): Homepage der Fa. Beefire, Erklärung zu WKI-Untersuchungen. Internet Zugriff 20.09.2015: http://www.beefire.de/249_presse.html

BGA (1977): Bundesgesundheitsamt: Bewertungsmaßstab für Formaldehyd in der Raumluft. BGA-Pressedienst 19/77 vom 12.10.1977, auch: BGA (1984): Formaldehyd. Gemeinsamer Bericht des BGA, der BAU und des UBA. bzw. BGA (1992): Bekanntmachungen des BGA. Zur Gültigkeit des 0,1 ppm-Wertes für Formaldehyd. Bundesgesundheitsblatt 9/92. 482-483

BLGL (2007): Verhalten, Vorkommen und gesundheitliche Aspekte von Feinstäuben in Innenräumen. Bayrisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit. Schriftenreihe zur Umweltmedizin, Band 17

BMLFUW (2009): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, Richtlinieneteil Formaldehyd. Erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Blau-Weiße Reihe (Loseblattsammlung). Internet vom 29.07.2015: http://www.lebensministerium.at/dms/lmat/umwelt/luft-laerm-verkehr/luft/innenraumluft/richtlinie_innenraum/Formaldehyd-Endfassung.pdf

DIN 4734-1 (2011): Dekorative Feuerstellen für flüssige Brennstoffe - Dekorative Geräte, die unter Verwendung eines Ethanol basierten flüssigen oder gelförmigen Brennstoffes eine Flamme erzeugen - Teil 1: Nutzung im privaten Haushaltsbereich

Esarte C, Peg, M, Ruiz, MP, Millera A, Bilbao R, Alzueta MU (2011): Pyrolysis of ethanol: Gas and soot products formed. Ind. Eng. Chem. Res. 2011, 50 (8), 4412–4419 zit. in Schripp et al (2014)

Grams H, Huppmann R, Richter K, Gierden E (2013): Untersuchung des Einflusses von Kaminöfen auf die Qualität von Innenraumluft. Niedersächsisches Landesgesundheitsamt Hannover, Jahresbericht 2012/2013

Grenzwerteverordnung (2011): BGBl. II Nr. 253/2001: Verordnung des BM für Wirtschaft und Arbeit über Grenzwerte für Arbeitsstoffe und krebserzeugende Arbeitsstoffe

Guillaume E, Loferme-Pedespan N, Duclerget-Baudequin A, Raguideau A, Fulton R, Lieval L (2013): Ethanol fireplaces: Safety matters. Saf. Sci. 2013, 57, 243–253

Höfer Chemie (2015): Produktinformation und Bedienungsanleitung FlameStar Valencia Bio-Ethanol 2.0, Version 1.1, 28-10-2010. Internet Zugriff 20.09.2015: <https://hoefer-shop.at/haus-und-garten/ethanol-kamine/798/valencia-2.0-ethanol-kamin-anthrazit-von-flamestar>
<https://hoefer-shop.at/media/pdf/Benutzerhandbuch-Valencia-Ethanol-Kamin.pdf>

Hornbach (2015): Datenblatt zu Ethanol-Ofen Hark Cenzo negro. Internet Zugriff 20.09.2015: https://www.hornbach.at/data/shop/D04/001/780/495/213/12/8178375_Doc_01_AT_20141105093323.pdf

IWU (2010): Einfluss von offenen Ethanolbrennstellen auf die Luftqualität in Passivhäusern. IWU - Institut Wohnen und Umwelt GmbH

Kommission der EU (2015): Beschluss (EU) 2015/547 der Kommission vom 1. April 2015 über Sicherheitsanforderungen, denen europäische Normen für alkoholbetriebene abzuglose Feuerstellen gemäß der Richtlinie 2001/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die allgemeine Produktsicherheit genügen müssen. Internet Zugriff 20.09.2015: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015D0547&from=DE>

Niedermeyer HG, Persson H, Tegneby S, Yann P, Jensen A, Rahbek T (2010): Study of Safety Requirements for Open Stoves or Fireplaces Using Alcohol Fuels. Internet Zugriff 20.09.2015: [https://www.sik.dk/content/download/5561/77087/version/1/file/Report+-+Bio+fireplaces+-+v5-3+\(2\).pdf](https://www.sik.dk/content/download/5561/77087/version/1/file/Report+-+Bio+fireplaces+-+v5-3+(2).pdf)

ÖAW (1997): Österreichische Akademie der Wissenschaften: Flüchtige Kohlenwasserstoffe in der Atmosphäre – Luftqualitätskriterien VOC, Band 2, Hrsg. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie

ÖNORM EN 16647 (2013): Feuerstellen für flüssige Brennstoffe - Dekorative Geräte, die unter Verwendung eines Alkohol basierten flüssigen oder gelförmigen Brennstoffes eine Flamme erzeugen - Nutzung im privaten Haushaltbereich (Norm-Entwurf). 2013-10-01

RAL-UZ 171 (2012): Vergabegrundlage für Umweltzeichen – Bürogeräte mit Druckfunktion (Drucker, Kopierer, Multifunktionsgeräte)

Schripp T, Salthammer T, Wientzek S, Wensing M (2014): Chamber Studies on Nonvented Decorative Fireplaces Using Liquid or Gelled Ethanol Fuel. Environmental Science & Technology, 2014, 48 (6), pp 3583–3590

Spiegel online (2014): Deko-Kamine: Forscher warnen vor Ethanol-Feuerstellen. Artikel vom 1.9.2014

The Flame (2015): Broschüre. Internet Zugriff 10.10.2015: http://theflame.at/downloads/de/Broschuere_The_Flame_DE_04-2015.3.pdf

UBA (2005): Schwebestaub in Österreich. Fachgrundlagen für eine kohärente österreichische Strategie zur Verminderung der Schwebstaubbelastung, BERICHT BE-277 Wien, Umweltbundesamt GmbH

Umweltbundesamt Deutschland (2013): Heizen mit Holz - Ratgeber zum richtigen und sauberen Heizen.

Wensing M, Wientzek S, Schripp T, Salthammer T (2013): Emissionen in den Aufstellraum bei Betrieb von Holzkaminöfen und Ethanolöfen. 20. WaBoLu-Innenraumtage. Berlin

Wensing M (2014): Ethanolfeuerstellen – die unterschätzte Gefahr. FORSCHUNG KOMPAKT 09/2014 - Thema 2, Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut Braunschweig

WHO Air Quality Guidelines - Global Update 2005: Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide (ISBN 92 890 2192 6) Internet Zugriff 20.09.2015:
http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf

WHO (2010): WHO Guidelines for Indoor Air Quality: selected pollutants. Regional office for Europe. Internet Zugriff 20.09.2015:
http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf
