



Forschungsvorhaben

Vorgangsweise bei Heizölschäden nach Hochwasserereignissen

Endbericht
September 2010

**Erstellt im Auftrag der Niederösterreichischen Landesregierung
Gruppe Baudirektion, Abteilung Allgemeiner Baudienst – Geologischer Dienst**

Department für Bauen und Umwelt
Donauuniversität Krems
A-3500 Krems, Dr. Karl Dorrekstrasse 30

in Zusammenarbeit mit

Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie
A-1090 Wien, Alserbachstraße 5/9

Institut für Umwelthygiene der Medizinischen Universität Wien
A-1090 Wien, Kinderspitalgasse 15

Titel: Vorgangsweise bei Heizölschäden nach Hochwasserereignissen

Auftraggeber: **Amt der Niederösterreichischen Landesregierung**
Gruppe Baudirektion, Abt. Allgem. Baudienst – Geolog. Dienst
3109 St. Pölten, Landhausplatz 1

Durchführung: **Donauuniversität Krems**
Department für Bauen und Umwelt
3500 Krems, Dr. Karl Dorrekstrasse 30
DI Peter Tappler

Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie
IBO-Innenraum Mess- & Beratungsservice
1090 Wien, Alserbachstraße 5/8

Chemisches Laboratorium – Technisches Büro für Physik
IBO-Innenraumanalytik OG
1150 Wien, Stutterheimstraße 16-18/2

Dipl. Ing. Bernhard Damberger
Dipl. Ing. Ute Muñoz-Czerny
Dipl. Ing. Felix Twrdik
☎ +43-(0)1-983 80 80
Fax: +43-(0)1-983 80 80-15
email: office@innenraumanalytik.at
<http://www.innenraumanalytik.at>

Medizinische Universität Wien
Institut für Umwelthygiene
1090 Wien, Kinderspitalgasse 15
Ao. Univ.-Prof. Dr. Michael Kundi
Doz. Dr. Hanns Moshhammer
Dipl. Ing. Dr. Hans-Peter Hutter

☎ +43-(0)1-4277-64701
email: hans-peter.hutter@meduniwien.ac.at

Datum des Endberichtes: 22.09.2010

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	4
2	TEIL A: GRUNDLAGEN ZUR ERSTELLUNG EINES LEITFADENS	5
3	TEIL B: RAUMLUFTUNTERSUCHUNGEN IN SANIERTEN OBJEKTEN	6
3.1	Allgemeines zu den Raumlufthuntersuchungen	6
3.2	Messorte	6
3.3	Messzeitpunkte.....	7
3.4	Probenahme und Analytik der Untersuchung von Raumlufth auf flüchtige organische Verbindungen (VOC).....	7
3.5	Beschreibung der Proben zur VOC-Untersuchung	8
3.6	Ergebnisse der Untersuchung auf VOC.....	8
3.7	Beurteilung der VOC-Konzentrationen in der Raumlufth	12
3.7.1	Allgemeines zur Beurteilung	12
3.7.2	Beurteilungsgrundlagen für VOC	12
3.7.3	Bewertung der Messergebnisse.....	17
3.7.4	Weiterführende Interpretation der VOC-Messergebnisse.....	18
4	TEIL C: LABORVERSUCHE IN ZUSAMMENHANG MIT SANIERUNGEN VON HEIZÖLSCHÄDEN	19
4.1	Vorbemerkung	19
4.2	Prüfung von Baumaterialien.....	19
4.2.1	Vorgangsweise	19
4.2.2	Beschreibung der Proben	21
4.2.3	Ergebnisse der Materialversuche.....	22
4.2.4	Bewertung der Materialversuche	35
4.3	Prüfung von Bauteilen	36
4.3.1	Vorgangsweise	36
4.3.2	Beschreibung der Bauteile.....	37
4.3.3	Ergebnisse und Bewertung der Bauteilversuche.....	39
4.3.4	Sanierungsversuche	40
4.4	Kurzzusammenfassung der Versuchsergebnisse	43
5	TEIL D: ERSTELLUNG EINES LEITFADENS FÜR SACHVERSTÄNDIGE BZW. GESCHÄDIGTE.....	44
5.1	Leitfaden für Sachverständige und Behörden.....	44
5.2	Infoblatt für Geschädigte	44
6	ANHANG: ERGEBNISSE RAUMLUFTMESSUNGEN.....	45
6.1	Beschreibung der Proben zur VOC-Untersuchung (1. Messserie).....	45
6.2	Beschreibung der Proben zur VOC-Untersuchung (2. Messserie).....	49
6.3	Beschreibung der Proben zur VOC-Untersuchung (3. Messserie).....	51
6.4	Ergebnisse der Untersuchung auf VOC (1. bis 3. Messserie)	52

1 EINLEITUNG

Die im März 2007 von der niederösterreichischen Landesregierung beauftragte Studie „Vorgangsweise bei Heizölschäden nach Hochwasserereignissen“ gliedert sich in vier inhaltlich abgetrennte Teile, die unterschiedliche Zielsetzungen haben. Teil A – Grundlagen zur Erstellung eines Leitfadens – beinhaltet Literaturrecherchen sowie die Befragung von Personen, die in der Vergangenheit von einem Heizölschaden betroffen waren.

Die weiteren Teile der Studie (Teile B, C und D) betreffen Raumlufthuntersuchungen in sanierten Objekten sowie Laborversuche in Zusammenhang mit Fragen, die bei Sanierungen von Heizölschäden auftreten. Der vorliegende Endbericht enthält die Zusammenfassung und Beurteilung der Ergebnisse aus den drei im Zuge der Raumlufthuntersuchung durchgeführten Messserien sowie einen Bericht über die durchgeführten Laborversuche.

Inhalt und Zielsetzung der Studie:

Teil A: Grundlagen zur Erstellung eines Leitfadens

- Literaturrecherchen, Befragung von mit konkreten Schadensfällen vertrauten Experten (Landesregierungen, Experten vor Ort, Sanierungsfirmen)
- Erhebung von Möglichkeiten der Beurteilung von Heizöl-Schäden nach Schadensfällen (Erhebungsmethoden, Richtwerte, Screeninguntersuchungen)
- Zusammenstellung der möglichen Schadensszenarien in Verbindung mit den in der Praxis am häufigsten eingesetzten Baustoffkombinationen für die betroffenen Wandbauteile
- Erhebung über am Markt angebotene Sanierungsvarianten: Bauteiltausch, mikrobieller Abbau, Abdichtungen, Abflämmung, Umwandlung mittels Chemikalien usw.
- Ermittlung der relevanten Randparameter, die das Ausmaß des Schadens beeinflussen (Dauer der Einwirkung, Ausmaß des Schadens im und am Gebäude, Art der kontaminierten Bauprodukte, Eindringtiefe)
- Toxikologische Beurteilung der auftretenden Raumlufth-Konzentrationen

Teil B: Raumlufthuntersuchungen bei sanierten Objekten

- Erhebung der Schadstoffsituation bei in der Vergangenheit betroffenen Objekten (Raumlufthuntersuchungen und Auswertungen)
- Ermittlung von einfachen, kostengünstigen Erhebungsmethoden zur Expositionsermittlung und Wirksamkeitskontrolle (zu messende Parameter in der Raumlufth, Methodenvergleich, Kostenabschätzung)
- Vergleich der Ergebnisse mit den in Teil A beschriebenen Richtwerten
- Ergebnisbericht

Teil C: Laborversuche in Zusammenhang mit Sanierungen von Heizölschäden

- Prüfung von Baumaterialien hinsichtlich Öl- und Wasseraufnahme
- Herstellung von Bauteilprüfkörpern:
Hohlblockziegel gemauert mit KZ-Mörtel, Putz (variierend) und Anstrich
NF-Vollziegel gemauert mit KZ-Mörtel, Putz (variierend) und Anstrich
Kiesbeton-Hohlblockziegel gemauert mit KZ-Mörtel, Putz (variierend) und Anstrich
- Simulation von typischen Schadensfällen mit kurzer und langer Einwirkdauer von Heizöl sowohl bei unterschiedlicher Steiggeschwindigkeit des Wassers als auch bei unterschiedlicher Reihenfolge der Öl- und Wassereinwirkung
- Ermittlung der Eindringtiefe und der Heizöl-Konzentration im Baukörper in Abhängigkeit von der Eindringdauer
- Feststellung der Konzentrationsabnahme von Heizöl im Bauteil ohne weitere Maßnahmen
- Sanierungsversuche:
Sanierung mittels mikrobiellem Abbau
Sanierung mittels Chemikalien
- Anschließende Messung und Kontrolle der Wirkungsweisen der einzelnen Methoden in zeitlicher Abhängigkeit
- Bewertung der Ergebnisse

Teil D: Erstellung eines Leitfadens für Sachverständige bzw. Geschädigte

- Texterstellung für einen Leitfaden für Sachverständige
- Texterstellung für ein Infoblatt für Betroffene

2 TEIL A: GRUNDLAGEN ZUR ERSTELLUNG EINES LEITFADENS

Teil A (A 1 – Technische Grundlagen, A 2 – Umweltmedizinische und toxikologische Grundlagen) wurde im Oktober 2007 abgeschlossen und diente als Grundlage für die weiteren Teile der Studie.

Die toxikologische Beurteilung erfolgte durch das Institut für Umwelthygiene der Medizinischen Universität Wien.

Der Bericht Teil A wurde am 16. Oktober 2007 dem Auftraggeber im Rahmen einer Projektbesprechung übergeben.

3 TEIL B: RAUMLUFTUNTERSUCHUNGEN IN SANIERTEN OBJEKTEN

3.1 Allgemeines zu den Raumlufthuntersuchungen

Aufbauend auf den ersten Teil der Pilotstudie wurden in weiterer Folge Raumlufthuntersuchungen in bei vorangegangenen Hochwassern von einem Heizölschaden betroffenen Gebäuden durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen lieferten Basisinformationen zur Feststellung der Wirksamkeit von durchgeführten Sanierungsmaßnahmen.



Abb. 3.1: Aufgebautes Probenahmegerät zur Messung von VOC (flüchtige organische Verbindungen) in einer Küche



Abb. 3.2: Aufgebautes Probenahmegerät zur Messung von VOC in einem ehemaligen Schlafraum

3.2 Messorte

Für die Messungen wurden unter anderem Objekte herangezogen, die bereits bei Teil A (Grundlagenermittlung) besichtigt wurden und deren Bewohner sich auch in eigenem Interesse zur Mitwirkung an der Studie bereit erklärt haben. Dabei handelte es sich um Wohnhäuser, welche beim Donauhochwasser 2002 bzw. beim Marchhochwasser 2006 von einem Heizölschaden betroffen waren. Zusätzlich wurden seitens der Niederösterreichischen Landesregierung Kontakte zu Gemeindeämtern betroffener Orte (Rossatz, Weißenkirchen, Bezirk Tulln, Dürnkrut) hergestellt und an die Projektausführenden weitergeleitet.

Tabelle 3.2.1 Messorte und Anzahl der durchgeführten Messungen

Ort	Anzahl der Messungen		
	Messserie 1	Messserie 2	Messserie 3
Dürnkrut	13	10	8
Rossatz	1	-	-
Weißkirchen	2	-	-
Grunddorf	2	-	-
Haitzendorf	2	-	-
Frauendorf /Au	1	-	-

3.3 Messzeitpunkte

In der ersten Phase (Messserie 1) wurden Messungen im Zeitraum Juni bis August 2008 durchgeführt. Da das Heiz- und Lüftungsverhalten Einfluss auf die Heizölkonzentration in der Raumluft hat, wurden in weiterer Folge die Messungen in einigen betroffenen Häusern während der Heizperiode im Jänner 2009 (Messserie 2) wiederholt. Eine dritte Messserie wurde in den Sommermonaten 2009 durchgeführt, um eine allfällige Veränderung der Raumluftsituation beobachten zu können.

Die Durchführung der Messungen in den Sommermonaten sowie während der Heizperiode ermöglichte die Feststellung der Wirksamkeit eventuell durchgeführter Sanierungsmaßnahmen bzw. die Abnahme der Heizölkonzentration in der Raumluft ohne Sanierungsmaßnahmen.

3.4 Probenahme und Analytik der Untersuchung von Raumluft auf flüchtige organische Verbindungen (VOC)

Die untersuchten Räume wurden mindestens vier Stunden vor der Probenahme verschlossen und anschließend nicht gelüftet. Messplanung und Probenahmestrategie folgten der ÖNORM EN ISO 16000-1¹ und der ÖNORM EN ISO 16000-5². Die Sammlung der flüchtigen organischen Verbindungen erfolgte laut ÖNORM M 5700-2³ durch Adsorption an ein Adsorbens, wobei ein definiertes Luftvolumen durch ein Adsorptionsröhrchen [SKC,

¹ ÖNORM EN ISO 16000-1 (2006): Innenraumluftverunreinigungen, Teil 1: Allgemeine Aspekte der Probenahmestrategie - 2006 06 01

² ÖNORM EN ISO 16000-5 (2007): Innenraumluftverunreinigungen, Teil 5: Probenahmestrategie flüchtige organische Verbindungen (VOC) - 2007 06 01

³ ÖNORM M 5700-2 - Messen von Innenraumluft-Verunreinigungen - Gaschromatographische Bestimmung organischer Verbindungen - Teil 2: Aktive Probenahme durch Anreicherung auf Aktivkohle - Lösemittlextraktion - 2002 08 01

Anasorb 747] gesaugt wurde. Die Probenahme erfolgte in Raummitte in einer Höhe zwischen 1,2 und 1,5 m.

Die chemische Untersuchung erfolgte nach ÖNORM M 5700-2. Die Aktivkohle wurde aus dem Adsorptionsröhrchen entnommen und mit Schwefelkohlenstoff (CS_2) eluiert. Der gewonnene CS_2 -Extrakt gelangte direkt zur quantitativen Analyse. Die einzelnen flüchtigen organischen Verbindungen wurden mittels Kapillargaschromatographie mit gekoppeltem Massenspektrometer [Shimadzu QP 5000] unter Verwendung einer Kapillarsäule [HP-VOC Fa. HEWLETT PACKARD] gegen externe und interne Standards bestimmt. Die vom Detektor erhaltenen Signale wurden elektronisch aufgezeichnet, wobei die Quantifizierung über die Peakflächen erfolgte. Die Messunsicherheit wurde mit $\pm 20\%$ abgeschätzt. Die angegebenen Konzentrationen der Einzelverbindungen sowie die Summenwerte wurden auf zwei signifikante Stellen gerundet.

Die Messung der Raumlufttemperatur sowie der relativen Luftfeuchtigkeit erfolgte mittels eines kalibrierten elektronischen Messgerätes (E+E Humiport 20), wobei die Daten in der Raummitte erfasst wurden.

3.5 Beschreibung der Proben zur VOC-Untersuchung

Eine detaillierte Beschreibung der Proben ist im Anhang zu finden (Punkte 6.1 bis 6.3).

3.6 Ergebnisse der Untersuchung auf VOC

Die Ergebnisse der VOC-Messungen aller drei Messserien sind im Anhang wiedergegeben (Punkt 6.4).

Der Parameter SUMME VOC ident. bezeichnet die Summe der identifizierten Einzelverbindungen und wurden auf zwei signifikante Stellen gerundet. Der Parameter Gesamt-VOC bezeichnet die Summe sämtlicher Verbindungen im Siedebereich C 6 bis C 15, wobei sowohl die eindeutig identifizierten als auch die Signale der nicht identifizierten Verbindungen über den Kalibrierstandard Tridecan (C13) quantifiziert wurden.

Die Bezeichnungen auf der Abszisse der jeweiligen Grafik geben das Messobjekt sowie die Raumbezeichnung wieder. Bei allen Studienobjekten handelt es sich um Einfamilienhäuser. Die einzelnen Objekte wurden unter Zuhilfenahme der Buchstaben A bis L anonymisiert (Tab. 3.2.2).

Die Messungen im Keller wurden stets im ehemals als Tankraum genutzten Raum durchgeführt.

Legende der Abkürzungen:

SZ Schlafzimmer
WZ ... Wohnzimmer
TH Therapieraum
EZ Esszimmer

Tabelle 3.2.2 Lage der Messobjekte

Objekt	Ort	Bezirk	untersuchte Räume
A	Dürnkrut	Gänserndorf	SZ, WZ, Keller
B	Dürnkrut	Gänserndorf	WZ, Keller
C	Dürnkrut	Gänserndorf	WZ, Keller
D	Dürnkrut	Gänserndorf	SZ, WZ
E	Dürnkrut	Gänserndorf	WZ, Keller
F	Dürnkrut	Gänserndorf	TH, Keller
H	Rossatz	Krems	Küche
I	Weißkirchen	Krems	EZ, SZ
J	Grunddorf	Krems	WC, SZ
K	Haitzendorf	Krems	WZ, SZ
L	Frauendorf / Au	Tulln	WZ

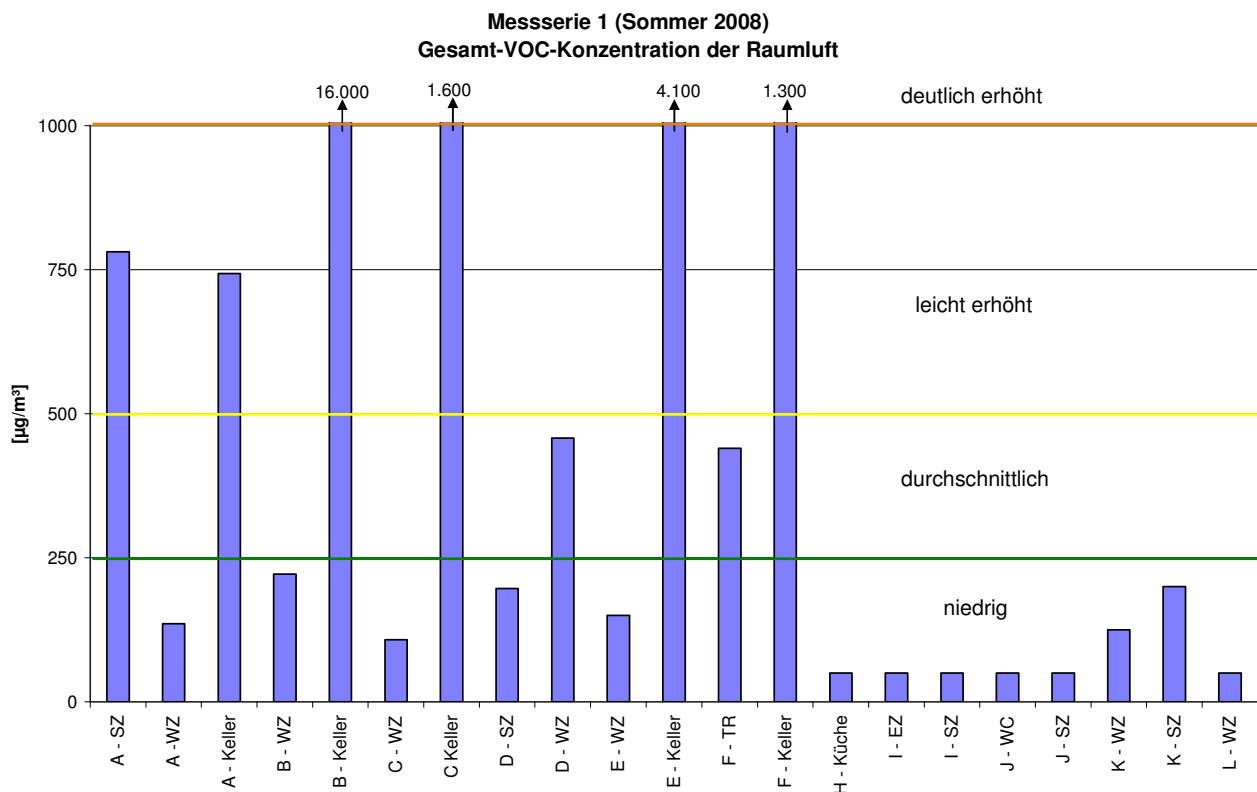


Abb. 3.3: Ergebnisse der ersten Messserie (Sommer 2008)

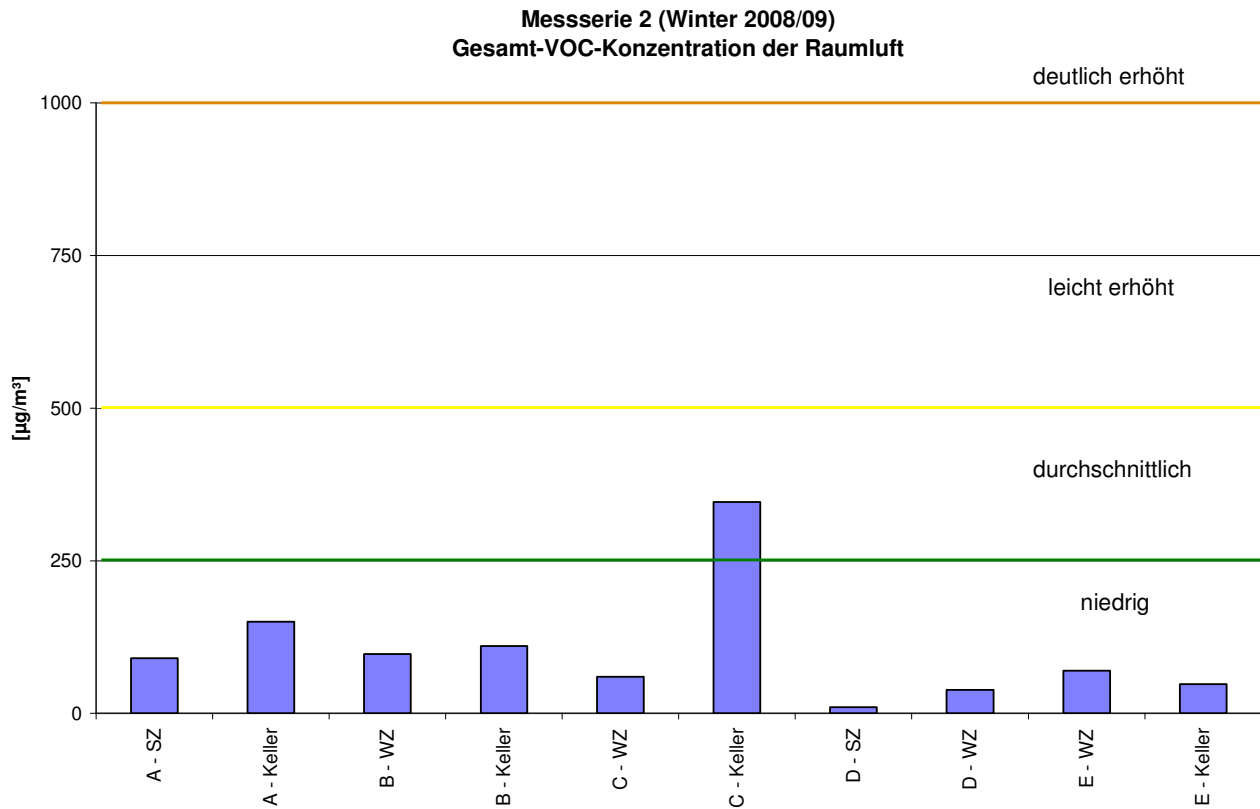


Abb. 3.4: Ergebnisse der zweiten Messserie (Winter 2008/09)

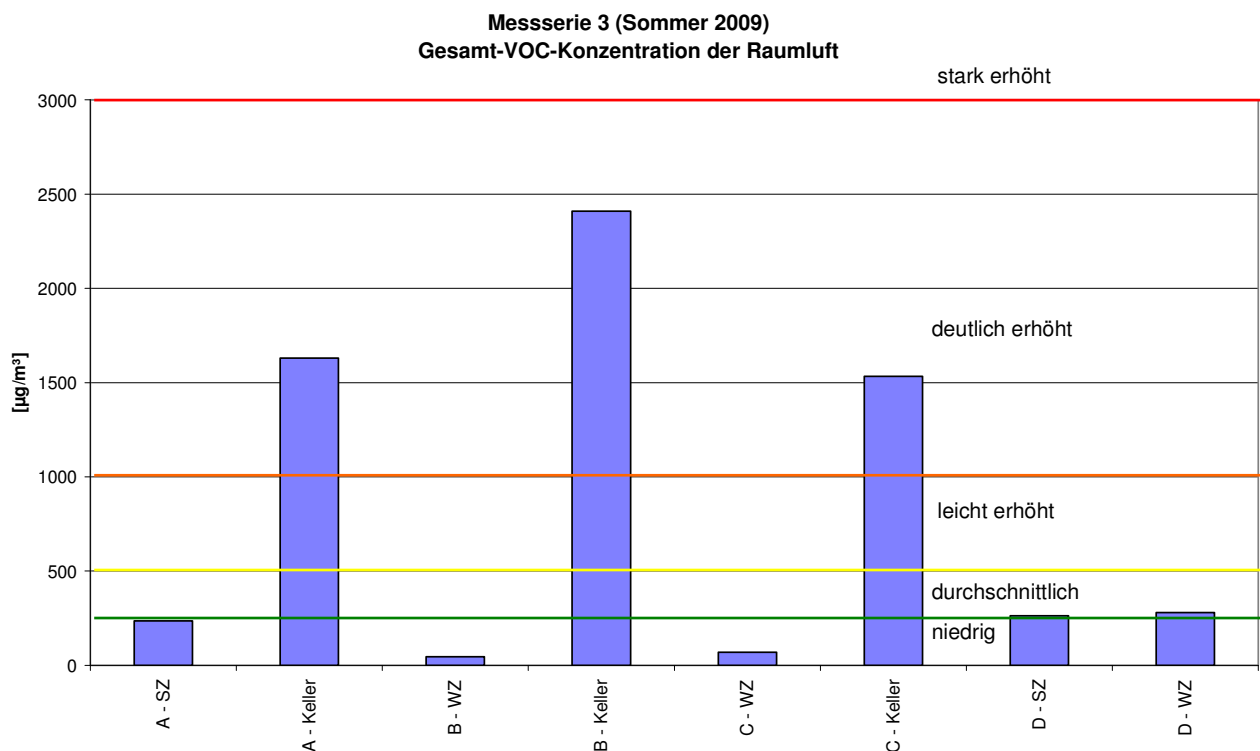


Abb. 3.5: Ergebnisse der dritten Messserie (Sommer 2009)

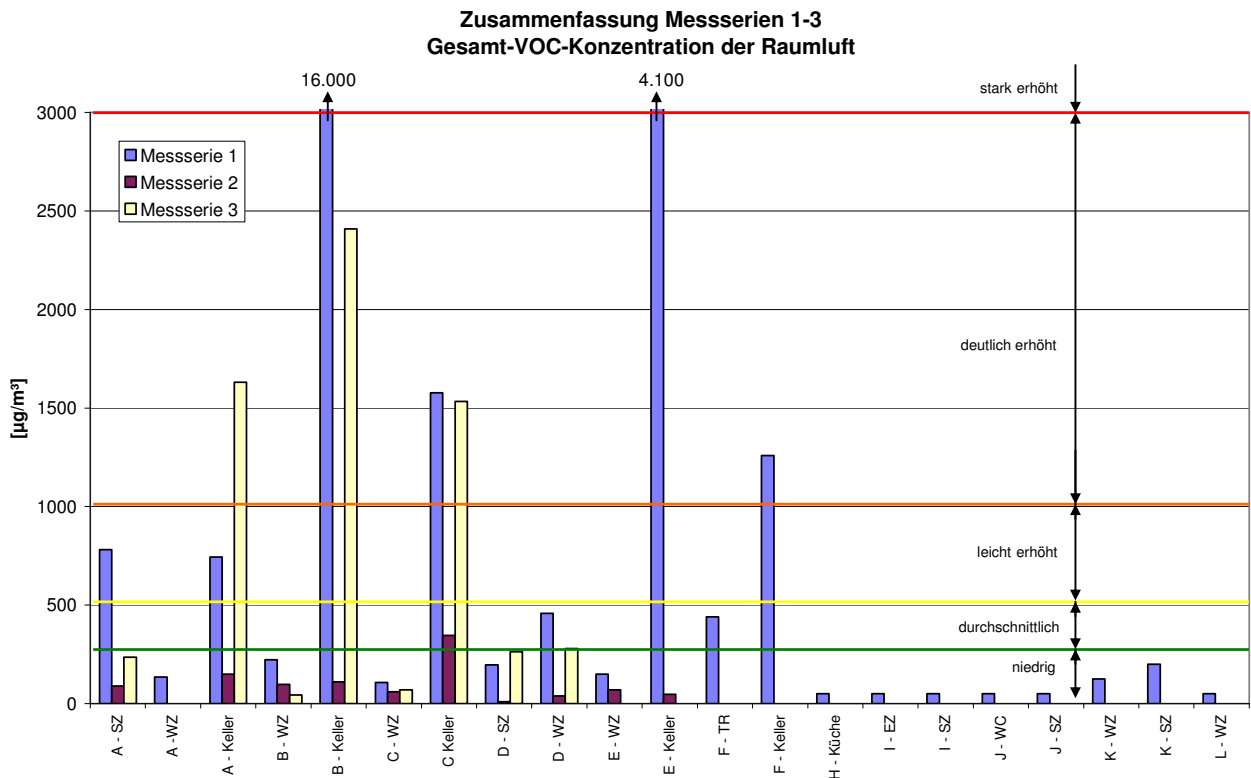


Abb. 3.6: Zusammenfassung der drei Messserien und Grenzwerte

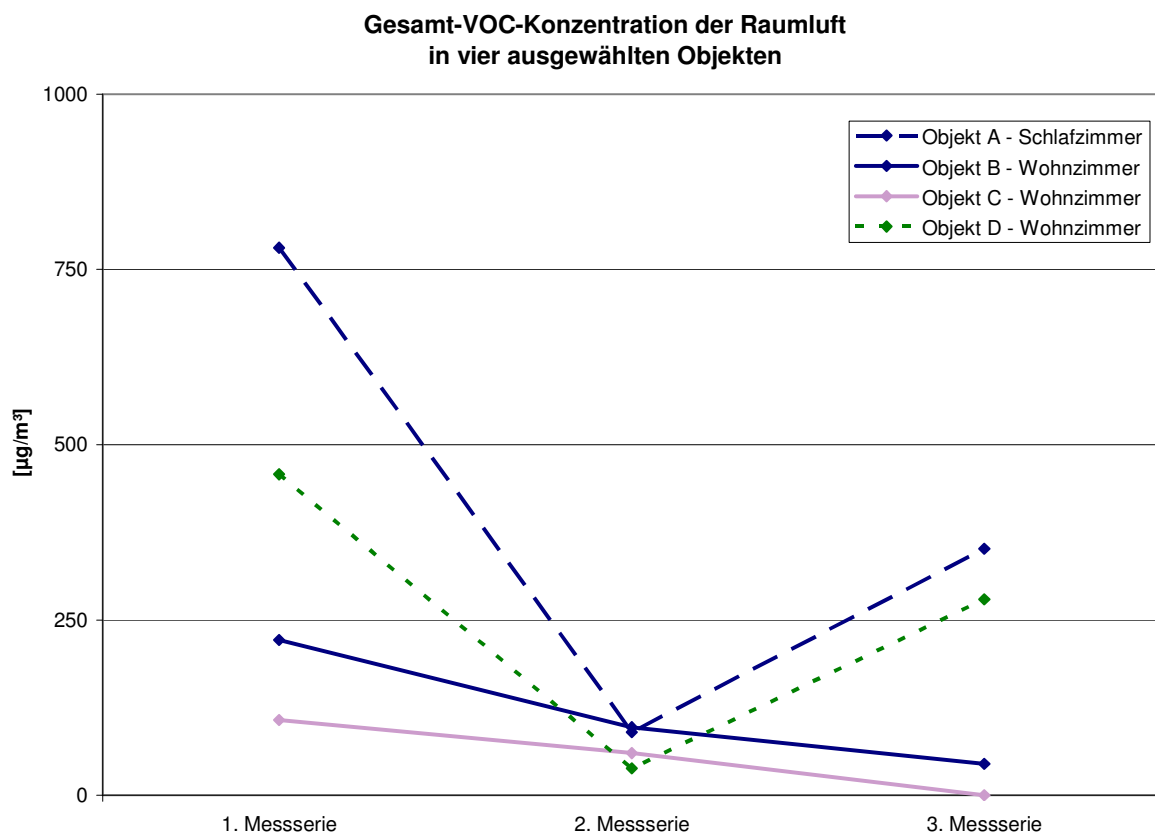


Abb. 3.7: Ergebnisse der drei Messserien in vier ausgewählten Objekten

3.7 Beurteilung der VOC-Konzentrationen in der Raumluft

3.7.1 Allgemeines zur Beurteilung

Der Begriff flüchtige organische Verbindungen (volatile organic compounds = VOC) bezeichnet im Folgenden eine Gruppe organischer Verbindungen, die bei normalen Atmosphärendruck einen Siedebereich von etwa 50-100 °C bis 240-260 °C aufweisen⁴.

Die Ergebnisse einmaliger Messungen geben den Momentanzustand der Konzentrationen von flüchtigen organischen Verbindungen wieder und gelten für die zum Zeitpunkt der Messung herrschenden Bedingungen.

3.7.2 Beurteilungsgrundlagen für VOC

Ein Vergleich mit durchschnittlichen Innenraumkonzentrationen an flüchtigen organischen Verbindungen beruht auf Angaben in der Literatur^{5 6} und aus eigenen Untersuchungen.

Grenzwerte für flüchtige organische Verbindungen in der Luft von Innenräumen⁷ sind in Österreich nicht vorhanden. In einer vom Umweltministerium und der österreichischen Akademie der Wissenschaften herausgegebenen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft werden Richtwerte für die Innenraumluft festgelegt⁸. Ziel dieser Richtlinie ist es, eine österreichweit einheitliche Erfassung und Bewertung der Innenraumluft zu ermöglichen. Die angegebenen Richtwerte sind als wirkungsbezogene Innenraumrichtwerte (WIR) definiert, wobei ein WIR jene Konzentration darstellt, bei dessen Unterschreitung gemäß dem derzeitigen Wissensstand mit keiner schädigenden Wirkung zu rechnen ist.

Für Tetrachlorethen (auch PER oder TCE) ist der WIR mit 250 µg/m³ und für Styrol mit 40 µg/m³ als 7-Tages-Mittelwerte festgelegt, für Toluol mit 75 µg/m³ als Stunden-Mittelwert. Bei Überschreitung dieser Werte sind Maßnahmen einzuleiten, die nach dem Stand der Technik geeignet sind, eine Reduktion der Raumluftkonzentration herbeizuführen. Bei Unterschreiten des Wertes von 10 µg/m³ Styrol bei einer Kurzzeitmessung unter worst-case Bedingungen wird davon ausgegangen, dass auch der WIR unterschritten ist. Eine Langzeitmessung wäre dann nicht erforderlich.

Für die krebserregende Substanz Benzol werden keine wirkungsbezogenen Grenzkonzentrationen, sondern nur Werte zur Begrenzung des Krebsrisikos angegeben. In

⁴ WHO (1989): Indoor Air Quality: organic pollutants. Euro Reports and Studies No. 111. Copenhagen: World Health Organisation, Regional Office for Europe

⁵ Krause C et al. (1991): Umwelt Survey Band IIIc Wohn-Innenraum: Raumluft. WaBoLu-Hefte 4/1991, Institut für Wasser-Boden- und Lufthygiene, Berlin

⁶ Schleibinger H et al. (2001): VOC-Konzentrationen in Innenräumen des Großraums Berlin im Zeitraum von 1988 bis 1999. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 51, Jan/ Feb 2001

⁷ 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 (2006)

⁸ BMLFUW (2006): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Blau- Weiße Reihe (Loseblattsammlung), aktuelle Ausgabe

den Luftqualitätskriterien VOC⁹ wird ein Aktionswert von 10 µg/m³ und ein Zielwert von 2,5 µg/m³ jeweils als Jahresmittelwert angegeben.

Zur Beurteilung weiterer Einzelsubstanzen bzw. Gruppen ähnlicher Substanzen können auch die von der deutschen Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AGLMB bzw. der Landesgesundheitsbehörde Hamburg für VOC festgelegten Richtwerte dienen. Es wurden zwei unterschiedlich hohe Richtwerte festgelegt¹⁰: Bei Überschreitung von Richtwert II besteht unverzüglich Handlungsbedarf, da bei Überschreitungen dieses Richtwertes bei Daueraufenthalt in diesen Räumen eine gesundheitliche Gefährdung vorliegt. Bei Überschreitung von Richtwert I sind bei lebenslanger Exposition allein durch den Luftpfad gesundheitliche Beeinträchtigungen nicht auszuschließen. Eine Überschreitung des Richtwertes I ist mit einer über das übliche Maß hinausgehenden, hygienisch unerwünschten Belastung verbunden.

Aus kontrollierten Wirkungsstudien mit VOC-Gemischen definierter Zusammensetzung kann geschlossen werden, dass die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Reizwirkungen und Geruchswahrnehmungen mit steigender Gesamtkonzentration des Gemisches, ausgedrückt als VOC-Gesamtkonzentration, zunimmt. Wegen der Variabilität der Zusammensetzung des VOC-Spektrums und der daraus resultierenden Vielfalt möglicher Wirkungsendpunkte lassen sich jedoch keine abgesicherten Dosis-Wirkungs-Beziehungen angeben. Mit steigender Konzentration nimmt jedoch die Wahrscheinlichkeit zu, dass sich spezifische Quellen an VOC in den jeweiligen Innenräumen befinden.

Aufgrund der beschriebenen Einschränkungen der Aussagekraft eines VOC-Summenparameters werden in der österreichischen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft keine Richt-, sondern Orientierungswerte vorgeschlagen¹¹. Diese Orientierungswerte basieren nicht auf einer toxikologischen Ableitung, sondern spiegeln die in der Praxis auftretenden Konzentrationsbereiche wider. Der VOC Summenparameter eignet sich demnach nicht als Kriterium für eine allfällige gesundheitliche Bewertung, sondern ist vielmehr als einer der Indikatoren für die Gesamtsituation anzusehen. Kanzerogene und Geruchsstoffe sowie Verbindungen, für welche Einzelstoffbewertungen vorliegenden, sind dabei einer gesonderten Betrachtung zu unterziehen.

⁹ Akademie der Wissenschaften (1997): Flüchtige Kohlenwasserstoffe in der Atmosphäre – Luftqualitätskriterien VOC, Band 2, Hrsg. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie

¹⁰ Bundesgesundheitsblatt (1996): Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema – Bundesgesundheitsblatt 11/96 und Sagunski H (2004): Umgang mit innenraumbezogenen Beschwerden. In: Österr. Institut für Baubiologie und -ökologie (Hrsg.): Kongresstagungsband des Kongresses Gesunde Raumluft. Schadstoffe in Innenräumen – Prävention und Sanierung., Wien. IBO-Verlag, Wien: 129-134

¹¹ BMLFUW (2006): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Blau- Weiße Reihe (Loseblattsammlung), aktuelle Ausgabe

Tabelle 3.7.1 Österreichische und deutsche Grenz- und Richtwerte für ausgewählte VOC

Substanz	Bezeichnung	Raumluft-konzentration [µg/m³]	Bemerkungen
Tetrachlorethen (TCE, PER)	WIR – wirkungsbezogener Innenraumrichtwert	250	7-Tages Mittelwert
	Grenzwert laut Bundesimmissions- schutzgesetz ¹²	149 (0,1 mg/m³)	7-Tages Mittelwert Gültig in Deutschland
Styrol	WIR – wirkungsbezogener Innenraumrichtwert	40	7-Tages Mittelwert
		10	Stunden-Mittelwert, bei Unterschreitung keine 7-Tages Messung nötig
	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AGLMB ¹³	30	Richtwert I: keine Gefährdung
		30 ... 300	Zwischenbereich ^a
		300	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Toluol	WIR – wirkungsbez. Innenraumrichtwert	75	Stunden-Mittelwert
	WIK – wirkungsbez. Immissionsgrenzkonz. ¹⁴	300	Luftqualitätskriterien VOC, Akademie der Wissenschaften, Tagesmittelwert
	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AGLMB ¹⁵	300	Richtwert I: keine Gefährdung
		300 ... 3.000	Zwischenbereich ^a
		3.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Xylole	WIK – wirkungsbez. Immissionsgrenzkonz. ^b	350	Tagesmittelwert
Benzol	WIK – wirkungsbez. Immissionsgrenzkonz. ^b	2,5	Zielwert
		10	Aktionswert
Summe C ₁ -C ₄ - Alkylbenzole	Landesgesundheits- behörde Hamburg, Deutschland ¹⁶	300	Richtwert I: keine Gefährdung
		300 ... 3.000	Zwischenbereich ^a
		3.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf

^a Zwischenbereich: hygienisch unerwünschte Situation

^b Literaturzitat siehe Toluol WIK (wirkungsbezogene Immissionsgrenzkonzentration)

¹² 2. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (1990): Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen (BGBl. I S. 2694)

¹³ Sagunski H (1998): Richtwerte für die Innenraumluft: Styrol, Bundesgesundheitsblatt 41 (9): 392-398

¹⁴ Akademie der Wissenschaften (1997): Flüchtige Kohlenwasserstoffe in der Atmosphäre – Luftqualitätskriterien VOC, Band 2, Hrsg. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie

¹⁵ Sagunski H (1996): Richtwerte für die Innenraumluft: Toluol, Bundesgesundheitsblatt 39 (11): 416-421

¹⁶ Sagunski H (2004): Umgang mit innenraumbezogenen Beschwerden. In: Österr. Institut für Baubiologie und -ökologie (Hrsg.): Kongresstagungsband des Kongresses Gesunde Raumluft. Schadstoffe in Innenräumen – Prävention und Sanierung., Wien. IBO-Verlag, Wien: 129-134

Tabelle 3.7.2 Österreichische und deutsche Richtwerte für ausgewählte VOC

Substanz	Bezeichnung	Raumlufkonzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bemerkungen
Summe C ₉ -C ₁₄ -Alkane/ -Isoalkane	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe IRK/ AGLMB ¹⁷	200	Richtwert I: Vorsorgewert
		200 ... 2.000	Zwischenbereich ^a
		2.000	Richtwert II: Gefahrenrichtwert
Summe bicyclischer Terpene	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AGLMB ¹⁸	200	Richtwert I: keine Gefährdung
		200 ... 2.000	Zwischenbereich ^a
		2.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Summe monocyclischer Terpene	Landesgesundheits- behörde Hamburg, Deutschland ^b	200	Richtwert I: keine Gefährdung
		200 ... 2.000	Zwischenbereich ^a
		2.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
N-Methylpyrrolidon	Landesgesundheits- behörde Hamburg, Deutschland ^b	40	Richtwert I: keine Gefährdung
		40 ... 400	Zwischenbereich ^a
		400	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Propanal, Hexanal, Furfural	Landesges.behörde Hamburg, Deutschland ^b	20	Pro Einzelsubstanz – Richtwert I: keine Gefährdung
Summe C ₂ -C ₆ - Aldehyde	Landesges.behörde Hamburg, Deutschland ^b	1.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Decamethyl- pentacyclosiloxan (Siloxan D5)	Landesgesundheits- behörde Hamburg, Deutschland ^b	300	Richtwert I: keine Gefährdung
		300 ... 3.000	Zwischenbereich ^a
		3.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Texanoldiisobutyrat (TXIB)	Landesgesundheits- behörde Hamburg, Deutschland ^b	10	Richtwert I: keine Gefährdung
		10 ... 1.000	Zwischenbereich ^a
		1.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf

^a Zwischenbereich: hygienisch unerwünschte Situation

^b Literaturzitat siehe C₁-C₄-Alkylbenzole

Es existieren weiters österreichische und deutsche Orientierungswerte für „Gesamt VOC“ bzw. TVOC (total volatile organic compounds). In Deutschland wurden zusätzlich für einzelne Substanzklassen von VOC Richt- und Zielwerte publiziert. Diese Werte stellen jedoch keine toxikologisch abgeleiteten Werte im Sinne von wirkungsbezogenen Innenraumrichtwerten dar.

¹⁷ Sagunski H, Mangelsdorf I (2005): Richtwerte für die Innenraumluf: Aromatenarme Kohlenwasserstoffgemische (C₉-C₁₄). Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 48

¹⁸ Sagunski H, Heinzow B (2003): Richtwerte für die Innenraumluf: Bicyclische Terpene. Bundesgesundheitsblatt 46 (4): 346-352

Tabelle 3.7.3 Österreichische und deutsche Orientierungswerte „Gesamt VOC“

Bezeichnung	Bewertung der Konzentration	Raumluftkonzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bemerkungen
Österreichische Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft ¹⁹	Niedrig	< 250	Keine Richtwerte, keine scharfen Abgrenzungen der Bereiche, keine toxikologische Bewertung, Angabe des Messverfahrens nötig
	Durchschnittlich	250 ... 500	
	Leicht erhöht	500 ... 1.000	
	Deutlich erhöht	1.000 ... 3.000	
	Stark erhöht	> 3.000	
Schleibinger et al. (2002) ²⁰	Zielwert	< 300	Keine Definition der Messmethodik, keine toxikologische Bewertung
	Richtwert	1.000	
Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AGLMB ²¹ definiert für TVOC	Hygienisch unbedenklich	< 300	Unbedenklich, soweit keine Richtwertüberschreitungen vorliegen Nutzung nur befristet akzeptabel (< 12 Monate) Nutzung nur befristet akzeptabel (< 1 Monat) Raumnutzung möglichst vermeiden
	Hygienisch noch unbedenklich	300 ... 1000	
	Hygienisch auffällig	1.000 ... 3.000	
	Hygienisch bedenklich	3.000 ... 10.000	
	Hygienisch inakzeptabel	> 10.000	

Tabelle 3.7.4 Ziel- und Richtwerte für Klassen von VOC (Deutschland)^a

Substanzklasse	Richtwerte nach Schleibinger et al. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Zielwerte nach Schleibinger et al. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Zielwerte nach Seifert ²² [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Summe Alkane	200	50	100
Summe Aromaten	200	50	50
Summe Terpene und Sesquiterpene	150	40	30
Summe Chlorierte Kohlenwasserstoffe	20	5	30 (Halogenierte KW)
Summe Aldehyde	120	50	20 (Aldehyde/Ketone)
Summe Ketone	50	20	
Summe Glykolester und -ether	100	20	20 (Ester)
Summe Ester einwertiger Alkoh.	50	20	
Summe Alkene	10	5	
Summe Alkohole	50	20	
Andere			50

^a

Werte dienen als Orientierung. Für eine Bewertung werden die anerkannten deutschen und österreichischen Richt- und Orientierungswerte herangezogen.

¹⁹ BMLFUW (2006): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Blau- Weiße Reihe (Loseblattsammlung), aktuelle Ausgabe

²⁰ Schleibinger H et al. (2002): Ziel- und Richtwerte zur Bewertung der VOC-Konzentrationen in der Innenraumluft – ein Diskussionsbeitrag, Umweltmedizin in Forschung und Praxis 7 (3): 139-147

²¹ Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AGLMB (2007): Beurteilung der Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten.

²² Seifert B (1990): Regulating Indoor Air. Proceedings of the 5th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Toronto, Canada, Vol 5: 35-50

3.7.3 Bewertung der Messergebnisse

Messserie 1 (Sommer 2008)

In der Luft der bei Messserie 1 untersuchten Räume wurden flüchtige organische Verbindungen in für Innenräume zum Teil stark erhöhten Konzentrationen nachgewiesen. Vor allem in den Kellerräumen wurden erhöhte VOC-Konzentrationen gemessen. Die höchsten VOC-Summenkonzentrationen wurden in den ehemaligen Tankräumen der Objekte B und E gemessen. Ebenfalls wurden in A - Schlafzimmer, A - Keller, C - Keller und F - Keller (ehem. Tankraum) deutlich erhöhte Konzentrationen gemessen. Es konnten vor allem Verbindungen aus der Gruppe der Aliphaten und Isoaliphaten, sowie Aromaten nachgewiesen werden.

Die Substanz Toluol lag in Objekt B mit einer Konzentration von etwa 6 mg/m³ im Keller (ehem. Tankraum) sowie mit etwa 0,12 mg/m³ im Wohnzimmer (über ehem. Tankraum) ebenfalls in einem atypisch hohen Konzentrationsbereich. Dabei wurde in beiden Räumen der in Österreich gültige wirkungsbezogene Innenraumrichtwert (WIR) für Toluol überschritten. Der Richtwert II der deutschen Ad-Hoc Arbeitsgruppe für Toluol wurde im ehemaligen Tankraum des Objektes B ebenfalls überschritten. Diese Substanz wurde vermutlich zur Dekontamination der Bauteile nach dem Heizölschaden eingesetzt.

Die festgestellte Gesamtkonzentration flüchtiger organischer Verbindungen war nach dem österreichischen Schema zur Bewertung der VOC-Summenkonzentrationen in den untersuchten Räumen B - Keller (ehem. Tankraum) sowie E - Keller (ehem. Tankraum) als „stark erhöht“, in den Räumen C - Keller unter Wohnzimmer und F - Keller (ehem. Tankraum) als „deutlich erhöht“ sowie in den Räumen A - Schlafzimmer und A - Keller als „leicht erhöht“ einzustufen.

In den übrigen untersuchten Räumen wurden für Innenräume typische flüchtige organische Verbindungen (VOC) in nicht auffälligen Konzentrationen nachgewiesen. Die festgestellte Gesamtkonzentration flüchtiger organischer Verbindungen war nach dem österreichischen Schema zur Bewertung der VOC-Summenkonzentrationen in diesen Räumen im Bereich „niedrig“ bis „durchschnittlich“ einzustufen.

Messserie 2 (Winter 2008/2009) sowie Messserie 3 (Sommer 2009)

Generell konnten bei allen Objekten, bei denen eine signifikante VOC-Belastung festgestellt wurde, allerdings mit Ausnahme von Objekt A (Keller), ein Rückgang der Konzentrationen an flüchtigen organischen Verbindungen im Vergleich zu Messserie 1 festgestellt werden. In den Kellerräumen der Objekte A, B, C, E und F wurden noch deutlich erhöhte Konzentrationen flüchtiger organischer Verbindungen festgestellt.

Die Gesamtkonzentration flüchtiger organischer Verbindungen war nach dem österreichischen Schema zur Bewertung der VOC-Summenkonzentrationen in den untersuchten Räumen, mit Ausnahme der Kellerräume, als „niedrig“ einzustufen.

3.7.4 Weiterführende Interpretation der VOC-Messergebnisse

Es wurde festgestellt, dass generell in Gebäuden, welche im Jahr 2002 von einem Heizölschaden betroffen waren (Objekte H bis L), nur noch geringe Spuren von Heizölbestandteilen (Aliphaten, Alicyclen) in der Raumluft nachgewiesen werden konnten. Dies ist auf die Durchführung verschiedener Maßnahmen (z. B. Bauteiltausch), auf die relativ kurze Einwirkdauer des Heizöls beim Hochwasser 2002 sowie die Verflüchtigung der Ölbestandteile zurückzuführen. Welcher der angeführten Aspekte im Einzelfall maßgeblich war, kann aufgrund der fehlenden Raumluftmessungen im Zeitraum 2002 bis 2008 nicht angegeben werden. In Anbetracht der nicht weiter auffälligen Ergebnisse wurden in diesem Gebiet keine weiteren Raumluftmessungen durchgeführt.

Beim Hochwasser 2006 in Dürnkrot waren primär Gebäude betroffen, die im Zuge eines Siedlungsbaues in den 50-er Jahren des letzten Jahrhunderts errichtet wurden. In allen bei diesem Hochwasser betroffenen Objekten wurden ölverunreinigte Bauteile entfernt bzw. ölkontaminierte, nicht entfernte Decken abgedichtet.

Durch die Auswertung von Messungen oberhalb und unterhalb der abgedichteten, ölkontaminierten Decke in Objekt C konnte dokumentiert werden, dass eine Abdichtung das gewünschte Ergebnis erzielt, wenn sie fachlich richtig ausgeführt wird. Die Belastung der Raumluft im Kellergeschoß mit Heizölbestandteilen lag erheblich über der im darüberliegenden Wohnzimmer.

Im Falle einer Einhängeziegeldecke wurden die Einhängeziegel ausgewechselt, die Deckenträger aus Metall jedoch belassen (Objekt A). Zirka 1,5 Jahre nach dem Hochwasser zeigten sich an der Deckenuntersicht Ölschichten entlang der Deckenträger. Die Raumluft im unterhalb dieser Decke liegenden Raum (ehem. Tankraum) wies bei der ersten Raumluftmessung erhöhte Werte auf, bei der ein Jahr danach durchgeführten Messung lagen die Werte noch höher. Im darüber liegenden Schlafraum konnten bei der ersten Messserie leicht erhöhte Werte der VOC-Konzentration nachgewiesen werden. In dem unmittelbar neben dem Schlafraum gelegenen Wohnraum hingegen wurden keine erhöhten VOC-Werte in der Raumluft gemessen.



Abb. 3.8: Deckenuntersicht des ehemaligen Tankraumes im Kellergeschoß (Objekt A)

Generell konnte festgestellt werden, dass bei allen Objekten, die an den drei durchgeführten Messserien teilgenommen hatten, die Raumluft in den Wintermonaten weniger durch Heizölbestandteile belastet war als in den Sommermonaten. In allen Fällen mit Ausnahme von oben erwähntem Kellerraum kam es zu einer Abnahme der Belastung im Laufe eines Jahres.

Anhand der durchgeführten Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass zur Expositionsermittlung im Sommer durchgeführte Raumluftmessungen am aussagekräftigsten sind. Zur Kontrolle der Wirksamkeit von durchgeführten Sanierungsmaßnahmen empfiehlt sich eine Raumluftmessung unmittelbar nach der Sanierung sowie ein Jahr danach.

4 TEIL C: LABORVERSUCHE IN ZUSAMMENHANG MIT SANIERUNGEN VON HEIZÖLSCHÄDEN

4.1 Vorbemerkung

Im Zuge des parallel zu den Messungen durchgeführten dritten Studienteiles wurden zur Ermittlung des Eindringverhaltens von Wasser und Öl in verschiedene Baustoffe sowie zur Evaluierung unterschiedlicher Methoden zur Sanierung von Heizölschäden Laborversuche durchgeführt. Bei den Laborversuchen wurden sowohl Baumaterialien als auch für diese Zwecke hergestellte Bauteilprüfkörper untersucht.

Ursprünglich war geplant, im Zuge eines Feldversuches ein mit Heizöl kontaminiertes Objekt kontrolliert zu sanieren. Da jedoch im Versuchszeitraum kein geeignetes Objekt zur Verfügung stand, wurde statt dessen die Anzahl der im Labor durchgeführten Untersuchungen erhöht.

4.2 Prüfung von Baumaterialien

4.2.1 Vorgangsweise

Anhand der Materialversuche sollen sowohl die Menge und Geschwindigkeit der Ölaufnahme der einzelnen Baustoffe als auch das Verhältnis der Öl- zur Wasseraufnahme festgestellt werden. Die zu prüfenden Baumaterialien waren Normalformat-Ziegel (NF-Ziegel, Format 25x12x6,5 cm) und Beton (Format 15x15x15 cm).

Die Baumaterialversuche fanden im Labor des Österreichischen Instituts für Baubiologie und -ökologie im Zeitraum von Oktober 2008 bis November 2009 statt. Es wurde der zeitliche Verlauf der kapillaren Ölaufnahme und im Vergleich dazu der kapillaren Wasseraufnahme ermittelt, wobei die Prüfung beginnend vom lufttrockenen Zustand bis zur vollständigen Durchfeuchtung des Materials erfolgte. Die Prüfung wurde bei einer Temperatur von 20 ± 2 °C durchgeführt. Untersucht wurde das Öl- und Wassereindringverhalten sowie die Entwicklung der Öl- bzw. Wasserabgabe über einen Zeitraum von 13 Monaten.

Die Proben wurden auf Distanzhaltern in einem mit Öl bzw. Wasser gefüllten Gefäß gelagert. Diese punktförmige Lagerung ermöglicht einen allseitigen Kontakt der Probekörper mit der Flüssigkeit. Der Flüssigkeitsspiegel lag während der gesamten Versuchsdurchführung 5 ± 2 mm über dem höchsten Punkt der Probenunterseite.

Die Trocknungsgeschwindigkeit der Materialien spiegelt die Flüssigkeitsabgabe bei freier Lagerung der Proben wider. Die Trocknung von im Gebäude verbauten Materialien dauert aufgrund der



Abb. 4.1: In Wasser gelagerter Betonprüfkörper nach 10 Tagen

reduzierten freien Oberfläche länger.

Es wurden mehrere Versuche zu den einzelnen Aufnahme- und Abgabeverhalten durchgeführt. Die angegebenen Werte beziehen sich jeweils auf die Ausgangsmasse des Probekörpers, das spezifische Gewicht von Wasser bzw. Öl wurde nicht berücksichtigt²³. Es wurde die Massenzunahme und -abgabe gemessen, nicht aber das aufgenommene Wasser- bzw. Ölvolumen.



Abb. 4.2: In Öl gelagerter Betonprüfkörper und NF-Ziegel

Die prozentuelle Aufnahme von Wasser bzw. Öl wurde folgendermaßen berechnet:

$$\text{Wasser-/Ölaufnahme} = (\text{Endmasse} - \text{Startmasse}) / \text{Startmasse} * 100 [\%]$$

Startmasse: Masse der Probe vor Versuchsdurchführung bei einer Lagerung bei etwa 20±2 °C Lufttemperatur und 50±20 % relativer Luftfeuchtigkeit

Endmasse: Masse der Probe nach Beendigung des Versuches

Die Lagerung der Probekörper erfolgte bei Raumtemperatur in den Laborräumen des Auftragnehmers mit raumluftechnischer Anlage und 4-fachem Luftwechsel bei einer Temperatur von 20±2 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50±20 %.



Abb. 4.3: NF-Ziegel nach Lagerung in Heizöl (links) und Wasser (rechts)



Abb. 4.4: Prüfkörper im Labor

²³ Das spezifische Gewicht von Wasser beträgt 1.000 kg/m³ (bei 4 °C), das von Heizöl leicht beträgt ca. 850 kg/m³ (bei 15 °C).

4.2.2 Beschreibung der Proben

In Summe wurden 16 NF-Ziegel und 11 Betonprüfkörper untersucht. Bei den NF-Ziegeln handelte es sich um den *Mauerziegel NF voll* der Firma Wienerberger (A-2332 Hennersdorf, Hauptstraße 2) mit einer Dichte von 1.530 kg/m^3 . Bei den Betonprüfkörpern handelt es sich um Würfel mit der Seitenlänge von 15 cm, hergestellt von der Firma Baustofftechnik (A-8670 Krieglach, Schwöbing 26) in den Festigkeitsklassen C25/30 B1 (für Kellerwand) mit einer Rohdichte von 2.385 kg/m^3 und C16/20 XC1 (für Kellerdecke) mit einer Rohdichte von 2.380 kg/m^3 .

Tabelle 4.2.1 Beschreibung der Materialproben

Probenbeschreibung Materialversuche		
Probennr.	Bezeichnung	Prüfumfang
NF_W1	NF-Ziegel (Format 25x12x6,5 cm)	2 Stunden Wasserlagerung
NF_W2	NF-Ziegel (Format 25x12x6,5 cm)	5 Stunden Wasserlagerung, anschließend Öllagerung
NF_W3	NF-Ziegel (Format 25x12x6,5 cm)	6 Tage Wasserlagerung
NF_W4	NF-Ziegel (Format 25x12x6,5 cm)	24 Stunden Wasserlagerung, anschließend Öllagerung
NF_W5	NF-Ziegel (Format 25x12x6,5 cm)	30 Minuten Wasserlagerung, anschließend Öllagerung
NF_W6	NF-Ziegel (Format 25x12x6,5 cm)	45 Tage Wasserlagerung
NF_W7	NF-Ziegel (Format 25x12x6,5 cm)	24 Stunden Wasserlagerung
NF_W8	NF-Ziegel (Format 25x12x6,5 cm)	203 Tage Wasserlagerung
NF_O1	NF-Ziegel (Format 25x12x6,5 cm)	2 Stunden Öllagerung
NF_O2	NF-Ziegel (Format 25x12x6,5 cm)	6 Tage Öllagerung
NF_O3	NF-Ziegel (Format 25x12x6,5 cm)	7 Tage Öllagerung
NF_O4	NF-Ziegel (Format 25x12x6,5 cm)	1 Stunden Öllagerung
NF_O5	NF-Ziegel (Format 25x12x6,5 cm)	30 Minuten Öllagerung
NF_O6	NF-Ziegel (Format 25x12x6,5 cm)	97 Tage Öllagerung
NF_O7	NF-Ziegel (Format 25x12x6,5 cm)	24 Stunden Öllagerung
NF_O8	NF-Ziegel (Format 25x12x6,5 cm)	24 Tage Öllagerung
B_W1	Betonprüfkörper (Format 15x15x15 cm), C16/20	24 Stunden Wasserlagerung
B_W2	Betonprüfkörper (Format 15x15x15 cm), C25/30	46 Tage Wasserlagerung
B_W3	Betonprüfkörper (Format 15x15x15 cm), C25/30	2 Stunden Wasserlagerung
B_W4	Betonprüfkörper (Format 15x15x15 cm), C16/20	24 Stunden Wasserlagerung
B_W5	Betonprüfkörper (Format 15x15x15 cm), C25/30	166 Tage Wasserlagerung
B_W6	Betonprüfkörper (Format 15x15x15 cm), C16/20	6 Stunden Wasserlagerung
B_O1	Betonprüfkörper (Format 15x15x15 cm), C25/30	24 Stunden Öllagerung
B_O2	Betonprüfkörper (Format 15x15x15 cm), C25/30	97 Tage Öllagerung
B_O3	Betonprüfkörper (Format 15x15x15 cm), C25/30	2 Stunden Öllagerung
B_O4	Betonprüfkörper (Format 15x15x15 cm), C16/20	24 Stunden Öllagerung
B_O5	Betonprüfkörper (Format 15x15x15 cm), C16/20	6 Stunden Öllagerung

4.2.3 Ergebnisse der Materialversuche

4.2.3.1 Ziegel

Anhand der Ergebnisse der Laborversuche konnte folgendes Wasser- bzw. Ölaufnahme- und -abgabeverhalten von NF-Ziegeln festgestellt werden:

Wasseraufnahme und -abgabe

Es wurde die Wasseraufnahme und -abgabe von acht NF-Ziegeln geprüft.

Die Wasseraufnahme der beprobten Ziegel erfolgte relativ rasch – bereits nach 60 Minuten waren mehr als 80 % der maximalen Wasseraufnahme erreicht. Der Sättigungsgehalt lag bei ca. 24,4 %, bezogen auf die Masse des Ziegels vor Versuchsdurchführung.

Nach 30 Tagen Trocknungszeit bei einer Umgebungstemperatur von 20 ± 2 °C wurde ein Feuchtigkeitsgehalt von 1 % erreicht.

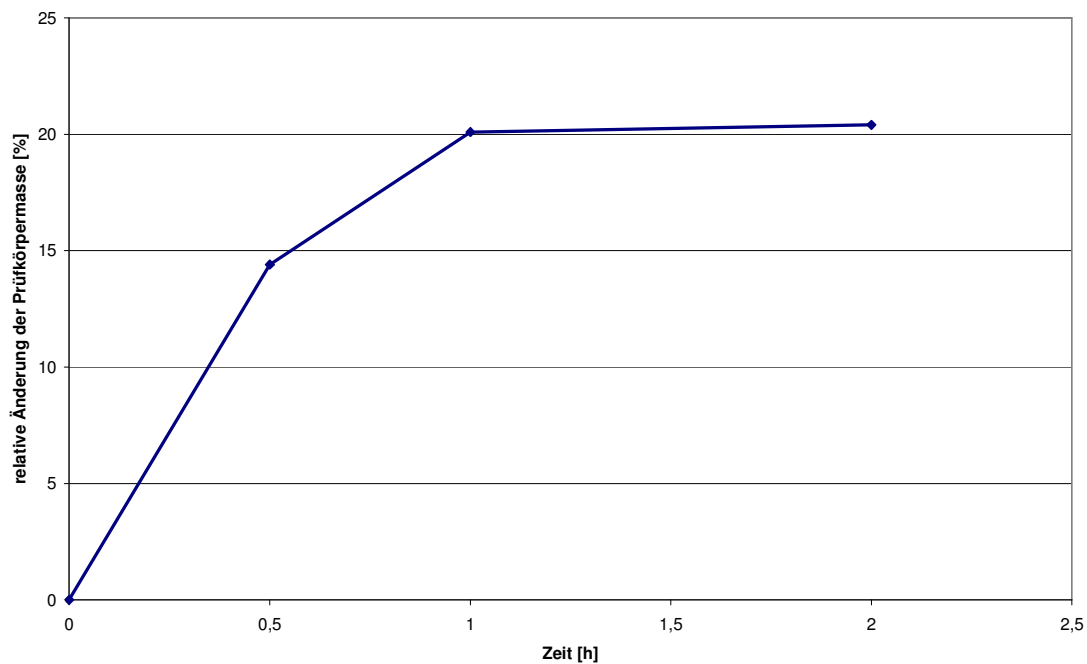


Abb. 4.5: Wasseraufnahme eines zwei Stunden in Wasser gelagerten NF-Ziegels (NF_W1)

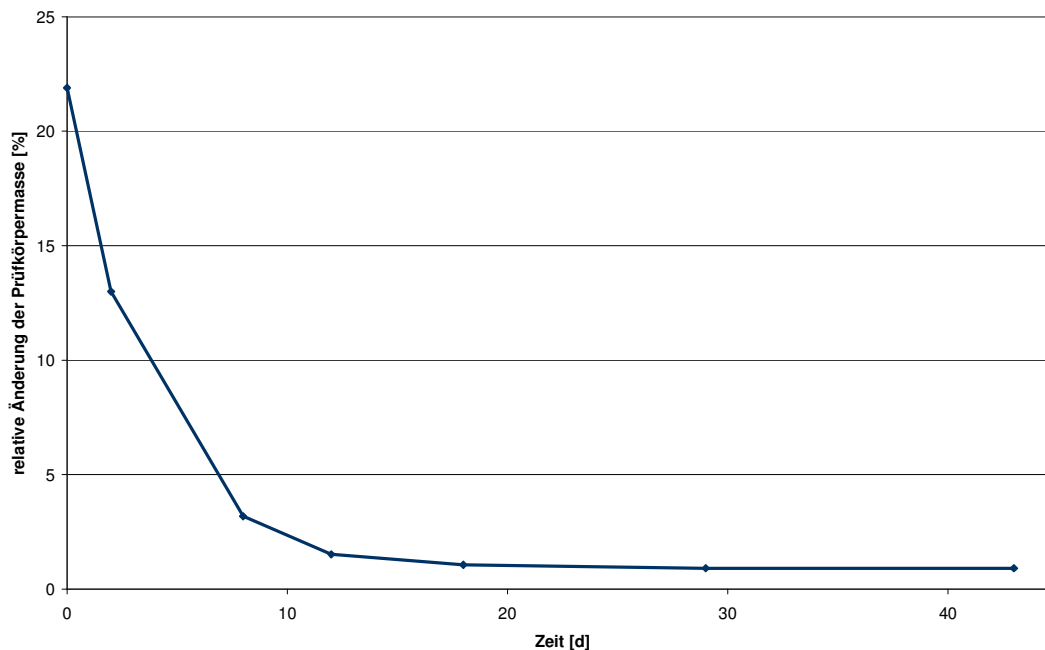


Abb. 4.6: Wasserabgabe eines sechs Tage in Wasser gelagerten NF-Ziegels über einen Zeitraum von 43 Tagen (NF_W3)

Ölaufnahme und -abgabe

Es wurde die Ölaufnahme und -abgabe von acht NF-Ziegeln geprüft.

Die Ölaufnahme der beprobten Ziegel erfolgte wesentlich langsamer als die Wasseraufnahme. Nach 60 Minuten Öllagerung waren ca. 30 % der maximalen Aufnahme, die bei etwa 21,5 % liegt, erreicht. Die 20 %-Marke wurde erst nach einer Öllagerungszeit von 20 Tagen erreicht.

Ebenso erfolgte die Ölabbgabe, verglichen mit der Wasserabgabe, wesentlich langsamer. So betrug der Ölgehalt eines zwei Stunden in Öl gelagerten Ziegels (9,1 %) nach sechs Monaten immer noch 4,7 % bzw. nach 12 Monaten 4,1 %.

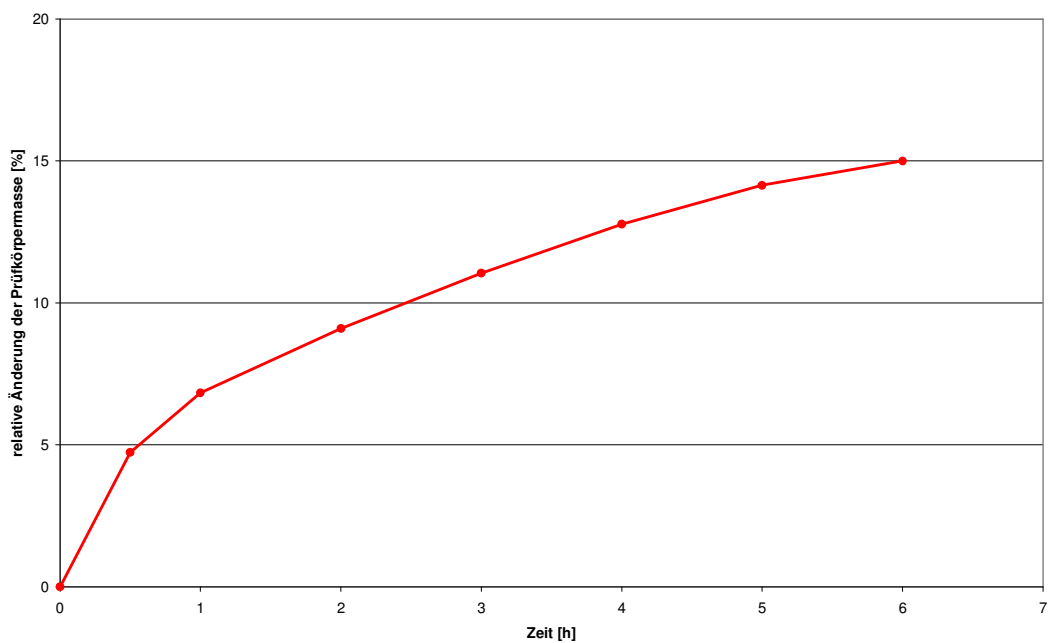


Abb. 4.7: Ölaufnahme eines sechs Stunden in Öl gelagerten NF-Ziegels (NF_O2)

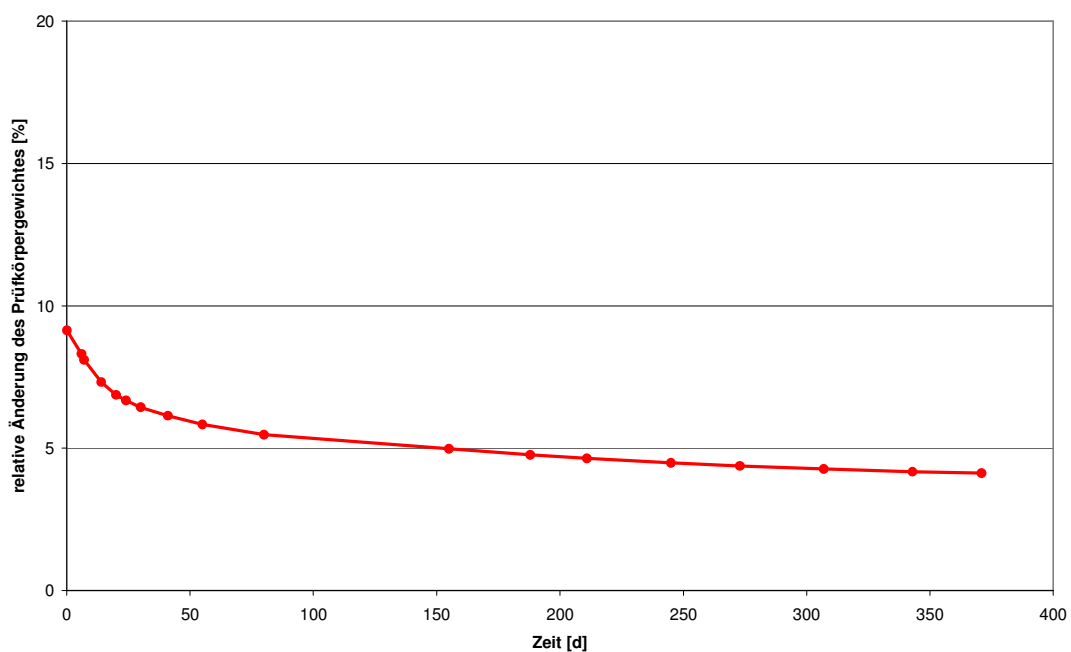


Abb. 4.8: Ölabgabe eines zwei Stunden in Öl gelagerten NF-Ziegels über einen Zeitraum von ca. 13 Monaten (NF_O1)

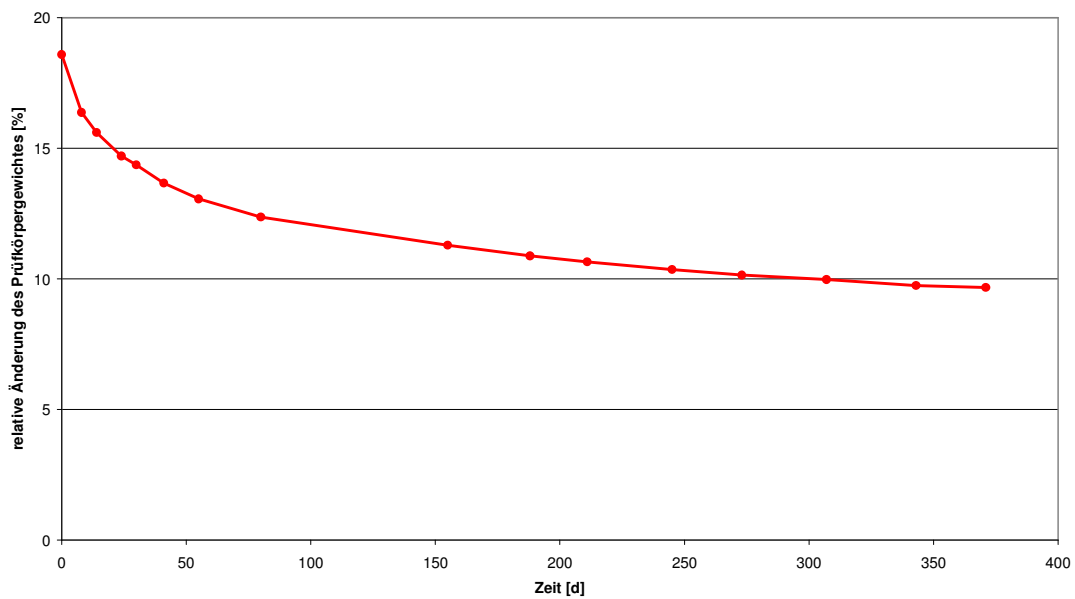


Abb. 4.9: Ölabgabe eines sieben Tage in Öl gelagerten NF-Ziegels über einen Zeitraum von ca. 13 Monaten (NF_03)

Vergleich: Wasser- bzw. Ölaufnahme Ziegel

Während die Wasseraufnahme von NF-Ziegeln rasch erfolgt und bereits nach 24 Stunden 90 % der maximalen Wasseraufnahme erreicht sind, erfolgt die Ölaufnahme langsamer.

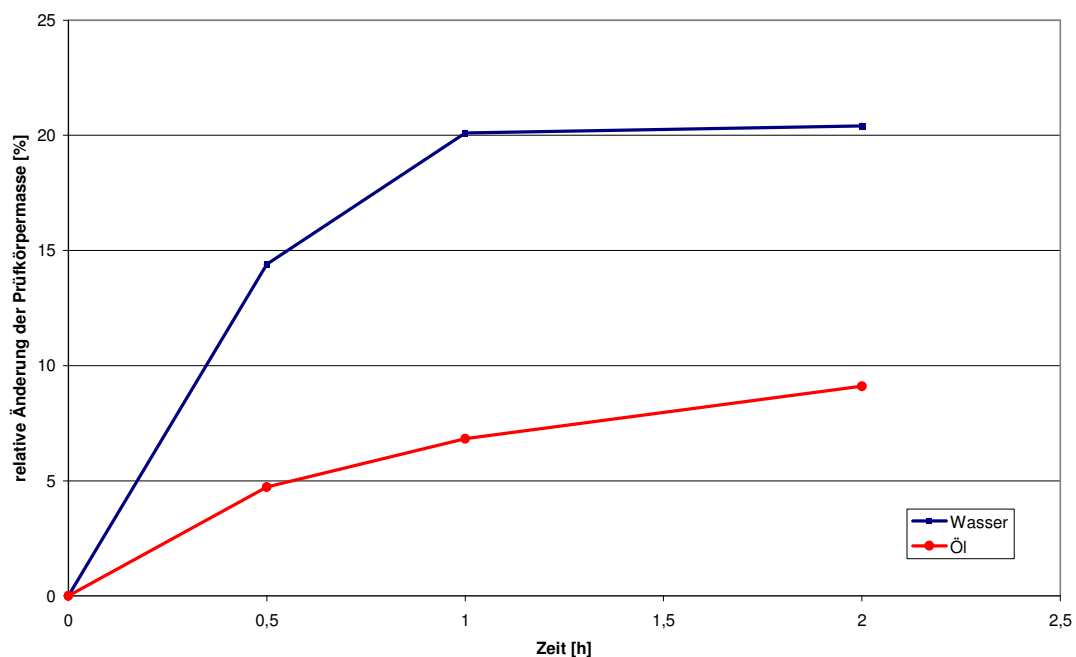


Abb. 4.10: Wasser- bzw. Ölaufnahme von NF-Ziegeln über zwei Stunden (NF_W2, NF_O1)

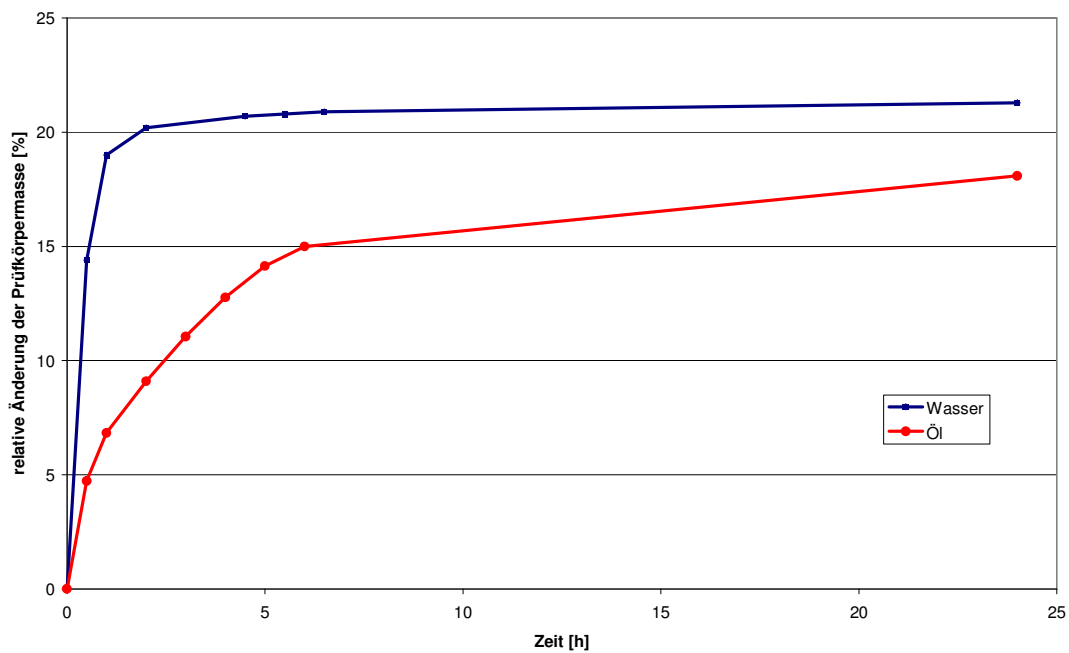


Abb. 4.11: Wasser- bzw. Ölaufnahme von NF-Ziegeln über 24 Stunden (NF_W7, NF_O7)

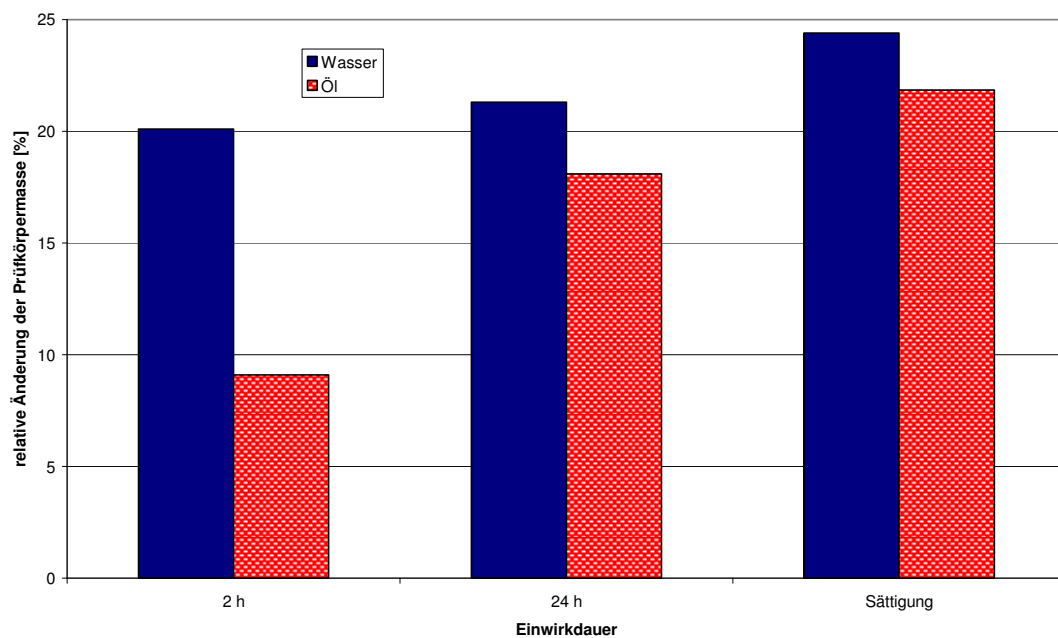


Abb. 4.12: Prozentuelle Massenzunahme von zwei Stunden, 24 Stunden bzw. bis zur Sättigung in Wasser bzw. Öl gelagerten NF-Ziegeln

Vergleich: Wasser- bzw. Ölabgabe Ziegel

Ein wassergesättigter Ziegel erreicht bei Laborbedingungen (20 ± 2 °C Temperatur, 50 ± 20 % rel. Luftfeuchtigkeit) nach etwa 30 Tagen seine Ausgangsmasse. Der Ölanteil in einem mit Öl gesättigten NF-Ziegel nach derselben Trocknungszeit lag bei 19,3 %.

Es konnte festgestellt werden, dass die Ölabgabe kontaminierter Ziegel langsam, aber kontinuierlich erfolgt. Nach rund einem Jahr Trocknung betrug der Ölgehalt eines sechs Tage in Öl gelagerten Ziegels 9,7 Massen-% (s. Abb. 4.9).

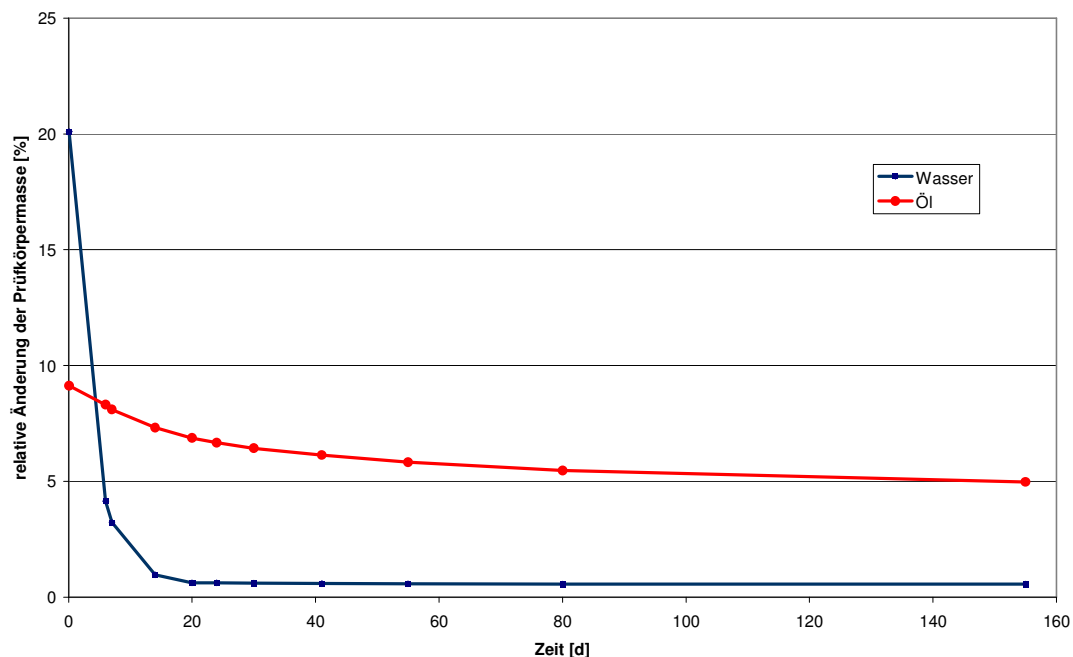


Abb. 4.13: Wasser- bzw. Ölabgabe von zwei Stunden in Wasser bzw. Öl gelagerten NF-Ziegeln (NF_W1, NF_O1)

Tabelle 4.2.2 Versuch NF-Ziegel: zwei Stunden Wasser- bzw. Öllagerung

NF-Ziegel: Massenzu- bzw. -abnahme bei zwei Stunden Wasser- bzw. Öllagerung

	Wasserlagerung			Öllagerung		
	Masse	Differenz		Masse	Differenz	
	[g]	[g]	[%]	[g]	[g]	[%]
Ausgangsmasse	2.908,9			2.984,2		
Masse nach 2 h Wasser- bzw. Öllagerung	3.493,8	584,9	20,1	3.256,8	272,6	9,1
Masse nach 7 Tagen Trocknung	3.003,0	94,1	3,2	3.225,9	241,7	8,1
Masse nach 20 Tagen Trocknung	2.926,8	17,9	0,6	3.189,2	205,0	6,9

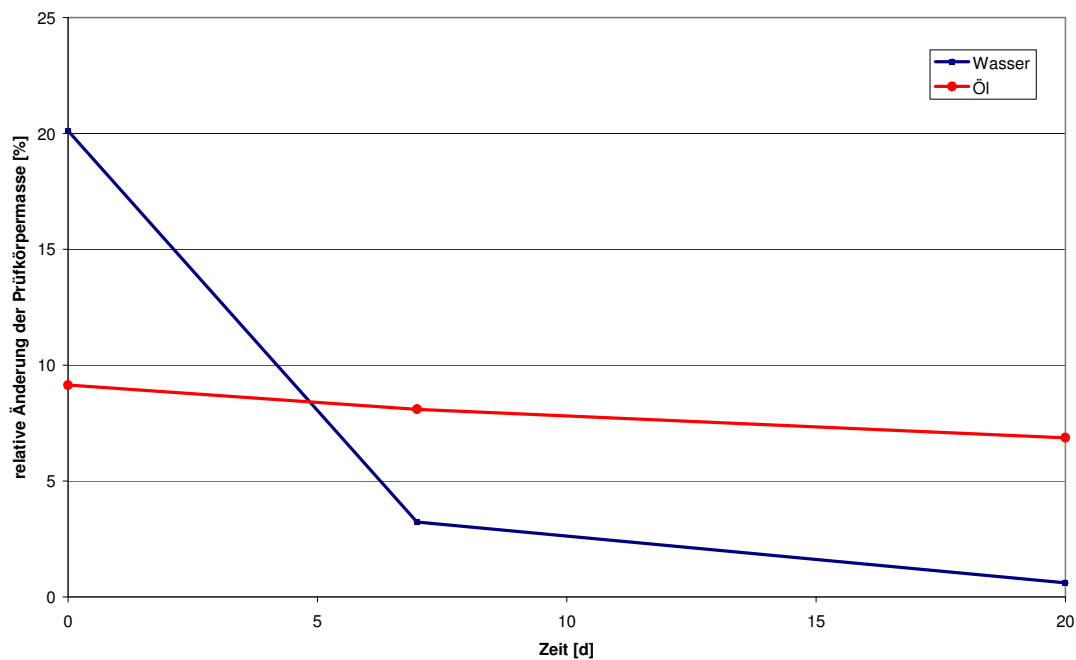


Abb. 4.14: Wasser- bzw. Ölabgabe von zwei Stunden in Wasser bzw. Öl gelagerten NF-Ziegeln über einen Zeitraum von 20 Tagen (NF_W1, NF_O1)

Tabelle 4.2.3 Versuch NF-Ziegel: 24 Stunden Wasser- bzw. Öllagerung

NF-Ziegel: Massenzu- bzw. -abnahme bei 24 Stunden Wasser- bzw. Öllagerung

	Wasserlagerung			Öllagerung		
	Masse	Differenz		Masse	Differenz	
	[g]	[g]	[%]	[g]	[g]	[%]
Ausgangsmasse	2.951,1			2.941,9		
Masse nach 24 h Wasser- bzw. Öllagerung	3.579,1	628,0	21,3	3.474,0	532,1	18,1
Masse nach 7 Tagen Trocknung	3.042,7	91,6	3,1	3.435,8	493,9	16,8
Masse nach 20 Tagen Trocknung	2.980,0	28,9	1,0	3.346,0	404,1	13,7

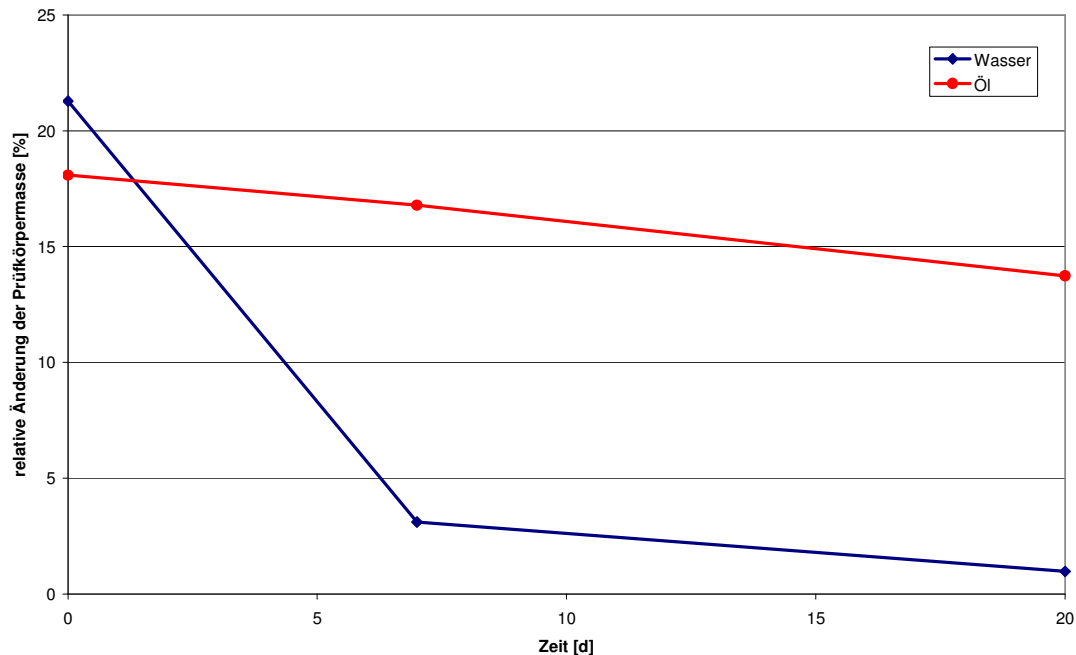


Abb. 4.15: Wasser- bzw. Ölabgabe von 24 Stunden in Wasser bzw. Öl gelagerten NF-Ziegeln über einen Zeitraum von 20 Tagen (NF_W7, NF_O7)

4.2.3.2 Beton

Anhand der Ergebnisse der Laborversuche konnte folgendes Wasser- bzw. Ölaufnahme- und -abgabeverhalten von Betonprüfkörpern festgestellt werden:

Wasseraufnahme und -abgabe

Es wurde die Wasseraufnahme und -abgabe von sechs Betonprüfkörpern geprüft.

Die maximale Wasseraufnahme eines Betonprüfkörpers betrug 0,9 %, bezogen auf die Masse des Probekörpers mit Ausgleichsfeuchte. Nach einer Stunde Wasserlagerung waren rund 50 % der maximalen Aufnahme erreicht.

Die Wasserabgabe erfolgte ähnlich wie beim Ziegel relativ rasch – ein bis zur Sättigung gelagerter Würfel enthielt nach einer Trocknungszeit von 30 Tagen bei einer Lufttemperatur von 20 ± 2 °C 0,3 Massen-% Wasser.

Ölaufnahme und -abgabe

Es wurde die Ölaufnahme und -abgabe von fünf Betonprüfkörpern geprüft.

Nach einer Stunde Öllagerung eines Prüfkörpers betrug der Ölgehalt ca. 0,2 Massen-%. Die maximale Ölaufnahme eines Betonprüfkörpers von rund 0,7 % wurde nach einer Öllagerung von 75 Tagen erreicht.



Abb. 4.16: Betonprüfkörper nach Wasser- bzw. Öllagerung (rechts)

Vergleich: Wasser- bzw. Ölaufnahme Betonprüfkörper

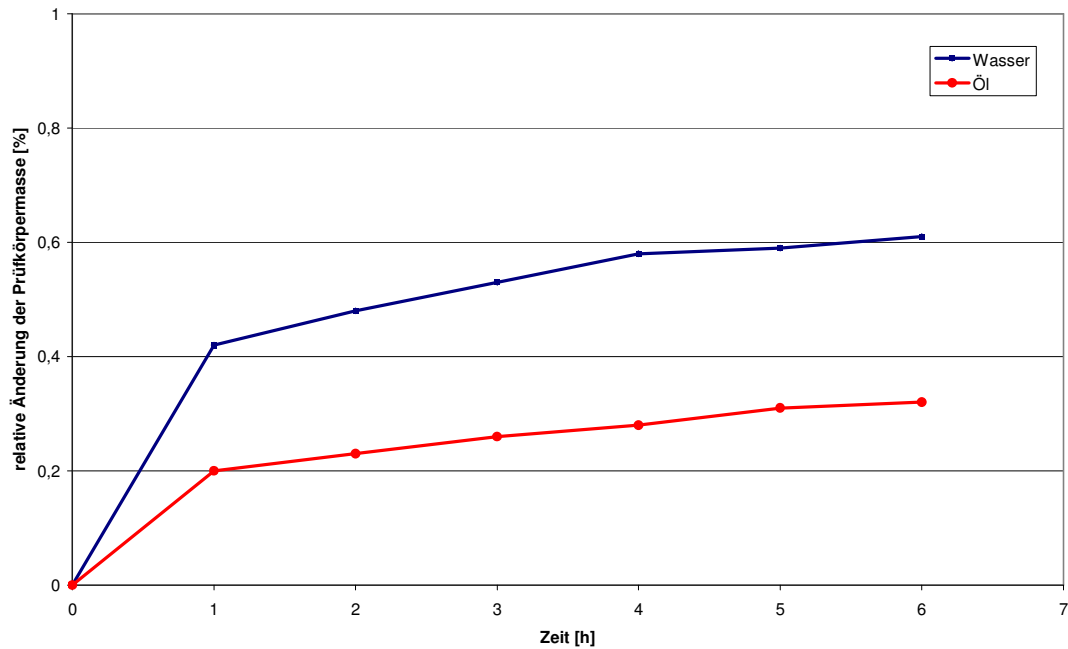


Abb. 4.17: Wasser- bzw. Ölaufnahme von sechs Stunden in Wasser bzw. Öl gelagerten Betonprüfkörpern (B_W6, B_O5)

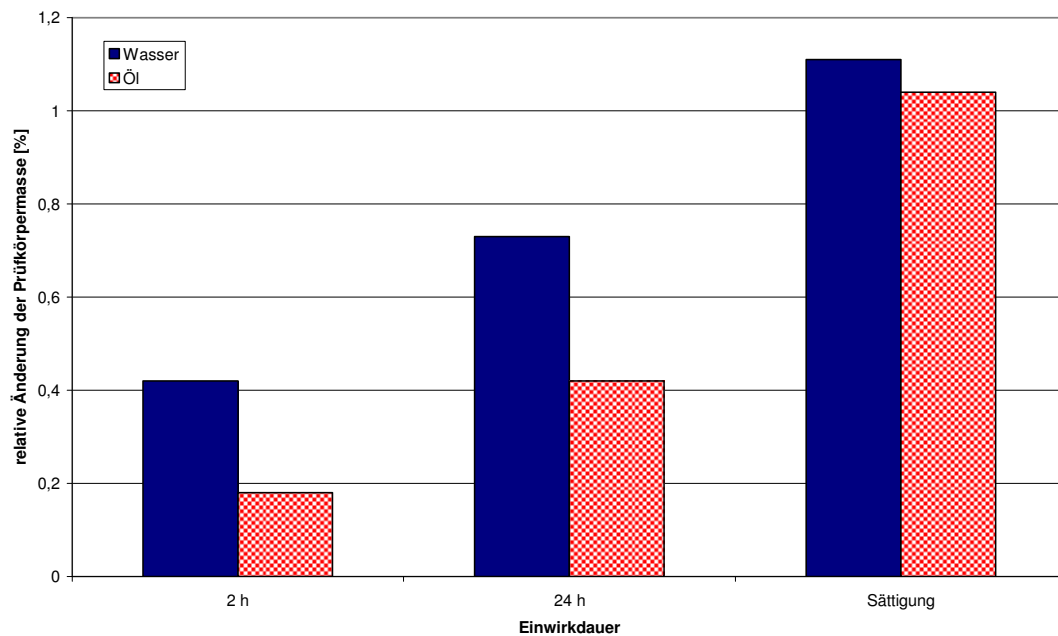


Abb. 4.18: Prozentuelle Massenzunahme von zwei Stunden, 24 Stunden bzw. bis zur Sättigung in Wasser bzw. Öl gelagerten Betonprüfkörpern

Vergleich: Wasser- bzw. Ölabgabe Betonprüfkörper

Tabelle 4.2.4 Versuch Beton: zwei Stunden Wasser- bzw. Öllagerung

Betonprüfkörper: Massenzu- bzw. -abnahme bei zwei Stunden Wasser- bzw. Öllagerung

	Wasserlagerung			Öllagerung		
	Masse	Differenz		Masse	Differenz	
	[g]	[g]	[%]	[g]	[g]	[%]
Ausgangsmasse	7.905,7			7.825,4		
Masse nach 2 h Wasser- bzw. Öllagerung	7.938,6	32,9	0,4	7.839,6	14,2	0,2
Masse nach 7 Tagen Trocknung	7.912,8	7,1	0,1	7.834,6	9,2	0,1
Masse nach 20 Tagen Trocknung	7.906,7	1,0	<0,05	7.826,4	1,0	<0,05

Tabelle 4.2.5 Versuch Beton: 24 Stunden Wasser- bzw. Öllagerung

Betonprüfkörper: Massenzu- bzw. -abnahme bei 24 Stunden Wasser- bzw. Öllagerung

	Wasserlagerung			Öllagerung		
	Masse	Differenz		Masse	Differenz	
	[g]	[g]	[%]	[g]	[g]	[%]
Ausgangsmasse	7.823,9			7.771,6		
Masse nach 24 h Wasser- bzw. Öllagerung	7.911,0	87,1	1,1	7.803,0	31,4	0,4
Masse nach 7 Tagen Trocknung	7.837,9	14,0	0,2	7.795,4	23,8	0,3
Masse nach 20 Tagen Trocknung	7.831,6	7,7	0,1	7.792,2	20,6	0,3

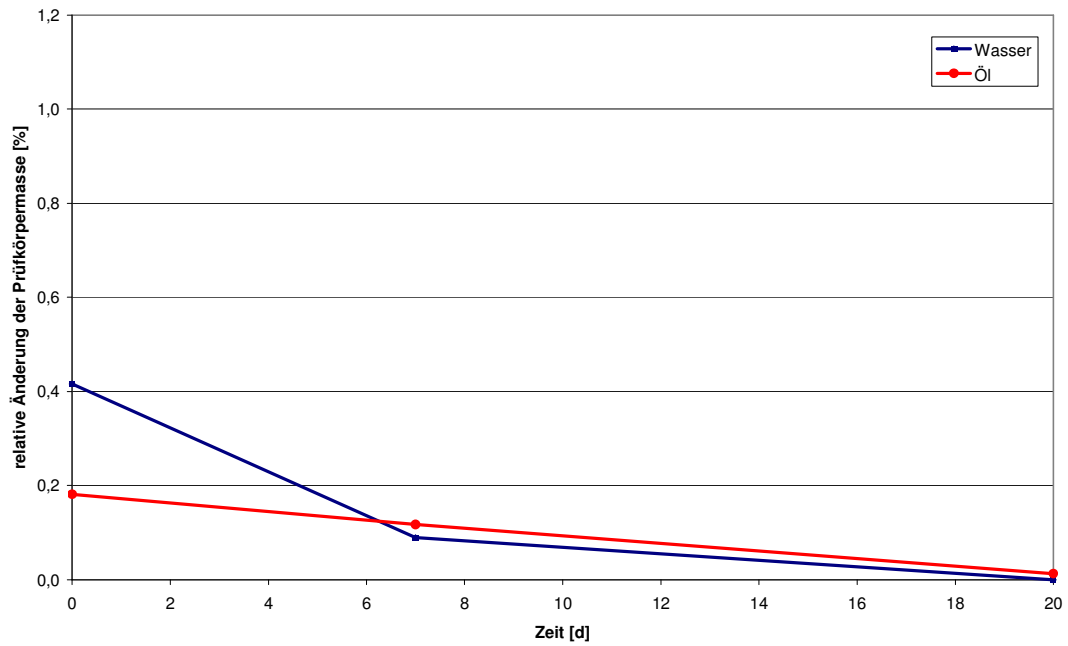


Abb. 4.19: Wasser- bzw. Ölabgabe von zwei Stunden in Öl bzw. Wasser gelagerten Betonprüfkörpern (B_W3, B_O3)

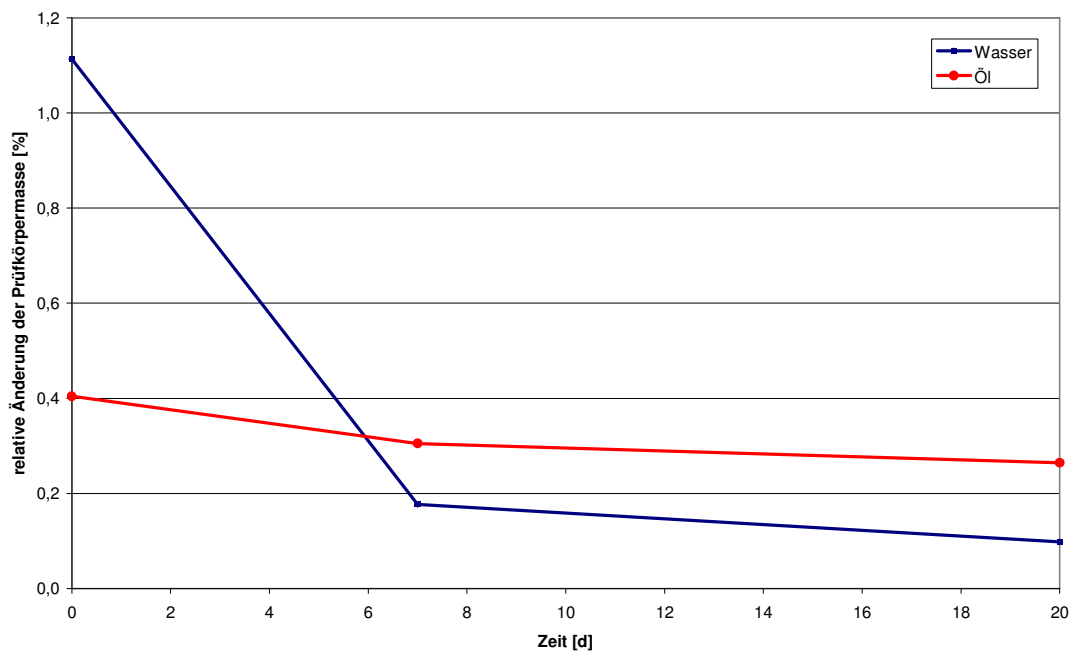


Abb. 4.20: Wasser- bzw. Ölabgabe von 24 Stunden in Öl bzw. Wasser gelagerten Betonprüfkörpern (B_W4, B_O4)

4.2.3.3 Vergleich Ziegel-Beton

Es kann festgehalten werden, dass die Wasser- und Ölaufnahme der NF-Ziegel im Vergleich zur Wasser- und Ölaufnahme der Betonprüfkörper wesentlich höher ist, was auf die höhere Porosität der Ziegel zurückzuführen ist. Auch die Geschwindigkeit der Wasser-/Ölaufnahme von Ziegeln ist wesentlich höher als die der Betonprüfkörper.

Tabelle 4.2.6 Vergleich NF-Ziegel und Beton nach zwei Stunden Wasserlagerung

NF-Ziegel: zwei Stunden Wasserlagerung

Prüfkörper-Nr.	Startmasse [g]	Endmasse [g]	Aufgenommene Wassermenge	
			[g]	[%]
NF_W1	2.908,9	3.493,8	584,9	20,1
NF_W2	2.984,7	3.588,7	604,0	20,2
NF_W4	2.985,8	3.594,5	608,7	20,4

Betonprüfkörper: zwei Stunden Wasserlagerung

Prüfkörper-Nr.	Startmasse [g]	Endmasse [g]	aufgenommene Wassermenge	
			[g]	[%]
B_W1	7.823,6	7.856,3	32,7	0,42
B_W3	7.905,7	7.938,6	32,9	0,42
B_W6	7.756,6	7.793,8	37,2	0,48

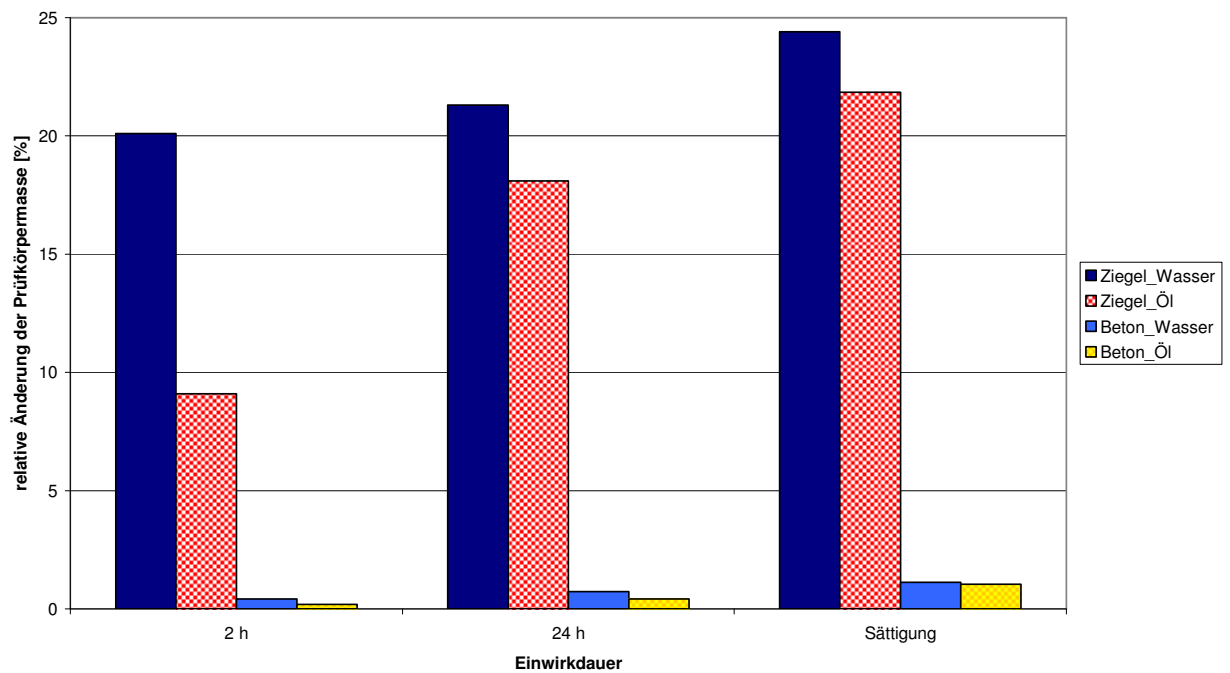


Abb. 4.21: Vergleich der prozentuellen Massenzunahme von zwei Stunden, 24 Stunden bzw. bis zur Sättigung in Wasser bzw. Öl gelagerten NF-Ziegeln und Betonprüfkörpern

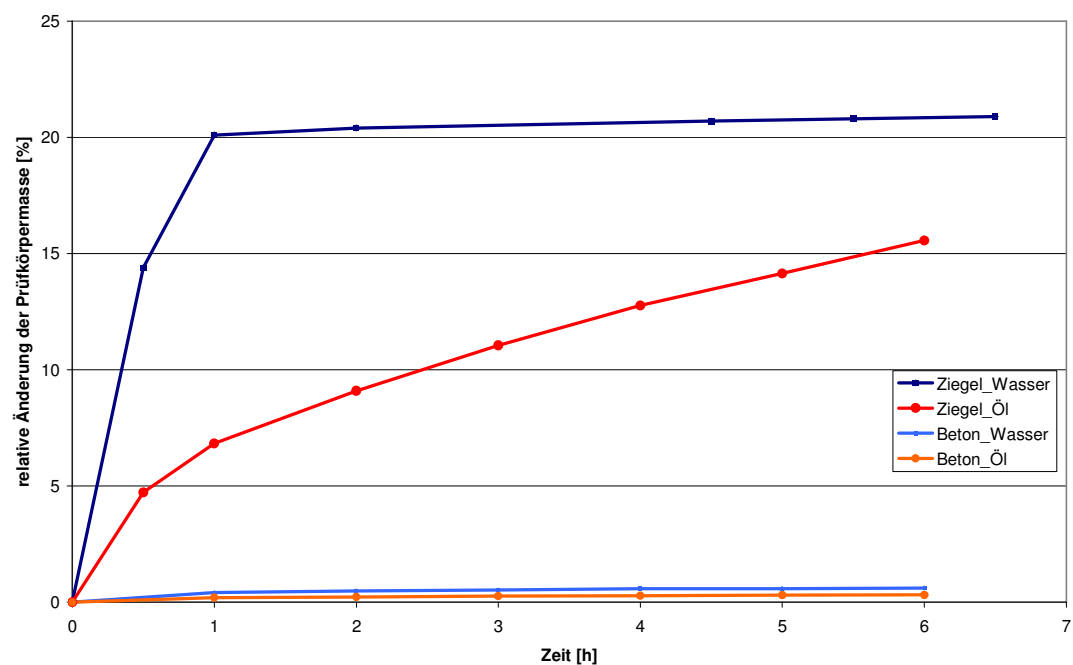


Abb. 4.22: Wasser- bzw. Ölaufnahme von sechs Stunden in Wasser bzw. Öl gelagerten NF-Ziegeln bzw. Betonprüfkörpern

Die Wasseraufnahme von 24 Stunden in Wasser gelagerten NF-Ziegeln beträgt im Mittel 21 %, die Ölaufnahme von 24 Stunden in Öl gelagerten NF-Ziegel beträgt im Mittel 18 %. Betonwürfel (15x15x15 cm) nahmen im selben Zeitraum durchschnittlich 0,7 % ihrer Startmasse an Wasser auf, die Ölaufnahme betrug durchschnittlich 0,4 %.

Tabelle 4.2.7 Vergleich NF-Ziegel und Beton nach zwei, 24 Stunden bzw. Wasser- bzw. Öllagerung bis zur Sättigung

		ZIEGEL Massen- zunahme [%]	BETON Massen- zunahme [%]
WASSER	nach 2 Stunden	20,1	0,42
	nach 24 Stunden	21,3	0,73
	Sättigung	24,4	0,94
ÖL	nach 2 Stunden	9,1	0,18
	nach 24 Stunden	18,1	0,42
	Sättigung	21,9	0,69

4.2.4 Bewertung der Materialversuche

Anhand der Materialversuche konnte festgestellt werden, dass die Dauer der Öleinwirkung wesentlichen Einfluss auf das Maß der Kontamination hat. Je länger der Ölkontakt mit Wand- bzw. Deckenmaterial, desto höher ist der nachweisbare Ölgehalt.

Daraus ergibt sich, dass bei rasch eingeleiteten Maßnahmen zur Verkürzung der Öleinwirkung (z. B. mittels Ölsperren) der Schaden reduziert werden kann.

Bezüglich der Betonqualität konnte kein signifikanter Unterschied in Hinblick auf die beiden bei den Laborversuchen eingesetzten Betondruckfestigkeitsklassen *C16/20 B1* und *C25/30 XC1* festgestellt werden.

4.3 Prüfung von Bauteilen

4.3.1 Vorgangsweise

Anhand der Bauteilversuche soll ein möglicher Zusammenhang zwischen der Steiggeschwindigkeit des Wassers, der Einwirkdauer des Heizöls und dem Ausmaß der Ölkontamination festgestellt werden.

Die Versuche fanden im Labor des Österreichischen Instituts für Baubiologie und -ökologie im Zeitraum von Februar bis Juli 2009 statt. Die Prüfung wurde bei einer Temperatur von 20 ± 2 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 ± 20 % durchgeführt.

Die zu prüfenden Bauteile waren mit Verputz versehene Wandausschnitte aus NF-Ziegeln, Hochblockziegeln sowie Kiesbeton-Hohlblockziegeln.



Abb. 4.23: Kiesbeton-Hohlblockziegel

Nach einer Trocknungszeit von vier Wochen wurden typische Schadensfälle mit kurzer und langer Einwirkdauer von Heizöl sowohl bei unterschiedlicher Steiggeschwindigkeit des Wassers als auch bei unterschiedlicher Reihenfolge der Öl- und Wassereinwirkung simuliert. Bei simuliertem schnell steigendem Wasserspiegel wurde von einer Steiggeschwindigkeit von 2,5 m in 12 Stunden ausgegangen, bei langsam steigendem Wasserspiegel von 0,5 m in 12 Stunden. Um einen Heizölschaden möglichst realistisch nachzustellen, wurde das Heizöl zeitgleich mit dem Wasser auf jeweils einer Bauteilseite („Ölseite“) hinzugefügt.

Nach einer weiteren Trocknungszeit von vier Wochen wurde der Verputz abgeschlagen und Teile der Ziegel herausgestemmt, welche anschließend zur Feststellung der Eindringtiefe sowie der Heizölkonzentration im Baukörper in einem externen Labor auf die Summe der enthaltenen Kohlenwasserstoffe geprüft wurden.

Nach Ermittlung der Eindringtiefe und der Heizöl-Konzentration im Baukörper in Abhängigkeit von der Eindringdauer wurden Sanierungsversuche mittels mikrobiellem Abbau und Chemikalien durchgeführt und deren Wirkungsweise anhand von Messungen ermittelt. Abschließend wurden die Ergebnisse dieser Versuche bewertet.

4.3.2 Beschreibung der Bauteile

Für die Durchführung von Versuchen an Baustoffkombinationen wurden elf Bauteile in Kunststoffbehältern (PE, Format 80x60x41 cm) anfertigt. Dafür wurden Hohlblockziegel, NF-Ziegel sowie Kiesbeton-Hohlblockziegel verwendet, die mit unterschiedlichen, gängigen Putzsystemen (Baumit MPA35, Baumit SanovaPutz L) verputzt wurden.

Tabelle 4.3.1 Beschreibung der Bauteile

Probenbeschreibung Bauteilversuche					
Bauteil	Dimension (LxBxH)	Material	Einwirkdauer	Steiggeschwindigkeit	Probenbeginn
1	60x25x46	Hohlblockziegel	24 Stunden	schnell	23.02.2009
2	60x25x46	Hohlblockziegel	24 Stunden	langsam	15.04.2009
3	60x25x50	Kiesbetonziegel	24 Stunden	schnell	27.04.2009
4	60x25x46	Hohlblockziegel	1 Woche	schnell	20.05.2009
5	60x25x46	Hohlblockziegel	24 Stunden	schnell	16.06.2009
6	60x25x46	Hohlblockziegel	1 Woche	langsam	23.06.2009
7	60x25x40	NF-Ziegel	1 Woche	schnell	23.06.2009
8	60x25x40	NF-Ziegel	24 Stunden	schnell	06.07.2009
9	60x25x46	Hohlblockziegel	< 10 Minuten	schnell	08.07.2009
10	60x25x50	Kiesbetonziegel	1 Woche	schnell	08.07.2009
11	60x25x46	Hohlblockziegel	1 Woche	langsam	08.07.2009



Abb. 4.24 und 4.25: Im Labor errichtete Bauteile aus NF-Vollziegelmauerwerk und Hohlblockziegeln



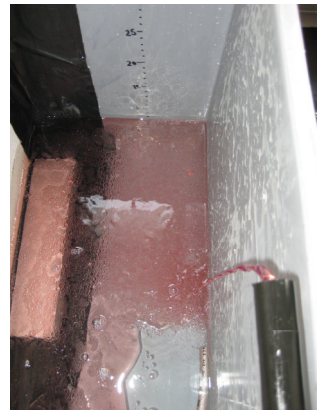


Abb. 4.26-4.28: Befüllen des Probebehälters mit Wasser bzw. Heizöl



Abb. 4.29-4.30: Durch die kapillare Saugkraft der Ziegel im Bauteil nach oben steigendes Öl

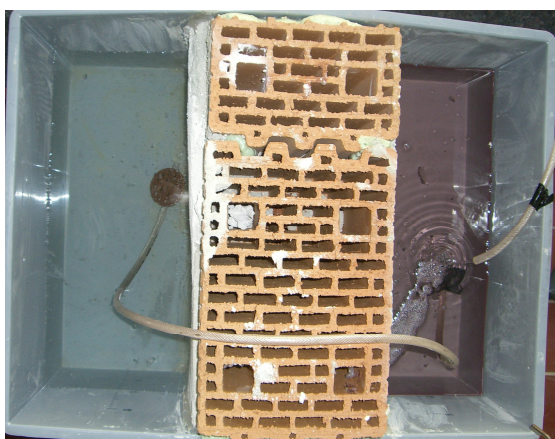


Abb. 4.31: Bauteil aus Hohlblock-Ziegel von oben betrachtet



Abb. 4.32: Bauteil nach Versuch mit Probeentnahmestellen

4.3.3 Ergebnisse und Bewertung der Bauteilversuche

Die im Labor simulierten Szenarien nähern sich dem tatsächlichen Hergang eines Hochwassers an, sind diesem jedoch nicht gleichzusetzen. Im Verlauf eines Hochwassers kommt es aufgrund der jeweiligen Gegebenheiten zu unterschiedlichen Szenarien. Je nach Steiggeschwindigkeit des Wassers und Zustand bzw. Befestigung des Heizöltanks und seiner Leitungen kann es entweder zu einem vorherigen Wasserkontakt der Oberflächen kommen, bevor es in weiterer Folge zu einem Heizölkontakt kommt. Ebenso ist der umgekehrte Fall denkbar.

Die Reihenfolge des Flüssigkeitskontaktes der Oberflächen hat Einfluss auf das Ausmaß der Heizölkontamination, da bereits mit Wasser gesättigte Baustoffe Öl langsamer aufnehmen als trockene Baustoffe. Tritt Öl aus dem Tank aus, wenn das Wasser bereits seine maximale Höhe erreicht hat, ist die Wand lediglich im Bereich der maximalen Wasserstandshöhe sowie aufgrund der Kapillarkräfte des Wandmaterials im unmittelbar darüberliegenden Bereich kontaminiert, da das Öl auf dem Wasser schwimmt.

Es konnte festgestellt werden, dass die Steiggeschwindigkeit den Kontaminationsgrad insofern beeinflusst, als dass bei langsam steigendem Wasserspiegel der Anteil des aufgenommenen Öls wesentlich höher war als bei schnell steigendem Wasserspiegel.

Tabelle 4.3.2 Versuch mit NF-Ziegel: Kohlenwasserstoffgehalt als Maß für die aufgenommene Menge Öls nach 24 Stunden Einwirkdauer bei schnell bzw. langsam steigendem Wasserspiegel

Summe Kohlenwasserstoffe [mg/kg]

	Probestelle	24 Std. Einwirkdauer	
		schnell steigend	langsam steigend
Ölseite	dichter Verputz/unten	11	135
	poröser Verputz/unten	40	2990
	dichter Verputz/oben	< 5	2590
	poröser Verputz/oben	125	1450
Wasserseite	dichter Verputz	< 5	76
	poröser Verputz	< 5	21

4.3.4 Sanierungsversuche

4.3.4.1 Mikrobielle Reinigung

Im Zuge der Sanierungsversuche wurden drei mit Heizöl kontaminierte Prüfkörper (ein mit NF-Ziegeln, ein mit Hohlblockziegeln und ein mit Kiesbetonziegeln errichteter Prüfkörper) mit einer Lösung aus heißem Wasser und oberflächenaktiven Substanzen (Tenside) unter Anwendung von Hochdruck gereinigt. Die Reinigung wurde von einer auf diesem Gebiet tätigen Firma durchgeführt.

Bei der Methode des mikrobiellen Abbaues werden Kohlenwasserstoff abbauende Mikroorganismen genutzt, um in Bauteilen angereichertes Heizöl langfristig abzubauen. Die zum Kauf angebotenen Mittel (z. B. Bioversal, Faxol) sind wässrige Lösungen von oberflächenaktiven Substanzen (Tensiden) und einem pflanzlichen Wirkstoff, dem sogenannten Bio-Aktivator (Nährlösung).

Vor und nach Durchführung der Reinigung wurden Ziegelproben entnommen und der Kohlenwasserstoffgehalt ermittelt.

In zwei Versuchsbauteilen (Bauteil 7 und 10) kam es zu einer Abnahme, in einem Versuchsbauteil (Bauteil 11) zu einer Zunahme der Kohlenwasserstoffe. Die Veränderung des Kohlenwasserstoffgehaltes wurde im oberflächennahen Bereich des Probekörpers gemessen.

Mikrobielle Reinigungsmittel können in erster Linie zur Beseitigung des Ölgeruches eingesetzt werden. Tief eingedrungenes Öl kann damit nicht entfernt werden.



Abb. 4.33: Reinigung eines Prüfkörpers aus NF-Ziegeln unter Hochdruck



Abb. 4.34: Reinigung eines Prüfkörpers aus Kiesbeton-Hohlblockziegeln unter Hochdruck

Tabelle 4.3.3 Kohlenwasserstoffgehalt in den Bauteilen 7, 10 und 11 vor und nach durchgeführter mikrobieller Reinigung

Mikrobielle Reinigung

Bauteil	Material	Summe Kohlenwasserstoffe [mg/kg]	
		vor Reinigung 27.10.2009	nach Reinigung 03.11.2009
7	NF-Ziegel	225	49
10	Kiesbeton	240	160
11	HB-Ziegel	61	97

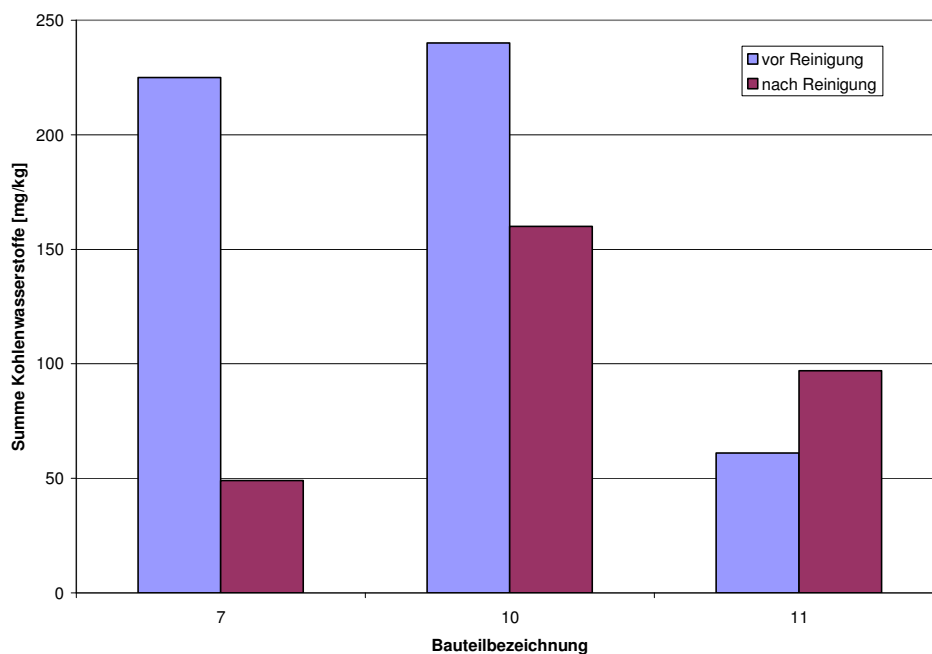


Abb. 4.35: Kohlenwasserstoffgehalt in mikrobiell gereinigten Bauteilen

4.3.4.2 Chemikalien

Im Zuge der Sanierungsversuche wurden drei mit Heizöl kontaminierte Prüfkörper (ein mit NF-Ziegeln, ein mit Hohlblockziegeln und ein mit Kiesbetonziegeln errichteter Prüfkörper) mit einer auf dem Markt erhältliche Kohlenwasserstoff abbauende Masse gereinigt.

Vor und nach Durchführung der Reinigung wurden Ziegelproben entnommen und die Heizölkonzentration ermittelt.

Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen kann festgehalten werden, dass nach Anwendung dieser Methode vermehrt Kohlenwasserstoffe in den Bauteilen vorhanden waren. Dies ist auf die Zusammensetzung der Chemikalien zurückzuführen. So werden zum Beispiel Produkte mit aromatischen Kohlenwasserstoffen angeboten, die als toxikologisch bedenklicher als das Heizöl selbst eingestuft werden. Es wird daher dringend abgeraten, diese Methode zur Ölbeseitigung einzusetzen.

Tabelle 4.3.4 Kohlenwasserstoffgehalt in den Bauteilen 2, 3 und 8 vor und nach durchgeführter chemischer Reinigung

Chemische Reinigung

Bauteil	Material	Summe Kohlenwasserstoffe [mg/kg]	
		vor Reinigung 21.09.2009	nach Reinigung 03.11.2009
2	HB-Ziegel	96	400
3	Kiesbeton	82	3160
8	NF-Ziegel	185	540

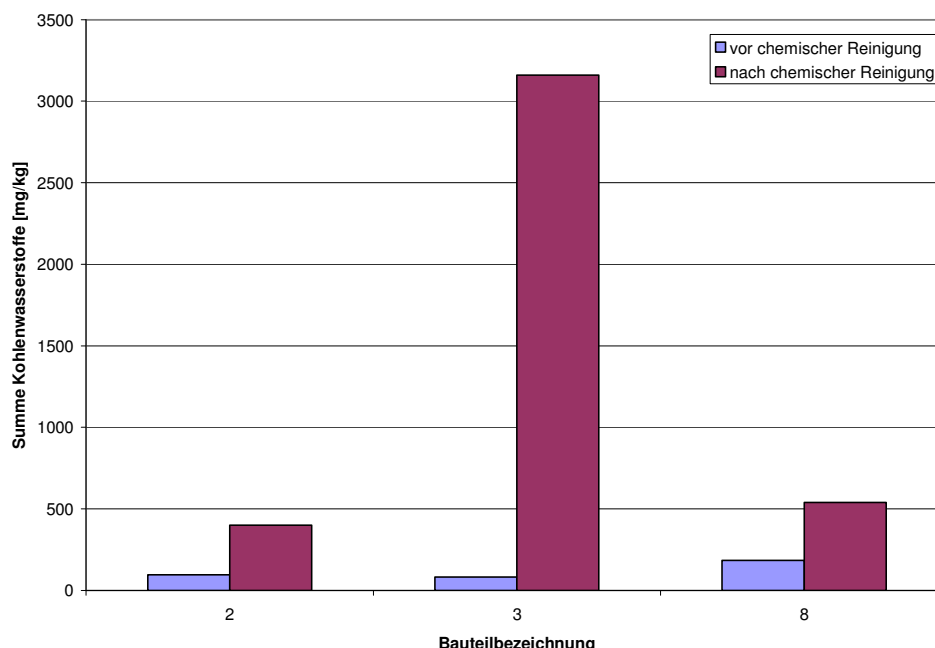


Abb. 4.36: Kohlenwasserstoffgehalt in chemisch gereinigten Bauteilen

4.4 Kurzzusammenfassung der Versuchsergebnisse

Aufgrund der im Labor durchgeführten Versuche kann folgendes festgehalten werden:

Während Wasser relativ rasch in Bauteile eindringt und im Falle von NF-Ziegeln bereits nach einer Stunde mehr als 80 % der maximalen Wasseraufnahme erreicht sind, erfolgt im Vergleich dazu die Eindringung von Öl langsam. Aus diesem Grund können rasch eingeleitete Maßnahmen zur Vermeidung von Ölkontakt mit Bauteilen den Schaden reduzieren.

Bei aufgrund der langen Einwirkdauer tief in die Bauteile eingedrungenem Öl ist der Bauteiltausch die einzig wirksame Methode, um ausgelaufenes Heizöl aus dem Gebäude zu entfernen. Das Unterlassen von wirkungsvollen Sanierungsmaßnahmen würde im Falle einer Ölkontamination zu einer sehr langen Beeinträchtigung der Raumluftqualität führen und ist aus Gründen des vorsorglichen Gesundheitsschutzes daher nicht zu akzeptieren.

Ist der Abbruch einer stark Heizöl kontaminierten Decke nicht möglich, kann alternativ dazu eine Abdichtung vorgesehen werden. Diese ist jedoch nur von Fachfirmen und sehr sorgfältig auszuführen. Es werden dabei die ölkontaminierten Bauteile durch mit Aluminium beschichteten Abdichtungen eingehaust und so Ölbestandteile und -gerüche von den bewohnten Räumen ferngehalten. Aluminium kommt in diesem Fall deshalb zu Einsatz, da sowohl reine Bitumen- als auch PE-Abdichtungen von den Öldämpfen angelöst und mit der Zeit durchdrungen werden können.

Bei oberflächlicher Ölverunreinigung besteht die Möglichkeit der Hochdruckreinigung. Diese kann in Verbindung mit Reinigungsmitteln angewendet werden, wobei auf die Umweltverträglichkeit dieser Substanzen zu achten ist.

Partielle, oberflächliche Ölkontaminationen können durch mehrmaliges Abflämmen beseitigt werden, jedoch ist zur Vermeidung von Folgeschäden die genaue Kenntnis des Bauteilaufbaues und die Lage von eventuell im Bauteil vorhandenen Leitungen bzw. Stahleinlagen unbedingt notwendig.

5 TEIL D: ERSTELLUNG EINES LEITFADENS FÜR SACHVERSTÄNDIGE BZW. GESCHÄDIGTE

Aufgrund der verschiedenen Zielgruppen wurden zwei Schriftstücke mit unterschiedlichem Umfang ausgearbeitet. Diese wurden gemeinsam mit dem Endbericht übergeben.

5.1 Leitfaden für Sachverständige und Behörden

Ein umfangreicher Leitfaden mit detaillierten Handlungsanleitungen dient primär Sachverständigen und Behörden. Er fasst sämtliche Erkenntnisse und Erfahrungen aus den vier Projektteilen zusammen und beinhaltet

- Kontakte
- Sofortmaßnahmen
- mögliche Schadensbilder
- Sanierungsvarianten sowie
- Analytische Methoden.

5.2 Infoblatt für Geschädigte

Das Infoblatt für die Zielgruppe der von Heizölschäden betroffenen Menschen beinhaltet unter anderem Sofortmaßnahmen, die im Schadensfall einfach umgesetzt werden können sowie Informationen zur weiteren Vorgangsweise. Dieses Infoblatt sollte im Akutfall bei der Gemeinde bzw. Feuerwehr erhältlich sein.

6 ANHANG: ERGEBNISSE RAUMLUFTMESSUNGEN

6.1 Beschreibung der Proben zur VOC-Untersuchung (1. Messserie)

Tabelle 6.1.1 Daten der Innenraumluftprobenahmen flüchtige organische Verbindungen

	Einheit	Daten	Daten
Ort der Probenahme		A	A
Raum / Messstelle		Schlafzimmer	Wohnzimmer
Datum der Probenahme		19.06.2008	19.06.2008
Probenahmebeginn	[hh:mm]	09:00	09:15
Probenahmeende	[hh:mm]	09:40	10:30
Sammelvolumen ^a	[m³]	0,100	0,116
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	23,0	22,7
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	52	54
Luftdruck	[hPa]	1001	1001

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Ort der Probenahme		A	
Raum / Messstelle		Keller - Bastelraum	
Datum der Probenahme		19.08.2008	
Probenahmebeginn	[hh:mm]	12:10	
Probenahmeende	[hh:mm]	12:50	
Sammelvolumen ^a	[m³]	0,130	
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	21,7	
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	66	
Luftdruck	[hPa]	1001	

	Einheit	Daten	Daten
Ort der Probenahme		B	B
Raum / Messstelle		Wohnzimmer (über Tankraum)	Keller (ehem. Tankraum)
Datum der Probenahme		19.06.2008	19.06.2008
Probenahmebeginn	[hh:mm]	10:40	10:45
Probenahmeende	[hh:mm]	11:40	11:30
Sammelvolumen ^a	[m³]	0,100	0,100
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	23,5	20,5
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	55	65
Luftdruck	[hPa]	1000	1000

^a Das Sammelvolumen ist auf die bei der Messung herrschenden Temperatur- und Luftdruckbedingungen bezogen.

Tabelle 6.1.2 Daten der Innenraumluftprobenahmen flüchtige organische Verbindungen

	Einheit	Daten	Daten
Ort der Probenahme		C	C
Raum / Messstelle		Wohnzimmer	Keller unter Wohnzimmer
Datum der Probenahme		19.06.2008	19.06.2008
Probenahmebeginn	[hh:mm]	11:55	12:00
Probenahmeende	[hh:mm]	12:55	12:55
Sammelvolumen a	[m³]	0,111	0,100
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	23,1	19,0
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	55	69
Luftdruck	[hPa]	1000	1000

	Einheit	Daten	Daten
Ort der Probenahme		D	D
Raum / Messstelle		Schlafzimmer (alter Trakt)	Wohnzimmer (neuer Trakt)
Datum der Probenahme		19.08.2008	19.08.2008
Probenahmebeginn	[hh:mm]	09:35	09:40
Probenahmeende	[hh:mm]	10:20	10:20
Sammelvolumen ^a	[m³]	0,100	0,090
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	20,2	21,5
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	99	74
Luftdruck	[hPa]	1006	1006

	Einheit	Daten	Daten
Ort der Probenahme		E	E
Raum / Messstelle		Wohn/Esszimmer	Ehem. Tankraum
Datum der Probenahme		19.08.2008	19.08.2008
Probenahmebeginn	[hh:mm]	11:07	11:11
Probenahmeende	[hh:mm]	11:47	11:51
Sammelvolumen ^a	[m³]	0,100	0,100
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	23,1	20,8
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	66	85
Luftdruck	[hPa]	1006	1006

	Einheit	Daten	Daten
Ort der Probenahme		F	F
Raum / Messstelle		Therapieraum (im Wohnungsverband)	Ehemaliger Tankraum
Datum der Probenahme		19.08.2008	19.08.2008
Probenahmebeginn	[hh:mm]	13:28	13:40
Probenahmeende	[hh:mm]	14:08	14:20
Sammelvolumen ^a	[m³]	0,100	0,100
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	21,8	20,9
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	67	75
Luftdruck	[hPa]	1000	1000

^a Das Sammelvolumen ist auf die bei der Messung herrschenden Temperatur- und Luftdruckbedingungen bezogen.

Tabelle 6.1.3 Daten der Innenraumluftprobenahmen flüchtige organische Verbindungen

	Einheit	Daten
Ort der Probenahme		H
Raum / Messstelle		Küche
Datum der Probenahme		26.08.2008
Probenahmebeginn	[hh:mm]	09:23
Probenahmeende	[hh:mm]	10:03
Sammelvolumen ^a	[m ³]	0,100
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	21,8
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	66
Luftdruck	[hPa]	1000

	Einheit	Daten	Daten
Ort der Probenahme		I	I
Raum / Messstelle		Esszimmer (unten)	Schlafzimmer (unten)
Datum der Probenahme		26.08.2008	26.08.2008
Probenahmebeginn	[hh:mm]	10:47	10:50
Probenahmeende	[hh:mm]	11:27	11:30
Sammelvolumen ^a	[m ³]	0,100	0,100
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	21,4	21,1
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	61	65
Luftdruck	[hPa]	1000	1000

	Einheit	Daten	Daten
Ort der Probenahme		J	J
Raum / Messstelle		WC	Schlafzimmer
Datum der Probenahme		26.08.2008	26.08.2008
Probenahmebeginn	[hh:mm]	12:48	12:50
Probenahmeende	[hh:mm]	13:18	13:20
Sammelvolumen ^a	[m ³]	0,100	0,100
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	22,2	22,0
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	66	62
Luftdruck	[hPa]	1001	1001

	Einheit	Daten	Daten
Ort der Probenahme		K	K
Raum / Messstelle		Wohnzimmer	Schlafzimmer
Datum der Probenahme		26.08.2008	26.08.2008
Probenahmebeginn	[hh:mm]	14:15	14:16
Probenahmeende	[hh:mm]	14:55	14:56
Sammelvolumen ^a	[m ³]	0,100	0,100
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	22,6	21,7
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	60	63
Luftdruck	[hPa]	1001	1001

^a Das Sammelvolumen ist auf die bei der Messung herrschenden Temperatur- und Luftdruckbedingungen bezogen.

Tabelle 6.1.4 Daten der Innenraumluftprobenahmen flüchtige organische Verbindungen

	Einheit	Daten
Ort der Probenahme		L
Raum / Messstelle		Wohnzimmer
Datum der Probenahme		26.08.2008
Probenahmebeginn	[hh:mm]	15:49
Probenahmeende	[hh:mm]	16:29
Sammelvolumen ^a	[m ³]	0,100
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	22,6
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	63
Luftdruck	[hPa]	1001

^a Das Sammelvolumen ist auf die bei der Messung herrschenden Temperatur- und Luftdruckbedingungen bezogen.

6.2 Beschreibung der Proben zur VOC-Untersuchung (2. Messserie)

Tabelle 6.2.1 Daten der Innenraumluftprobenahmen flüchtige organische Verbindungen

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Ort der Probenahme		A	A
Raum / Messstelle		Schlafzimmer	Keller
Datum der Probenahme		14.01.2009	14.01.2009
Probenahmebeginn	[hh:mm]	09:08	09:12
Probenahmeende	[hh:mm]	09:48	09:52
Sammelvolumen ^a	[m³]	0,100	0,100
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	18,5	11,5
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	30	39
Luftdruck	[hPa]	1001	1001

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Ort der Probenahme		B	B
Raum / Messstelle		Wohnzimmer	Keller (TR)
Datum der Probenahme		14.01.2009	14.01.2009
Probenahmebeginn	[hh:mm]	10:25	10:38
Probenahmeende	[hh:mm]	11:05	11:18
Sammelvolumen ^a	[m³]	0,100	0,100
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	20,9	13,0
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	36	37
Luftdruck	[hPa]	1001	1001

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Ort der Probenahme		C	C
Raum / Messstelle		Wohnzimmer	Keller unter Wohnzimmer
Datum der Probenahme		14.01.2009	14.01.2009
Probenahmebeginn	[hh:mm]	08:10	08:15
Probenahmeende	[hh:mm]	08:50	08:55
Sammelvolumen ^a	[m³]	0,100	0,098
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	18,6	10,2
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	35	45
Luftdruck	[hPa]	1001	1001

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Ort der Probenahme		D	D
Raum / Messstelle		Schlafzimmer	Wohnzimmer
Datum der Probenahme		14.01.2009	14.01.2009
Probenahmebeginn	[hh:mm]	12:05	12:08
Probenahmeende	[hh:mm]	12:45	12:48
Sammelvolumen ^a	[m³]	0,100	0,100
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	7,2	7,4
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	70	67
Luftdruck	[hPa]	1000	1000

^a Das Sammelvolumen ist auf die bei der Messung herrschenden Temperatur- und Luftdruckbedingungen bezogen.

Tabelle 6.2.2 Daten der Innenraumluftprobenahmen flüchtige organische Verbindungen

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Ort der Probenahme		E	E
Raum / Messstelle		Wohn-/Essraum	Keller (TR)
Datum der Probenahme		14.01.2009	14.01.2009
Probenahmebeginn	[hh:mm]	14:00	14:05
Probenahmeende	[hh:mm]	14:40	14:45
Sammelvolumen ^a	[m ³]	0,100	0,100
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	21,0	16,5
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	36	35
Luftdruck	[hPa]	999	999

^a Das Sammelvolumen ist auf die bei der Messung herrschenden Temperatur- und Luftdruckbedingungen bezogen.

6.3 Beschreibung der Proben zur VOC-Untersuchung (3. Messserie)

Tabelle 6.3.1 Daten der Innenraumluftprobenahmen flüchtige organische Verbindungen

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Ort der Probenahme		A	A
Raum / Messstelle		Schlafzimmer	Keller
Datum der Probenahme		13.08.2009	13.08.2009
Probenahmebeginn	[hh:mm]	08:05	08:13
Probenahmeende	[hh:mm]	08:53	08:49
Sammelvolumen ^a	[m³]	0,163	0,123
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	24,2	23,3
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	48	54
Luftdruck	[hPa]	1000	1000

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Ort der Probenahme		B	B
Raum / Messstelle		Wohnzimmer	Keller (TR)
Datum der Probenahme		13.08.2009	13.08.2009
Probenahmebeginn	[hh:mm]	09:10	09:13
Probenahmeende	[hh:mm]	09:55	09:52
Sammelvolumen ^a	[m³]	0,162	0,121
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	23,6	22,9
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	48	52
Luftdruck	[hPa]	1000	1000

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Ort der Probenahme		C	C
Raum / Messstelle		Wohnzimmer	Wohnzimmer
Datum der Probenahme		13.08.2009	13.08.2009
Probenahmebeginn	[hh:mm]	12:35	12:40
Probenahmeende	[hh:mm]	13:26	13:22
Sammelvolumen ^a	[m³]	0,150	0,156
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	24,5	23,1
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	48	51
Luftdruck	[hPa]	1000	1000

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Ort der Probenahme		D	D
Raum / Messstelle		Schlafzimmer	Wohnzimmer
Datum der Probenahme		13.08.2009	13.08.2009
Probenahmebeginn	[hh:mm]	11:00	11:05
Probenahmeende	[hh:mm]	11:50	11:46
Sammelvolumen ^a	[m³]	0,170	0,143
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	23,6	23,2
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	54	53
Luftdruck	[hPa]	1000	1000

^a Das Sammelvolumen ist auf die bei der Messung herrschenden Temperatur- und Luftdruckbedingungen bezogen.

6.4 Ergebnisse der Untersuchung auf VOC (1. bis 3. Messserie)

Tabelle 6.4.1 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	A Schlafzimmer				
Datum d. Probenahme		19.6.08	14.1.09	13.8.09	
		Konz.	Konz.	Konz.	
Substanz	Einheit	MS1	MS2	MS3	BG
Aliphaten u. Alicyclen					
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	16	n.b.	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	52	n.b.	9	4
n-Decan	[µg/m³]	83	6	14	4
n-Undecan	[µg/m³]	57	n.b.	17	5
n-Dodecan	[µg/m³]	22	n.b.	10	6
n-Tridecan	[µg/m³]	10	n.b.	7	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	7	n.b.	n.b.	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Aromaten					
Benzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	38	17	9	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	13	n.b.	3	4
o-Xylol	[µg/m³]	6	n.b.	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	11	n.b.	3	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	4	n.b.	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	19	n.b.	4	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	7	n.b.	n.b.	4
Chlorierte Substanzen					
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4

Substanz	Einheit	MS1	MS2	MS3	BG
Ester					
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Aldehyde					
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
Ketone					
4-Methyl-2-pentanone (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Terpene					
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Limonen	[µg/m³]	22	n.b.	10	4
Sonstige					
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Octamethyltetra-cyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	50	11	8
Summe Aromaten ident.					
	[µg/m³]	97	17	19	
Summe VOC ident.					
	[µg/m³]	366	73	96	
Gesamt VOC					
	[µg/m³]	780	90	350	

a Raumlufkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (19.06.2008)

MS2 Messserie 2 (14.01.2009)

MS3 Messserie 3 (13.08.2009)

Tabelle 6.4.2 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	A Wohnzimmer				
Datum d. Probenahme		19.6.08			
		Konz.	Konz.	Konz.	
Substanz	Einheit	MS1	MS2	MS3	BG
Aliphaten u. Alicyclen					
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.			3
n-Octan	[µg/m³]	5			3
n-Nonan	[µg/m³]	9			3
n-Decan	[µg/m³]	13			3
n-Undecan	[µg/m³]	14			4
n-Dodecan	[µg/m³]	10			5
n-Tridecan	[µg/m³]	10			3
n-Tetradecan	[µg/m³]	8			5
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.			6
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.			6
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.			3
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.			3
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.			5
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.			3
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.			3
Aromaten					
Benzol	[µg/m³]	n.b.			3
Toluol	[µg/m³]	7			3
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.			3
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.			3
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.			4
Styrol	[µg/m³]	n.b.			6
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.			3
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.			3
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.			3
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.			4
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.			4
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.			3
Chlorierte Substanzen					
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.			6
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.			3

Substanz	Einheit	MS1	MS2	MS3	BG
Ester					
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.			10
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.			10
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.			8
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.			8
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.			3
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.			6
Aldehyde					
Pentanal	[µg/m³]	n.b.			8
Hexanal	[µg/m³]	n.b.			6
Heptanal	[µg/m³]	n.b.			6
Octanal	[µg/m³]	n.b.			10
Nonanal	[µg/m³]	n.b.			10
Decanal	[µg/m³]	n.b.			10
Ketone					
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.			10
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.			4
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.			5
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.			5
Terpene					
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.			4
Limonen	[µg/m³]	7			3
Sonstige					
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.			5
Octamethyltetraacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.			6
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.			6
xx	[µg/m³]	n.b.			6
yy	[µg/m³]	n.b.			6
zz	[µg/m³]	n.b.			6
Summe Aromaten ident.	[µg/m³]	7			
SUMME VOC ident.	[µg/m³]	83			
Gesamt VOC	[µg/m³]	140			

a Raumlufkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (19.06.2008)

Tabelle 6.4.3 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	A Keller				
Datum d. Probenahme		19.8.08	14.1.09	13.8.09	
		Konz.	Konz.	Konz.	
Substanz	Einheit	MS1	MS2	MS3	BG
Aliphaten u. Alicyclen					
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
n-Octan	[µg/m³]	4	n.b.	n.b.	3
n-Nonan	[µg/m³]	21	7	30	3
n-Decan	[µg/m³]	58	20	59	3
n-Undecan	[µg/m³]	63	27	97	4
n-Dodecan	[µg/m³]	47	19	65	4
n-Tridecan	[µg/m³]	42	18	66	3
n-Tetradecan	[µg/m³]	38	15	77	4
n-Pentadecan	[µg/m³]	29	11	49	6
n-Hexadecan	[µg/m³]	15	n.b.	36	6
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
Aromaten					
Benzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
Toluol	[µg/m³]	4	n.b.	4	3
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
m,p-Xylol	[µg/m³]	6	n.b.	6	3
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Styrol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	6	n.b.	8	3
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	4	n.b.	n.b.	3
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	4	n.b.	4	4
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	13	6	15	4
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	6	n.b.	6	3
Chlorierte Substanzen					
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3

Substanz	Einheit	MS1	MS2	MS3	BG
Ester					
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	9
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	9
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	7
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	18	7
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Aldehyde					
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	7
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Octanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	9
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	9
Decanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	9
Ketone					
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	9
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Terpene					
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	12	4
Limonen	[µg/m³]	8	6	42	3
Sonstige					
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Summe Aromaten ident.					
	[µg/m³]	42	6	44	
SUMME VOC ident.					
	[µg/m³]	369	129	594	
Gesamt VOC					
	[µg/m³]	740	150	2500	

a Raumlufkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (19.08.2008)

MS2 Messserie 2 (14.01.2009)

MS3 Messserie 3 (13.08.2009)

Tabelle 6.4.4 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	B Wohnzimmer				
Datum d. Probenahme		19.6.08	14.1.09	13.8.09	
		Konz.	Konz.	Konz.	
Substanz	Einheit	MS1	MS2	MS3	BG
Aliphaten u. Alicyclen					
n-Heptan	[µg/m³]	10	n.b.	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	9	n.b.	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
n-Decan	[µg/m³]	4	n.b.	n.b.	4
n-Undecan	[µg/m³]	6	n.b.	n.b.	5
n-Dodecan	[µg/m³]	10	6	5	6
n-Tridecan	[µg/m³]	8	9	5	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	7	10	5	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	16	n.b.	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Aromaten					
Benzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	120	12	12	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Chlorierte Substanzen					
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4

Substanz	Einheit	MS1	MS2	MS3	BG
Ester					
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Aldehyde					
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
Ketone					
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Terpene					
Alpha Pinen	[µg/m³]	5	16	n.b.	5
Limonen	[µg/m³]	7	8	n.b.	4
Sonstige					
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Summe Aromaten ident.					
	[µg/m³]	120	12	12	
Summe VOC ident.					
	[µg/m³]	202	62	27	
Gesamt VOC					
	[µg/m³]	220	100	45	

a Raumluftkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (19.06.2008)

MS2 Messserie 2 (14.01.2009)

MS3 Messserie 3 (13.08.2009)

Tabelle 6.4.5 Ergebnisse der Raumlufthmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	B Keller				
Datum d. Probenahme		19.6.08	14.1.09	13.8.09	
		Konz.	Konz.	Konz.	
Substanz	Einheit	MS1	MS2	MS3	BG
Aliphaten u. Alicyclen					
n-Heptan	[µg/m³]	570	n.b.	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	510	n.b.	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	30	n.b.	5	4
n-Decan	[µg/m³]	21	n.b.	13	4
n-Undecan	[µg/m³]	31	n.b.	31	5
n-Dodecan	[µg/m³]	42	10	47	6
n-Tridecan	[µg/m³]	54	8	67	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	49	n.b.	94	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	46	n.b.	75	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	23	n.b.	61	8
Cyclohexan	[µg/m³]	70	n.b.	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	941	n.b.	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Aromaten					
Benzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	6100	14	n.b.	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	7	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	18	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	5	n.b.	n.b.	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Chlorierte Substanzen					
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4

Substanz	Einheit	MS1	MS2	MS3	BG
Ester					
Ethylacetat	[µg/m³]	174	n.b.	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	890	n.b.	n.b.	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Aldehyde					
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
Ketone					
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Terpene					
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Limonen	[µg/m³]	10	n.b.	n.b.	4
Sonstige					
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Summe Aromaten ident.	[µg/m³]	6105	14	25	
SUMME VOC ident.	[µg/m³]	9566	32	419	
Gesamt VOC	[µg/m³]	16000	110	2400	

a Raumlufthkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (19.06.2008)

MS2 Messserie 2 (14.01.2009)

MS3 Messserie 3 (13.08.2009)

Tabelle 6.4.6 Ergebnisse der Raumlufthmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	C Wohnzimmer				
Datum d. Probenahme		19.6.08	14.1.09	13.8.09	
		Konz.	Konz.	Konz.	
Substanz	Einheit	MS1	MS2	MS3	BG
Aliphaten u. Alicyclen					
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
n-Nonan	[µg/m³]	7	n.b.	n.b.	3
n-Decan	[µg/m³]	12	n.b.	4	3
n-Undecan	[µg/m³]	9	n.b.	4	4
n-Dodecan	[µg/m³]	5	n.b.	n.b.	5
n-Tridecan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
n-Tetradecan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	7
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	7
Cyclohexan	[µg/m³]	7	n.b.	n.b.	3
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
Aromaten					
Benzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
Toluol	[µg/m³]	34	42	27	3
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Styrol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	7
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
Chlorierte Substanzen					
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	7
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3

Substanz	Einheit	MS1	MS2	MS3	BG
Ester					
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	10
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	10
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	3
Texanoldiisobutyrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	7
Aldehyde					
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	7
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	7
Octanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	10
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	10
Decanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	10
Ketone					
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	10
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Terpene					
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Limonen	[µg/m³]	7	8	7	3
Sonstige					
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Octamethyltetraacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	7
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	7
Summe Aromaten ident.					
	[µg/m³]	34	42	27	
Summe VOC ident.					
	[µg/m³]	81	49	41	
Gesamt VOC					
	[µg/m³]	100	60	n.b.	

a Raumlufthkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (19.06.2008)

MS2 Messserie 2 (14.01.2009)

MS3 Messserie 3 (13.08.2009)

Tabelle 6.4.7 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	C Keller				
Datum d. Probenahme		19.6.08	14.1.09	13.8.09	
		Konz.	Konz.	Konz.	
Substanz	Einheit	MS1	MS2	MS3	BG
Aliphaten u. Alicyclen					
n-Heptan	[µg/m³]	38	n.b.	13	4
n-Octan	[µg/m³]	14	n.b.	3	4
n-Nonan	[µg/m³]	36	5	9	4
n-Decan	[µg/m³]	87	n.b.	27	4
n-Undecan	[µg/m³]	100	39	67	5
n-Dodecan	[µg/m³]	82	38	72	6
n-Tridecan	[µg/m³]	60	29	65	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	46	17	56	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	36	9	40	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	21	n.b.	32	8
Cyclohexan	[µg/m³]	170	38	52	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	15	n.b.	5	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Aromaten					
Benzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	20	7	8	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	9	n.b.	4	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	12	n.b.	5	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	6	n.b.	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	7	n.b.	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	21	5	8	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	10	n.b.	n.b.	4
Chlorierte Substanzen					
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4

Substanz	Einheit	MS1	MS2	MS3	BG
Ester					
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	29	n.b.	9	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Texanoldiisobutyrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Aldehyde					
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	24	n.b.	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
Ketone					
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Terpene					
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Limonen	[µg/m³]	14	18	3	4
Sonstige					
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Summe Aromaten ident.					
	[µg/m³]	85	13	25	
SUMME VOC ident.					
	[µg/m³]	854	205	489	
Gesamt VOC					
	[µg/m³]	1600	350	1500	

a Raumluftkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (19.06.2008)

MS2 Messserie 2 (14.01.2009)

MS3 Messserie 3 (13.08.2009)

Tabelle 6.4.8 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	D Schlafzimmer				
Datum d. Probenahme		19.8.08	14.1.09	13.8.09	
		Konz.	Konz.	Konz.	
Substanz	Einheit	MS1	MS2	MS3	BG
Aliphaten u. Alicyclen					
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
n-Decan	[µg/m³]	9	n.b.	4	4
n-Undecan	[µg/m³]	15	n.b.	11	5
n-Dodecan	[µg/m³]	12	n.b.	16	6
n-Tridecan	[µg/m³]	6	n.b.	12	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	6	n.b.	9	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Aromaten					
Benzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Chlorierte Substanzen					
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4

Substanz	Einheit	MS1	MS2	MS3	BG
Ester					
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Aldehyde					
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
Ketone					
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Terpene					
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Limonen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Sonstige					
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Octamethyltetraacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Summe Aromaten ident.					
	[µg/m³]	-	-	-	
Summe VOC ident.					
	[µg/m³]	48	-	52	
Gesamt VOC					
	[µg/m³]	200	10	260	

a Raumluftkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (19.08.2008)

MS2 Messserie 2 (14.01.2009)

MS3 Messserie 3 (13.08.2009)

Tabelle 6.4.9 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	D Wohnzimmer				
Datum d. Probenahme		19.8.08	14.1.09	13.8.09	
		Konz.	Konz.	Konz.	
Substanz	Einheit	MS1	MS2	MS3	BG
Aliphaten u. Alicyclen					
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
n-Decan	[µg/m³]	16	n.b.	4	4
n-Undecan	[µg/m³]	24	7	16	5
n-Dodecan	[µg/m³]	29	7	22	6
n-Tridecan	[µg/m³]	19	4	18	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	13	n.b.	13	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	7	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	6	8
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Aromaten					
Benzol	[µg/m³]	n.b.	7	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	4	6	n.b.	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	8	n.b.	n.b.	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	5	n.b.	n.b.	4
Chlorierte Substanzen					
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4

Substanz	Einheit	MS1	MS2	MS3	BG
Ester					
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	13
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	13
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	10
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	10
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Aldehyde					
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	10
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	13
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	13
Decanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	13
Ketone					
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	13
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	6
Terpene					
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	5
Limonen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	4
Sonstige					
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	7
Octamethyltetraacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	n.b.	8
Summe Aromaten ident.					
	[µg/m³]	17	13	-	
SUMME VOC ident.					
	[µg/m³]	117	31	98	
Gesamt VOC					
	[µg/m³]	460	38	280	

a Raumluftkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (19.08.2008)

MS2 Messserie 2 (14.01.2009)

MS3 Messserie 3 (13.08.2009)

Tabelle 6.4.10 Ergebnisse der Raumlufthmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	E Wohnzimmer			
Datum d. Probenahme		19.8.08	14.1.09	
		Konz.	Konz.	
Substanz	Einheit	MS1	MS2	BG
Aliphaten u. Alicyclen				
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
n-Decan	[µg/m³]	5	5	4
n-Undecan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	5
n-Dodecan	[µg/m³]	6	n.b.	6
n-Tridecan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
Aromaten				
Benzol	[µg/m³]	n.b.	6	4
Toluol	[µg/m³]	4	9	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
Chlorierte Substanzen				
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4

Substanz	Einheit	MS1	MS2	BG
Ester				
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	8
Aldehyde				
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	11
Ketone				
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	6
Terpene				
Alpha Pinen	[µg/m³]	5	6	5
Limonen	[µg/m³]	16	28	4
Sonstige				
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	6
Octamethyltetraacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	89	n.b.	8
Summe Aromaten ident.	[µg/m³]	4	15	
Summe VOC ident.	[µg/m³]	125	53	
Gesamt VOC	[µg/m³]	150	70	

a Raumlufthkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (19.08.2008)

MS2 Messserie 2 (14.01.2009)

Tabelle 6.4.11 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	E Keller			
Datum d. Probenahme		19.8.08	14.1.09	
		Konz.	Konz.	
Substanz	Einheit	MS1	MS2	BG
Aliphaten u. Alicyclen				
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	12	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	69	n.b.	4
n-Decan	[µg/m³]	200	5	4
n-Undecan	[µg/m³]	190	9	5
n-Dodecan	[µg/m³]	150	8	6
n-Tridecan	[µg/m³]	110	n.b.	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	73	n.b.	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	48	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	27	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
Aromaten				
Benzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	n.b.	5	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	16	n.b.	4
o-Xylol	[µg/m³]	9	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	6	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	29	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	11	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	19	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	62	n.b.	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	24	n.b.	4
Chlorierte Substanzen				
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4

Substanz	Einheit	MS1	MS2	BG
Ester				
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	n.b.	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	4
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	8
Aldehyde				
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	38	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	n.b.	11
Ketone				
4-Methyl-2-pentanone (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	n.b.	6
Terpene				
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	n.b.	5
Limonen	[µg/m³]	17	5	4
Sonstige				
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	n.b.	6
Octamethyltetraacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	12	n.b.	8
Summe Aromaten ident.				
	[µg/m³]	176	5	
SUMME VOC ident.				
	[µg/m³]	1122	31	
Gesamt VOC				
	[µg/m³]	4100	50	

a Raumluftkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (19.08.2008)

MS2 Messserie 2 (14.01.2009)

Tabelle 6.4.12 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	F Therapieaum (im Wohnungsverband)		
Datum d. Probenahme	19.08.08		
Substanz	Einheit	MS1	BG
Aliphaten u. Alicyclen			
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Decan	[µg/m³]	6	4
n-Undecan	[µg/m³]	6	5
n-Dodecan	[µg/m³]	7	6
n-Tridecan	[µg/m³]	6	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	4
Aromaten			
Benzol	[µg/m³]	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	6	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	5	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
Chlorierte Substanzen			
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	4

Substanz	Einheit	MS1	BG
Ester			
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	74	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	95	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	14	4
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	8
Aldehyde			
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	11
Ketone			
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Terpene			
Alpha Pinen	[µg/m³]	43	5
Limonen	[µg/m³]	150	4
Sonstige			
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	6
Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Summe Aromaten ident.			
	[µg/m³]	11	
Summe VOC ident.			
	[µg/m³]	412	
Gesamt VOC			
	[µg/m³]	440	

a Raumlufkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (19.08.2008)

Tabelle 6.4.13 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	F Keller		
Datum d. Probenahme	19.08.08		
Substanz	Einheit	MS1	BG
Aliphaten u. Alicyclen			
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	9	4
n-Decan	[µg/m³]	16	4
n-Undecan	[µg/m³]	21	5
n-Dodecan	[µg/m³]	28	6
n-Tridecan	[µg/m³]	47	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	57	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	53	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	21	8
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	4
Aromaten			
Benzol	[µg/m³]	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	n.b.	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	5	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	6	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	4	4
Chlorierte Substanzen			
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	4

Substanz	Einheit	MS1	BG
Ester			
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	10	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	4
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	8
Aldehyde			
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	11
Ketone			
4-Methyl-2-pentanone (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Terpene			
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	5
Limonen	[µg/m³]	n.b.	4
Sonstige			
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	6
Octamethyltetraacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Summe Aromaten ident.			
		[µg/m³]	15
SUMME VOC ident.			
		[µg/m³]	278
Gesamt VOC			
		[µg/m³]	1300

a Raumluftkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (19.08.2008)

Tabelle 6.4.14 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	H Küche		
Datum d. Probenahme		26.8.08	
		Konz.	
Substanz	Einheit	MS1	BG
Aliphaten u. Alicyclen			
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	5	4
n-Decan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Undecan	[µg/m³]	n.b.	5
n-Dodecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Tridecan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	4
Aromaten			
Benzol	[µg/m³]	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	n.b.	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	7	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
Chlorierte Substanzen			
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	4

Substanz	Einheit	MS1	BG
Ester			
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	4
Texanoldiisobutyrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	8
Aldehyde			
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	11
Ketone			
4-Methyl-2-pentanone (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Terpene			
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	5
Limonen	[µg/m³]	n.b.	4
Sonstige			
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	6
Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Summe Aromaten ident.			
	[µg/m³]	7	
Summe VOC ident.			
	[µg/m³]	12	
Gesamt VOC			
	[µg/m³]	50	

a Raumlufkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (26.08.2008)

Tabelle 6.4.15 Ergebnisse der Raumlufthmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	I Esszimmer (EG)		
Datum d. Probenahme		26.8.08	
		Konz.	
Substanz	Einheit	MS1	BG
Aliphaten u. Alicyclen			
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Decan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Undecan	[µg/m³]	n.b.	5
n-Dodecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Tridecan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	4
Aromaten			
Benzol	[µg/m³]	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	n.b.	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
Chlorierte Substanzen			
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	4

Substanz	Einheit	MS1	BG
Ester			
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	4
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	8
Aldehyde			
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	11
Ketone			
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Terpene			
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	5
Limonen	[µg/m³]	n.b.	4
Sonstige			
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	6
Octamethyltetraacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Summe Aromaten ident.			
	[µg/m³]	-	
Summe VOC ident.			
	[µg/m³]	-	
Gesamt VOC			
	[µg/m³]	50	

a Raumlufthkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (26.08.2008)

Tabelle 6.4.16 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	I Schlafzimmer (EG)		
Datum d. Probenahme		26.8.08	
		Konz.	
Substanz	Einheit	MS1	BG
Aliphaten u. Alicyclen			
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Decan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Undecan	[µg/m³]	n.b.	5
n-Dodecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Tridecan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	4
Aromaten			
Benzol	[µg/m³]	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	n.b.	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
Chlorierte Substanzen			
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	4

Substanz	Einheit	MS1	BG
Ester			
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	4
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	8
Aldehyde			
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	11
Ketone			
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Terpene			
Alpha Pinen	[µg/m³]	17	5
Limonen	[µg/m³]	24	4
Sonstige			
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	6
Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Summe Aromaten ident.			
	[µg/m³]	-	
SUMME VOC ident.			
	[µg/m³]	42	
Gesamt VOC			
	[µg/m³]	50	

a Raumluftkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (26.08.2008)

Tabelle 6.4.17 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	J WC		
Datum d. Probenahme		26.8.08	
		Konz.	
Substanz	Einheit	MS1	BG
Aliphaten u. Alicyclen			
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Decan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Undecan	[µg/m³]	n.b.	5
n-Dodecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Tridecan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	4
Aromaten			
Benzol	[µg/m³]	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	n.b.	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
Chlorierte Substanzen			
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	4

Substanz	Einheit	MS1	BG
Ester			
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	4
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	8
Aldehyde			
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	11
Ketone			
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Terpene			
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	5
Limonen	[µg/m³]	n.b.	4
Sonstige			
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	6
Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	35	8
Summe Aromaten ident.			
	[µg/m³]	-	
Summe VOC ident.			
	[µg/m³]	35	
Gesamt VOC			
	[µg/m³]	50	

a Raumlufkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (26.08.2008)

Tabelle 6.4.18 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	J Schlafzimmer		
Datum d. Probenahme		26.8.08	
		Konz.	
Substanz	Einheit	MS1	BG
Aliphaten u. Alicyclen			
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Decan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Undecan	[µg/m³]	n.b.	5
n-Dodecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Tridecan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	4
Aromaten			
Benzol	[µg/m³]	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	n.b.	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
Chlorierte Substanzen			
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	4

Substanz	Einheit	MS1	BG
Ester			
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	4
Texanoldiisobutyrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	8
Aldehyde			
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	11
Ketone			
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Terpene			
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	5
Limonen	[µg/m³]	5	4
Sonstige			
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	6
Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	37	8
Summe Aromaten ident.	[µg/m³]	-	
SUMME VOC ident.	[µg/m³]	43	
Gesamt VOC	[µg/m³]	50	

a Raumluftkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (26.08.2008)

Tabelle 6.4.19 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	K Wohnzimmer		
Datum d. Probenahme		26.8.08	
		Konz.	
Substanz	Einheit	MS1	BG
Aliphaten u. Alicyclen			
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Decan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Undecan	[µg/m³]	n.b.	5
n-Dodecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Tridecan	[µg/m³]	8	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	8	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	4
Aromaten			
Benzol	[µg/m³]	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	n.b.	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
Chlorierte Substanzen			
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	4

Substanz	Einheit	MS1	BG
Ester			
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	4
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	8
Aldehyde			
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	11
Ketone			
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Terpene			
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	5
Limonen	[µg/m³]	5	4
Sonstige			
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	6
Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	14	8
2,2,4,4,6,8,8-Heptamethyl-Nonan	[µg/m³]	86	8
Summe Aromaten ident.			
	[µg/m³]	-	
Summe VOC ident.			
	[µg/m³]	121	
Gesamt VOC			
	[µg/m³]	260	

a Raumlufkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (26.08.2008)

Tabelle 6.4.20 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	K Schlafzimmer		
Datum d. Probenahme		26.8.08	
		Konz.	
Substanz	Einheit	MS1	BG
Aliphaten u. Alicyclen			
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Decan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Undecan	[µg/m³]	n.b.	5
n-Dodecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Tridecan	[µg/m³]	9	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	12	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	4
Aromaten			
Benzol	[µg/m³]	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	n.b.	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
Chlorierte Substanzen			
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	4

Substanz	Einheit	MS1	BG
Ester			
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	4
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	8
Aldehyde			
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	11
Ketone			
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Terpene			
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	5
Limonen	[µg/m³]	8	4
Sonstige			
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	6
Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	17	8
2,2,4,4,6,6,8,8-Heptamethyl-Nonan	[µg/m³]	120	8
Summe Aromaten ident.			
	[µg/m³]	-	
SUMME VOC ident.			
	[µg/m³]	167	
Gesamt VOC			
	[µg/m³]	330	

a Raumluftkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (26.08.2008)

Tabelle 6.4.21 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	L Wohnzimmer		
Datum d. Probenahme		26.8.08	
		Konz.	
Substanz	Einheit	MS1	BG
Aliphaten u. Alicyclen			
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Decan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Undecan	[µg/m³]	n.b.	5
n-Dodecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Tridecan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	4
Aromaten			
Benzol	[µg/m³]	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	4	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
Chlorierte Substanzen			
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	4

Substanz	Einheit	MS1	BG
Ester			
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	4
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	8
Aldehyde			
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	11
Ketone			
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Terpene			
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	5
Limonen	[µg/m³]	15	4
Sonstige			
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	6
Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Summe Aromaten ident.			
	[µg/m³]	4	
Summe VOC ident.			
	[µg/m³]	19	
Gesamt VOC			
	[µg/m³]	50	

a Raumlufkonzentration in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

MS1 Messserie 1 (26.08.2008)