



FÜR EIN GESUNDES BERUFSLEBEN



**BGW**

Berufsgenossenschaft  
für Gesundheitsdienst  
und Wohlfahrtspflege

# Gefahrstoffexposition bei Saunaaufgüssen

Abschlussbericht

# Impressum

## **Gefahrstoffexposition bei Saunaaufgüssen**

Stand 11/2016

© 2016 Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst  
und Wohlfahrtspflege (BGW)

### **Herausgeber**

Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst  
und Wohlfahrtspflege (BGW)

Hauptverwaltung

Pappelallee 33/35/37

22089 Hamburg

Telefon: (040) 202 07 - 0

Telefax: (040) 202 07 - 24 95

[www.bgw-online.de](http://www.bgw-online.de)

### **Bestellnummer**

BGW 55-82-002

### **Autorenschaft**

Wolfgang Wegscheider, BGW

Birgit Heinrich, IFA

Andreas Albrecht, DGUV SG Bäder

Heinz Assenmacher, IFA

Dirk Fendler, BGETEM

Heinz Kübler, DGUV SG Bäder

Günter Naujoks, BGW

Bernhard Scheibner SG Bäder



### **Fotos**

BGW

# Inhalt

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>9</b>
<b>2 Ziele des Messprogramms</b> .....	<b>10</b>
<b>3 Gefahrstoffe</b> .....	<b>10</b>
<b>4 Begriffe</b> .....	<b>12</b>
<b>5 Untersuchungsablauf</b> .....	<b>13</b>
<b>6 Methoden</b> .....	<b>15</b>
6.1 Befragung.....	15
6.2 Emissionsmessungen .....	16
6.3 Arbeitsplatzmessungen in Phasen 0 - 2 .....	17
6.4 Abweichende Methoden in Phasen 0 - 2 .....	20
6.4.1 Arbeitsablauf in Phase 0 .....	20
6.4.2 Messstrategie in Phase 0.....	21
6.4.3 Arbeitsablauf in Phase 1 und Phase 2.....	21
6.4.4 Arbeitsverfahren.....	22
6.4.5 Arbeitsverfahren Phase 1 .....	22
6.4.6 Arbeitsverfahren Phase 2 .....	23
6.4.7 Messstrategie Phase 1 und Phase 2 .....	24
<b>7 Ergebnisse</b> .....	<b>26</b>
7.1 Publikationen.....	26
7.2 Messberichte externer Messstellen (Sauna TT) .....	29
7.3 Ergebnisse der Befragungen .....	30
7.4 Ergebnisse der Laboruntersuchungen (Emissionsmessungen) ...	32
7.4.1 Emissionen aus Aufgussmitteln bei Raumtemperatur und 380°C	32
7.4.2 Emissionen aus Aufgussmitteln bei 300 °C und 500 °C.....	33
7.4.3 Emissionen aus Aufgussmitteln bei Temperaturen von 200 – 400°C .....	33
7.5 Ergebnisse der Arbeitsplatzmessungen .....	34
7.5.1 Arbeitsplatzmessungen Phase 0 .....	34
7.5.2 Arbeitsplatzmessungen Phase 1 .....	36
7.5.3 Arbeitsplatzmessungen Phase 2 .....	39
7.6 Interpretation der Emissionsmessungen und Arbeitsplatzbewertung .....	40
7.6.1 Interpretation der Emissionsmessungen .....	40
7.6.2 Arbeitsplatzbewertung .....	40

7.6.3	Bewertungsgrundlagen für die Gefahrstoffmessungen .....	41
7.6.4	Bewertungsergebnis .....	42
<b>8</b>	<b>Ergebniszusammenfassung und Schlussfolgerung .....</b>	<b>43</b>
<b>9</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>45</b>
<b>10</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>46</b>
10.1	Fragebogen zu technischen Rahmenbedingungen und zum Arbeitsverfahren.....	47
10.2	Emissionsmessungen bei Raumtemperatur .....	48
10.3	Emissionsmessung bei 380°C .....	49
10.4	Emissionsmessung bei 300 und 500°C .....	49
10.5	Emissionsmessung zwischen 200 und 400°C in 50 K- Schritten .	51
10.6	Ergebnisse aus Arbeitsplatzmessungen.....	51
10.7	Konzentrationsverläufe der direktanzeigenden Messungen.....	62
10.8	Zusätzliche Auswertungen und Messungen .....	64

# Zusammenfassung

**Hintergrund:** Um Saunagästen ein besonderes Erlebnis zu bieten, werden in gewerblichen Saunen häufig Aufgusszeremonien durchgeführt. Dazu werden konzentrierte Saunaaufgussmittel, dies sind überwiegend ätherische Öle, in der Regel gelöst in Ethanol und/oder 2-Propanol, mit Wasser zum Aufgusswasser verdünnt. Dieses wird vom Saunapersonal im Saunaraum unter Anwesenheit der Saunagäste vom Personal auf heißen Steinen verteilt. Die Steine werden von Heizgeräten erhitzt und erreichen an der Oberfläche Temperaturen von 100-200 °C. Das Aufgusswasser verdampft beim Auftreffen auf die oben liegenden heißen Steine zum großen Teil, gelangt aber teilweise auch auf tiefer liegende, heißere Oberflächen (je nach Ofenkonstruktion bis zu 450 °C). Die hohen Temperaturen bewirken bei den organischen Bestandteilen des Aufgusswassers pyrolytische und oxidative Prozesse, es entstehen u.a. diverse Aldehyde und Ketone, die in die Luft gelangen. Bei sechs Aufgusszeremonien mit einer Dauer bis zu 10 Minuten pro Aufgusszeremonie sind die Beschäftigten pro Arbeitsschicht bis zu eine Stunde exponiert. Die Freisetzung von Formaldehyd spielt wegen der Einstufung als Humankarzinogen (K1B), dem Verdacht auf mutagene Wirkung (M2) und wegen seiner hautsensibilisierenden Wirkung (H1) eine besondere Rolle bei der Beurteilung der beruflichen Gefahrstoffbelastung bei Saunaaufgüssen.

**Ziel:** Die Gefahrstoffexposition der Beschäftigten beim Aufgießen aromatisierter Aufgusswässer sollte ermittelt werden.

**Methoden:** Laboruntersuchungen stellten die Aldehyd- und Ketonemissionen ausgewählter Aufgussmittel bei definierten Temperaturstufen zwischen 200 °C und 500 °C fest.

Arbeitsplatzmessungen auf Aldehyde und Ketone in acht Saunaräumen ohne Saunagäste ergaben ein Expositionsspektrum der Saunabeschäftigten während der Durchführung von Aufgüssen unter betriebsüblichen und unter nachgestellten, kontrollierten Bedingungen. Die Standard-Messmethode (Personal-Air-Sampler und Sep-Pak XPoSure Kartuschen) wurde für die speziellen Rahmenbedingungen in Saunen (hohe Lufttemperatur, hohe absolute Luftfeuchte) getestet und konnte mit geringen Modifikationen eingesetzt werden. Messungen wurden stationär im Atembereich des Aufgießers und auf der Saunabank durchgeführt. Oberflächentemperaturen wurden mit einem Kontaktthermometer und einer Wärmebildkamera ermittelt. Es gab drei Untersuchungsphasen:

- Phase 0: Laboruntersuchungen bei Raumtemperatur und für eine Substanz bei 380°C. Arbeitsplatzmessungen unter betriebsüblichen Bedingungen.
- Phase 1: Laboruntersuchungen bei 300°C und 500°C mit 12 Aufgussmitteln. Arbeitsplatzmessungen bei denen das Aufgusswasser nach Herstellerangabe angesetzt und der Aufguss nach den Empfehlungen des Deutschen Sauna-Bundes durchgeführt wurde.

- Phase 2: Laboruntersuchungen bei Temperaturen zwischen 200°C und 400°C in 50 K- Schritten. Arbeitsplatzmessungen bei denen das Aufgusswasser abweichend von den Herstellerangaben über- und unterdosiert angesetzt wurde. Die Aufgüsse wurden sowohl schnell als auch langsam durchgeführt.

**Ergebnisse:** Die Laboruntersuchungen haben nachgewiesen, dass ab 250 °C deutlich ansteigende Aldehyd- und Ketonemissionen entstehen, während diese bei Raumtemperatur nicht nachweisbar waren. Die Arbeitsplatzmessungen haben gezeigt, dass Formaldehyd als Grundbelastung in den Saunaräumen vorhanden ist und durch die Aufgüsse zusätzlich Formaldehyd entsteht. Die Formaldehydkonzentrationen der Saunaräume lagen ohne Aufgüsse zwischen <0,01 und 0,041 mg/m<sup>3</sup> bei abgekühlter Sauna (ca. 40 °C) und zwischen 0,06 und 0,37 mg/m<sup>3</sup> bei aufgeheizter Sauna (ca. 100 °C). Durch die Aufgüsse ergaben sich zusätzliche Formaldehydkonzentrationen von bis zu 0,2 mg/m<sup>3</sup>, wenn die Herstellerangaben zur Dosierung und der vom Deutschen Sauna-Bund erarbeiteten und von der Deutschen Gesellschaft für das Badewesen (DGfdB) veröffentlichten Empfehlungen zum Ausbringen der Aufgussmittel eingehalten wurden. Rechnerisch ergaben sich aus beiden Emissionsquellen (Hölzer und Aufguss) Konzentrationen bis zu 0,5 mg/m<sup>3</sup>. Als Einflussfaktoren für höhere Formaldehydkonzentrationen wurden erkannt:

- Ofenkonstruktionen, die zulassen, dass Aufgusslösung in heißere Bereiche gelangen
- hohe Dosierungen über der Herstellerempfehlung
- schnell durchgeführte, sogenannte harte Aufgüsse

Für das 10- minütige Aufgussritual wurden bei sehr ungünstigen Rahmenbedingungen Formaldehydkonzentrationen bis zu 2 mg/m<sup>3</sup> erreicht.

**Schlussfolgerung:** Saunaaufgussmittel setzen bei hohen Temperaturen durch Pyrolyse und Oxidation Aldehyde und Ketone frei. Formaldehyd und Aceton stellen den Hauptanteil der Emissionen dar. Bei der Durchführung von Aufgusszeremonien mit Aufgusswasser können die Formaldehydgrenzwerte nach TRGS 900 als 8h-Schichtmittelwert und als Kurzzeitwert über maximal 15 Minuten eingehalten werden, wenn die herstellereitigen Dosierangaben und die Empfehlungen der DGfdB für das Ausbringen der Aufgusswässer beachtet werden. Dosierungen über der Herstellerempfehlung und das Auftreffen des Aufgusswassers auf sehr heiße Oberflächen, bedingt durch die Ofenkonstruktion beziehungsweise schnelle Aufgüsse, können zu Formaldehydkonzentrationen über dem zulässigen Kurzzeitwert führen.



# 1 Einleitung

Von einem Mitgliedsbetrieb der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW) wurden gesundheitliche Beschwerden beim Personal gemeldet. Es gab die Vermutung, dass Gefahrstoffe bei Saunaaufgüssen eine Ursache dieser Beschwerden sein können. Bereits vorliegende Arbeitsplatzmessungen und Informationen aus der Literatur ließen erkennen, dass die in Saunen eingebauten Materialien und zusätzlich bei Saunaaufgüssen verwendete Aufgussmittel Formaldehyd emittieren können [1]. Die BGW ließ zunächst im IFA-Analysenlabor Emissionsmessungen an einer Auswahl von Aufgussmitteln durchführen. Danach wurden unter üblichen betrieblichen Bedingungen Gefahrstoffmessungen in dem Saunabetrieb durchgeführt. Diese Labor- und Arbeitsplatzuntersuchungen werden nachfolgend einer Phase 0 zugeordnet. Die Ergebnisse der Phase 0 und der bereits vorliegenden Arbeitsplatzmessungen ließen vermuten, dass die Aufgusswässer unter bestimmten Rahmenbedingungen erhöhte Gefahrstoffemissionen von Zersetzungsprodukten verursachen. Das Sachgebiet (SG) Bäder im DGUV-Fachbereich Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (WoGes) griff die Thematik auf und initiierte das DGUV-Projekt „Aldehydexposition bei der Durchführung von Saunaaufgüssen“ mit folgenden Aufgaben laut Projektbeschreibung:

- Bestimmung des Profils der Oberflächentemperatur des Saunaofens mit einer Wärmebildkamera
- Durchführung von Saunaaufgüssen mit ausgewählten Duftessenzen in drei verschiedenen Saunaräumen
- Probenahme aus der Saunaraumluft im Bereich des Arbeitsplatzes des Beschäftigten vor und während des Aufgusses
- Bestimmung der Aldehyde und des Acetons in der abgesaugten Luftmenge
- Ermittlung und Bewertung der potentiellen Exposition des Beschäftigten
- Prüfen und ggf. Erarbeiten eines Vorschlags für umfassende repräsentative Untersuchungen
- Ableitung von ersten vorläufigen Handlungsempfehlungen zum Einsatz von Duftessenzen beim Saunaaufguss
- Veröffentlichung der Ergebnisse und der vorläufigen Handlungsempfehlungen

Die messtechnischen Untersuchungen wurden im Rahmen eines Messprogramms „Gefahrstoffexposition bei Saunaaufgüssen“ geplant und durchgeführt. Die Arbeitsplatzmessungen erfolgten bei nachgestellten, standardisierten Aufgusszeremonien in Saunen. Das Messprogramm beinhaltete über die Projektbeschreibung hinaus qualitative und quantitative Emissionsuntersuchungen im IFA-Analysenlabor.



Die Aufgabenverteilung im Messprogramm war wie folgt:

- Koordination des Messprogramms und Arbeitsplatzmessungen (MTD BGW<sup>1</sup>)
- Analytik, Emissionsmessungen und Gerätetest (IFA<sup>2</sup>)
- Temperaturmessungen (MTD BGETEM<sup>3</sup>)

## 2 Ziele des Messprogramms

Ziel des Messprogramms war die Ermittlung der Gefahrstoffexposition des Saunapersonals beim Ausbringen des Aufgusswassers auf die heißen Saunasteine im Saunaraum.

## 3 Gefahrstoffe

Die Inhaltsstoffe der Aufgussmittel reagieren auf den heißen Oberflächen der Saunasteine und der Heizgeräte und bilden Zersetzungs- und Oxidationsprodukte. Mit dem Messprogramm wurde untersucht, welche Aldehyde und Ketone in die Luft freigesetzt werden können und welche Exposition für die Beschäftigten daraus resultiert. Die *Tabelle 1* zeigt die untersuchten Stoffe sowie deren Grenzwerte und Einstufungen.

---

<sup>1</sup> Messtechnischer Dienst der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW)

<sup>2</sup> Fachbereich Chemische Analytik und Fachbereich Gefahrstoffe des Institut für Arbeitsschutz (IFA)

<sup>3</sup> Messtechnischer Dienst der BG für Energie, Textil, Elektro und Medien (BGETEM)

**Tabelle 1:** Grenzwerte und Einstufungen der untersuchten Gefahrstoffe

Bezeichnung CAS-Nummer	Grenzwert/ Beurteilungs- maßstab Art	ÜF	Bemerkung TRGS 900	Bewertungen nach TRGS 905/TRGS 906
				GHS-Einstufungen
Acetaldehyd 75-07-0	91 mg/m <sup>3</sup> AGW	1;=2=(l)	Y	Entzündbare Flüssigkeiten, Kategorie 1; H224 Karzinogenität, Kategorie 2; H351 Augenreizung, Kategorie 2; H319 Spezifische Zielorgan-Toxizität (einmalige Exposition), Kategorie 3; H335
Acrylaldehyd 107-02-8	0,2 mg/m <sup>3</sup> AGW	2(l)	H	Entzündbare Flüssigkeiten, Kategorie 2; H225 Akute Toxizität, Kategorie 1, Einatmen; H330 Akute Toxizität, Kategorie 2, Verschlucken; H300 Akute Toxizität, Kategorie 3, Hautkontakt; H311 Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1B; H314 Gewässergefährdend, Akut Kategorie 1; H400 Gewässergefährdend, Chronisch Kategorie 1; H410
Butyraldehyd 123-72-8	64 mg/m <sup>3</sup> AGW	1(l)		Entzündbare Flüssigkeiten, Kategorie 2; H225
Formaldehyd 50-00-0	0,37 mg/m <sup>3</sup> AGW	2(l)	Y X, Sh	Karzinogenität, Kategorie 1B; H350 Keimzellmutagenität, Kategorie 2; H341 Akute Toxizität, Kategorie 3, Verschlucken *; H301 Akute Toxizität, Kategorie 3, Hautkontakt *; H311 Akute Toxizität, Kategorie 3, Einatmen *; H331 Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1B; H314 Sensibilisierung der Haut, Kategorie 1; H317 * MindestEinstufung Der Stoff wurde eingestuft durch die EU-Verordnung Nr. 605/2014
Propionaldehyd 123-38-6	48 mg/m <sup>3</sup> LIG			Entzündbare Flüssigkeiten, Kategorie 2; H225 Augenreizung, Kategorie 2; H319 Spezifische Zielorgan-Toxizität (einmalige Exposition), Kategorie 3; H335 Reizwirkung auf die Haut, Kategorie 2; H315
Aceton 67-64-1	1200 mg/m <sup>3</sup> AGW	2(l)	Y	Entzündbare Flüssigkeiten, Kategorie 2; H225 Augenreizung, Kategorie 2; H319 Spezifische Zielorgan-Toxizität (einmalige Exposition), Kategorie 3; H336

Legende:

- AGW Arbeitsplatzgrenzwert
- LIG Liste internationaler Grenzwerte (Propionaldehyd-Grenzwert aus Belgien/ Canada/ Finnland)
- ÜF Überschreitungsfaktor für die Kurzzeitbeurteilung
- H hautresorptiv
- Y ein Risiko der Fruchtschädigung braucht bei Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwerts und des biologischen Grenzwerts nicht befürchtet zu werden
- X kanzerogener Stoff der Kat. 1A oder 1B, § 10 GefStoffV ist zu beachten
- Sh hautsensibilisierend

Der Fokus der Untersuchungen lag auf dem Stoff Formaldehyd wegen seiner besonderen, gefährlichen Eigenschaften und dem niedrigen Grenzwert.

## 4 Begriffe

In diesem Untersuchungsbericht werden saunaspezifische Begriffe wie in den Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für das Badewesen verwendet [4]. Die nachfolgende Liste ist ein Auszug der Begriffe aus dieser Richtlinie, ergänzt durch den in diesem Bericht verwendeten Begriff „Aufgussmittel“.

### **Aufguss**

Ein Aufguss ist das manuell dosierte Aufgießen von Wasser auf die heißen Steine des Heizgerätes mit dem Ziel eines zusätzlichen Hitzereizes, der zu einer verstärkten Beanspruchung der Thermoregulation und des Herz-Kreislaufsystems führt.

### **Aufgussmittel**

Käuflich erwerbbares Produkt eines Herstellers, das den Duftstoff und einen Lösungsvermittler enthält.

### **Aufgusswasser**

Gemischte Flüssigkeit aus Wasser, Duftstoff und Lösungsvermittler.

### **Aufgusszeremonie**

Gesamtheit der Handlungen, die die physiologischen und psychoemotionalen Wirkungen einer Aufgusspräsentation umfasst.

### **Bänke**

Drei- oder vierstufig angeordnete Sitz- und Liegeflächen im Schwitzraum.

### **Duftstoff**

Flüchtige chemische oder natürliche Substanzen mit spezifisch ausgeprägtem mehr oder weniger starkem Geruch.

### **Haftschicht**

Der Haut anhaftende Luftschicht mit thermisch isolierender Wirkung; im Ruhezustand 4-8 mm stark.

### **Heizgerät**

Einrichtung zur Erzeugung der Betriebstemperatur durch Wärmestrahlung und Konvektion in Saunaräumen mit Regel und/oder Steuereinrichtung, Schutzeinrichtung und Steuertafel.

### **Saunameister/Saunameisterin**

Erfüllungsgehilfe des Saunabetreibers mit Aufgaben der Aufsichtsführung, der Saunagastbetreuung, der Ersten Hilfe bei gesundheitlichen Zwischenfällen und Unfällen sowie technischer Pflichten, ausgebildet vom Deutschen Sauna-Bund.

## **Saunaraum**

Der Saunaraum ist ein Raum aus Holz. Er ist mit aufsteigenden Bänken und einem typischerweise steingefüllten Heizgerät ausgestattet. Er hat ein festgelegtes Raumklima von etwa 90 bis 100 °C ca. 1,00 m über der obersten Bank gemessen und eine geringe Luftfeuchte, die durch einen Aufguss kurzzeitig erhöht werden kann.

## **Vorarbeit**

Bereitstellung des Aufgusswassers, der Wedelutensilien und anderer Hilfsmittel (Aufgusseimer u.ä.).

## **Wasserdampf**

Gasförmiger Aggregatzustand von Wasser. Anmerkung; Wasser im gasförmigen Aggregatzustand ist unsichtbar wie Luft; erst der Kontakt mit kühlerer Luft führt zur Kondensatbildung und somit zum sichtbaren Wasserdampf - auch Nassdampf genannt.

## **Wedelutensilien**

Wedeltuch aus schwerem Zwirnfrottier, Fächer, Birkenzweige, Palmblätter, Fahnen o.ä. zur Verteilung des Wasserdampfes im Saunaraum und der Reduzierung der Haftsicht.

# **5 Untersuchungsablauf**

Das Messprogramm war in drei Untersuchungsabschnitte (Phasen 0, 1, 2) eingeteilt, die sich in einigen Punkten unterschieden (*Tab. 2*). Nachfolgend werden die drei Phasen des Messprogramms im Detail dargestellt.

## **Phase 0:**

Die Untersuchungen in Phase 0 erfolgten in Kooperation mit der Sauna TT<sup>4</sup>. Die Sauna stellte für die Laboruntersuchungen 15 Proben von in der Sauna verwendeten Aufgussmitteln des Herstellers S1 sowie für die Arbeitsplatzmessungen drei Saunaräume zur Verfügung. Zudem wurden die vorliegenden Messberichte aus Untersuchungen ausgewertet, die von der Sauna TT in Auftrag gegeben worden waren.

Schwerpunkte der Arbeiten in Phase 0 waren:

- Emissionsermittlungen im IFA-Analysenlabor mit 15 Aufgussmitteln bei Raumtemperatur und mit einem ausgewählten Aufgussmittel bei 380°C.
- Auswertung der Messberichte externer Messstellen.
- Expositionsermittlung durch Arbeitsplatzmessungen unter nachgestellten Arbeitsbedingungen an realen Arbeitsplätzen in drei Saunaräumen.

---

<sup>4</sup> Die Saunabetriebe und Hersteller der Aufgussmittel werden anonymisiert mit Buchstabenkürzeln dargestellt.

## **Phase 1:**

Die Untersuchungen in Phase 1 erfolgten in drei Saunabetrieben und in drei Saunaräumen. Es wurden standardisierte Versuche durchgeführt.

Schwerpunkte der Arbeiten in Phase 1 waren:

- Planungen für erweiterte Arbeitsplatzmessungen nach standardisierten Verfahren
- Akquise kooperationsbereiter Saunen mit geeigneten Saunaräumen und Heizgeräten
- Versand von Fragebögen zur technischen Ausstattung und zu den Arbeitsverfahren an die drei kooperierenden Saunen
- Emissionsermittlung im IFA-Analysenlabor mit 12 Aufgussmitteln (drei Hersteller) bei 300 und 500 °C. Es handelte sich dabei um Essenzen, die von den drei befragten Saunen als Favoriten eingestuft wurden. Des Weiteren wurden die Emissionen beim Erhitzen der Alkohole Ethanol und 2-Propanol untersucht, die als Lösungsmittel in den Aufgussmitteln vorkommen.
- Expositionsermittlungen durch Arbeitsplatzmessungen in drei Saunaräumen (drei Saunabetriebe). Die Messungen wurden bei Aufgüssen mit jeweils 5 der oben genannten 12 Essenzen durchgeführt. Auswahlkriterium war eine vergleichsweise hohe Formaldehyd-Emissionsrate im Laborversuch. Dosieranweisungen der Hersteller wurden beachtet. Hinzu kamen die für die Aufgussmittel häufig verwendeten alkoholischen Lösungsmittel Ethanol und 2-Propanol, die bei den Untersuchungen vergleichbar wie die Aufgusswässer mit Wasser verdünnt wurden. Die Aufgusswässer wurden langsam auf die heißen Steine aufgegossen.

## **Phase 2:**

Die Untersuchungen in Phase 2 erfolgten bei einem Saunabetrieb und in einem Saunaraum. Es wurden wie in Phase 1 standardisierte Versuche durchgeführt, allerdings unter anderen Rahmenbedingungen.

Schwerpunkte der Arbeiten in Phase 2 waren:

- Akquise einer Sauna für umfangreiche, eventuell mehrtägige Untersuchungen
- Emissionsermittlungen im IFA-Analysenlabor mit drei Aufgussmitteln von drei Herstellern für kleinere Temperaturschritte (50 Kelvin) zwischen 200 und 450°C.
- Expositionsermittlungen durch Arbeitsplatzmessungen mit den drei im Labor untersuchten Aufgussmitteln unter sehr günstigen und sehr ungünstigen Bedingungen. Es gab beabsichtigte Abweichungen von den Dosierempfehlungen der Hersteller. Aufgusswässer wurden geringer und höher dosiert als vom Hersteller angegeben. Die Aufgusswässer wurden langsam und schnell auf die heißen Steine aufgegossen.

**Tabelle 2:** Untersuchungsphasen im Überblick

Phase	Laboruntersuchungen Emissionsmessungen	Arbeitsplatzmessungen: Gefahrstoffmessungen und Temperatur- messungen	Zusatzuntersuchungen	Bemerkung
0	Emissionen bei Raumtemperatur und 380°C (Grapefruit, Hersteller F)	Arbeitsplatzmessungen unter betriebsüblichen Bedingungen in Sauna TT, drei Saunaräume	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eignung der Probenahmepumpen</li> <li>Eignung des direktanzeigenden Messgeräts</li> </ul>	Pilotmessungen
1	Emissionen bei 300°C und 500°C, 12 Aufgussmittel plus Ethanol und 2-Propanol	Arbeitsplatzmessungen unter empfohlenen Bedingungen, Aufgusskonzentration nach Herstellerangabe, Aufgüsse nach Empfehlung DGfDB, drei Saunen (AT, FS, MM), drei Saunaräume		Start Messprogramm mit Handlungsanleitung, Akquise Saunen, Versand Fragebögen
2	Emissionen bei 200-400°C in 50 K-Schritten, drei Aufgussmittel	Arbeitsplatzmessungen unter Extrembedingungen: Aufgusswasser sehr gering/ sehr hoch dosiert, Aufgussgeschwindigkeit langsam/ schnell; eine Sauna (AG), ein Saunaraum		Akquise einer geeigneten Sauna, Versand Fragebogen

## 6 Methoden

Die Methodenbeschreibung umfasst:

- die Ermittlung der betrieblichen Rahmenbedingungen und der üblichen Arbeitsabläufe mittels Befragung
- die Messverfahren (Probenahme und Analytik) bei den Emissions- und Arbeitsplatzmessungen
- die Messstrategie der Arbeitsplatzmessungen (Gefahrstoffmessungen und Temperaturmessungen)

### 6.1 Befragung

Die BGW versandte per Mail an die beteiligten Saunen jeweils einen Fragebogen mit Fragen zu technischen Rahmenbedingungen und zum Arbeitsablauf (siehe *Anhang*). Die Saunabetreiber hatten die Möglichkeit den Fragebogen elektronisch zu beantworten und zurück zu senden.

## 6.2 Emissionsmessungen

Im Rahmen der Emissionsmessungen wurden analytische Bestimmungen für die fünf Aldehyde Formaldehyd, Acetaldehyd, Propionaldehyd, Butyraldehyd und 2-Propenal durchgeführt sowie für das Keton Aceton, das durch Oxidation aus dem Lösungsmittel 2-Propanol entstehen kann. Die Emissionen wurden bei Raumtemperatur und bei definierten höheren Temperaturen zwischen 200 und 500 °C ermittelt. Für die Probenahme kamen Sep-Pak XPOsure Kartuschen und eine geeignete Probenahmpumpe zum Einsatz. Die anschließende Analytik mittels HPLC wurde entsprechend den Vorgaben der Methode aus der IFA-Arbeitsmappe (Kennzahl 6045) durchgeführt.

### Emissionsmessungen bei Raumtemperatur

Zur Ermittlung der Emissionen bei Raumtemperatur wurden jeweils 1,4 ml der Aufgussmittel in eine Petrischale mit einer Fläche von 72 cm<sup>2</sup> gegeben (ergibt eine Schichtdicke von 0,2 mm) und diese in einen Exsikkator mit 12 Liter Volumen gestellt. Nach Verschließen des Exsikkators wurde Luft mit 10 l/h durch zwei hintereinander geschaltete Waters Sep-Pak XPOsure Kartuschen gesaugt (Abb. 1). Nach 1 Stunde wurden die Kartuschen gegen neue gewechselt und wieder 1 Stunde Luft gezogen. Die flächenspezifische Luftdurchflussrate betrug 1,4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h.



**Abbildung 1:** Versuchsaufbau Emissionsmessungen bei Raumtemperatur

### Emissionsmessungen bei Temperaturen ab 200 °C

Die Ermittlung der Emissionen bei höheren Temperaturen erforderte einen speziellen Versuchsaufbau. Ein Keramikschißchen wurde in ein Keramikrohr gestellt und in einem Muffelofen bei definierten Temperaturen zwischen 200 und 500°C erhitzt. Mit Hilfe eines Spritzenmotors und einer gasdichten Mikroliterspritze wurden 200 µl des Aufgussmittels innerhalb von 4 Minuten in das Schißchen dosiert. Durch das



Keramikrohr wurde Luft mit 20 l/h über eine leere Waschflasche und 4 hintereinander geschaltete Sep-Pak XPoSure Kartuschen gesaugt (Abb. 2). Anschließend wurde noch 16 Minuten Luft gezogen, um die gesamte emittierte Menge der Stoffe zu erfassen. Bei 500°C wurden 14 Kartuschen eingesetzt, die vorher noch zusätzlich mit insgesamt 6 ml DNPH-Lösung entsprechend 30 mg DNPH belegt wurden.

Die letzte Kartusche wurde zur Kontrolle eines möglichen Durchbruchs separat aufgearbeitet. Die restlichen Kartuschen wurden gemeinsam in Reihe gegen die Saugrichtung eluiert. Das Eluat der 500°C-Proben wurde 10-fach mit DNPH-Lösung (5 mg/ml) verdünnt.



**Abbildung 2:** Versuchsaufbau Emissionsmessungen bei höheren Temperaturen

### 6.3 Arbeitsplatzmessungen in Phasen 0 - 2

#### Aldehydmessungen am Arbeitsplatz

Die Aldehydmessungen am Arbeitsplatz erfolgten in den Phasen 0-2 mit Standardmessverfahren (Tab. 3) außerhalb des normalen Saunabetriebs ohne Saunagäste. In Phase 2 wurde zusätzlich ein direktanzeigendes Messgerät eingesetzt (Abb. 3 und Tab. 4). Auf Grund der hohen Temperaturen wurde die Eignung, der Probenahmepumpen und der Probenträger sowie des direktanzeigenden Messgeräts abgeklärt. Das Messgerät und die Probenahmepumpen befanden sich während der Messungen außerhalb des Saunaraums. Die Umgebungstemperatur lag dort bei ca. 30 °C und somit unterhalb der maximal zulässigen Betriebstemperatur der Systeme (40°C). Zu klären war, ob die Temperatur der angesaugten Prüfluft einen Einfluss auf das Messergebnis haben kann. Laboruntersuchungen im IFA zeigten, dass die Temperatur der angesaugten heißen Luft bereits bei ca. 0,5 m Schlauchlänge

außerhalb der Sauna von 100°C auf ca. 30°C Außentemperatur absinkt. Die Probenahmepumpen bzw. das direktanzeigende Messgerät (Phase 2) waren über ca. 5 m lange Schläuche -davon ca. 1,5 m außerhalb der Sauna- und über eine Kühlfalle mit den Probenträgern bzw. der Messstelle verbunden. Eine Korrektur des Luftvolumens auf Normbedingungen war daher nicht erforderlich.

Die Probenträger, die sich während der Probenahmen im Saunaraum befanden, sind laut Hersteller für Temperaturen bis 100°C geeignet.

**Tabelle 3:** MGU-Standardmessverfahren für Aldehyde (Phasen 0 – 2)

Probenahme-system	Probenträgerart	Messbereich/ Bestimmungsgrenze für Formaldehyd	Analytisches Bestimmungsverfahren Kennzahl IFA-Arbeitsmappe Prüflabor
PAS-Pumpe	Waters Sep-Pak XpoSure	0,061 mg/m <sup>3</sup> bei 0,66 l/min oder 0,031 mg/m <sup>3</sup> bei 1,3 l/min (10 Minuten PN- Dauer)	Hochleistungsflüssigkeits- Chromatographie (HPLC) Kennzahl: 6045 Auf der mit 2,4-Dinitrophenylhydrazin (DNPH) imprägnierten Kartusche zurückgehaltene Aldehyde reagieren zu den entsprechenden Hydrazonen, welche nach Elution mit Acetonitril flüssigchromatographisch aufgetrennt und mittels Diodenarray-Detektion quantifiziert werden.  Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)

**Tabelle 4:** Direktanzeigendes Messverfahren für Formaldehyd (Phase 2)

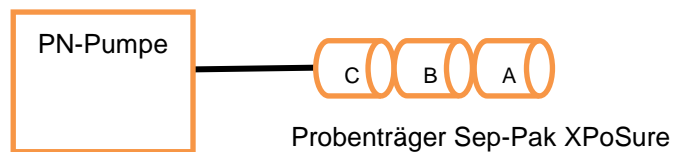
Messsystem	Messprinzip	Messbereich	Bemerkungen
Interscan 1166 Formaldehyd	Elektro-chemischer Sensor	Messbereich: 0,01 – 10 ppm	Querempfindlichkeiten gegenüber Ethanol (positives Signal) und gegenüber CO <sub>2</sub> (negatives Signal); nicht quantifiziert



**Abbildung 3:** Direktanzeigendes Formaldehydmessgerät Interscan 1166

Für die Probenahme ohne Aufguss, vor dem Aufheizen und nach dem Aufheizen des Saunaraums, wurde das Standardmessverfahren mit einer Sep-Pak XPoSure Kartusche angewandt.

Während der Aufgüsse in den Saunaräumen in Phase 0 wurden sechs hintereinandergeschaltete Kartuschen eingesetzt. Damit sollte ein Durchbruch bei den erwarteten hohen Konzentrationen verhindert werden. Während der Aufgüsse in Phase 1 und Phase 2 wurde die Anzahl hintereinandergeschalteter Kartuschen auf drei reduziert, da die Messungen der Phase 0 und Laboruntersuchungen gezeigt hatten, dass dies ausreicht. Die Reihenfolge der Kartuschen wurde gekennzeichnet um Verwechslungen auszuschließen (Abb. 4: Schema Probenahmesystem). Alle Probenträger wurden ausgewertet.



**Abbildung 4:** Schema Probenahmesystem

Die Probenahmen im Saunaraum erfolgten stationär auf Stativen, eine Probenahme möglichst nahe am Atembereich eines Aufgießers, eine weitere Probenahme auf der mittleren Sitzreihe der Saunagäste, ca. 50 cm über der Sitzfläche (Fotos).



**Abbildung 5:** Messstelle Saunaofen (Atembereich)



**Abbildung 6:** Messstelle Bank

### Temperaturmessungen

In Phase 0 wurden die Raumtemperaturen an den eingebauten Saunathermometern abgelesen. Die Oberflächentemperaturen an den Öfen wurden nicht ermittelt.

In Phase 1 und Phase 2 der Untersuchungen führte die BGETEM die Temperaturmessungen mit speziellen Messgeräten (Tab. 5) durch. Die jeweils auf die spezifischen Oberflächen kalibrierte Wärmebildkamera zeichnete die Temperaturen der „sichtbaren“ Oberflächen an den Heizgeräten als Temperaturprofile auf. Ein Kontaktthermometer erfasste einzelne Temperaturpunkte in tieferen Schichten in Richtung Heizung. Zusätzlich wurden die Lufttemperaturen an den Messstellen „Saunameister“ und „Bank“ aufgenommen.

**Tabelle 5:** Temperaturmessgeräte

Messgerät/ Parameter	Messbereich
Infrarotthermometer Amir 7814-20S mit Berührungsthermometer / Oberflächentemperatur Ofen	-30 bis 900°C
Wärmebildkamera Testo 880/ Oberflächentemperatur Ofen	-20 bis 350°C
Lufttemperatur/ Luftfeuchtemessgerät Ahlborn FH646-R/ Luftfeuchte/ Lufttemperatur in der Luft im Saunaraum	-30-100°C/ 5-98 % rH

## 6.4 Abweichende Methoden in Phasen 0 - 2

Während die eingangs dargestellten Messmethoden für alle Untersuchungsphasen identisch waren, unterschieden sich die Arbeitsabläufe/ Arbeitsverfahren und die Messstrategien in einzelnen Phasen der Untersuchungen (*Tab. 6*). Insbesondere gab es Unterschiede zwischen der Phase 0 (betriebsübliche Bedingungen) und den Phasen 1 und 2 (kontrollierte Bedingungen).

**Tabelle 6** Arbeitsabläufe und Messstrategien in den Phasen 0-2

Verfahrensparameter	Phase		
	0	1	2
Aufguss standardisiert	N	J	J
Aufgusswasser nach Herstellerangabe angesetzt	k.A. <sup>5</sup>	J	T
Aufgusswasser überdosiert	k.A. <sup>5</sup>	N	T
Aufgusswasser unterdosiert	k.A. <sup>5</sup>	T	T
Aufguss hart (schneller Austrag)	J	N	T
Aufguss soft (langsamer Austrag)	N	J	T
Messung vor dem Aufheizen	J	J	J
Messung nach dem Aufheizen vor dem ersten Aufguss	J	J	J
Messung der Grundbelastung zwischen den Aufgüssen	N	J	J

N... Nein, J... Ja, T... teilweise, k.A. ... keine Angabe

### 6.4.1 Arbeitsablauf in Phase 0

Der Arbeitsablauf und die Arbeitsbedingungen während der Messungen in Phase 0 waren betriebsüblich. Es waren allerdings keine Saunagäste anwesend. Der Saunameister, der auch die Aufgusszeremonien durchführte, setzte das Aufgusswasser außerhalb des Saunaraums jeweils frisch an. 30 ml Aufgussmittel des Herstellers S1 wurden mit 5 Liter Wasser verdünnt. Die Herstellerempfehlung zur Dosierung lag nicht vor. Der Saunameister brachte das Aufgusswasser zum jeweiligen Saunaraum.

- Sauna 3 (Yin Yang Sauna), zwei Aufgüsse: 1. Aufguss Eukalyptus/ 2. Aufguss Birke
- Sauna 5 (Aroma-Sauna), zwei Aufgüsse: Aufgussmittel: 1. Aufguss Kräutermischung/ 2. Aufguss Eisminze

<sup>5</sup> Die Herstellerempfehlung lag nicht vor. Die betriebsübliche Dosierung wurde verwendet (30 ml Aufgussmittel auf 5 Liter Wasser).

- Sauna 8 Damensauna (Venus-Sauna), ein Aufguss: Aufgussmittel: Menthol

Vor dem Aufguss auf die heißen Steine brachte der Saunameister durch Schwingen des Handtuchs bei geöffneter Saunatur frische Außenluft in den Saunaraum. Dieser Vorgang dauerte ca. ein bis zwei Minuten. Danach wurde die Saunatur geschlossen und das Aufgussmittel mit Hilfe einer Schöpfkelle über die heißen Steine gegossen. Unmittelbar danach verteilte der Saunameister den entstandenen Aufgussdampf durch intensives Handtuchschwingen im Saunaraum.

Jede Aufgusszeremonie bestand aus dreimaligem Ausgießen und Verteilen des Aufgusswassers. Der Saunameister blieb bis zum Ende der Aufgusszeremonie im Saunaraum. Pro Aufguss wurden ca. 3-4 Schöpfkellen aus dem Eimer ausgebracht. Im letzten Durchgang wurde der geringe Rest der Flüssigkeit über die Steine gegossen. Die gesamte Menge des Aufgusswassers (5 Liter) war damit verbraucht. Die Aufgusswässer wurden schnell ausgebracht (harte Aufgüsse). Der gesamte Vorgang dauerte zwischen 5 und 6,5 Minuten.

#### **6.4.2 Messstrategie in Phase 0**

Der MTD der BGW führte in Phase 0, gemeinsam mit dem IFA, Arbeitsplatzmessungen mit der in Abschnitt „Arbeitsplatzmessungen“ dargestellten Methode in drei Saunaräumen des Saunabetriebs TT durch. Die Messungen erfolgten vor Beginn der Öffnung für das Publikum. Somit waren die Saunaräume nicht mit Saunagästen besetzt. In jedem Saunaraum wurde die Grundbelastung ohne Aufguss vor dem Aufheizen und nach dem Aufheizen des Saunaraums ermittelt. Danach wurde die Expositionsmessung während der Aufgüsse im Atembereich und auf der Bank durchgeführt. Die Messdauer entsprach der Aufenthaltsdauer des Aufgießers im Saunaraum. Zwischen den Aufgusszeremonien wurde der jeweilige Saunaraum betriebsüblich vom Saunameister durch Handtuchschwingen belüftet. Eine Aldehydmessung zwischen den Aufgusszeremonien erfolgte nicht. Die Raumtemperaturen wurden an den eingebauten Saunathermometern abgelesen und dokumentiert, die Oberflächentemperaturen wurden nicht gemessen.

#### **6.4.3 Arbeitsablauf in Phase 1 und Phase 2**

Im Gegensatz zu Phase 0 war der Arbeitsablauf in den Phasen 1 und 2 standardisiert, es gab aber Unterschiede bezüglich diverser Verfahrensparameter, wie die Art der eingesetzten Aufgussmittel, die Dosierung und die Geschwindigkeit des Auftrags der Aufgusswässer.

Bei jedem Aufguss wurde die Schöpfkelle bis zur Markierung gefüllt (500 ml) und der Inhalt über den Steinen verteilt (Schütthöhe ca. 5-10 cm, Dauer 10 Sekunden). Nach drei Aufgüssen war damit das angesetzte Aufgusswasser (4,5 Liter) verbraucht. Die spezifische, auf das Raumvolumen bezogene, ausgebrachte Menge betrug für die Sauna AG 15 g Aufgusswasser/ m<sup>3</sup> Raumvolumen für die Sauna AT 17 g/ m<sup>3</sup> und für die Saunen MM und FS ca. 30 g/m<sup>3</sup> je Aufguss, entsprechend der maximalen Menge, die von der DGfDB empfohlen wird [4].

#### 6.4.4 Arbeitsverfahren

Die Rahmenbedingungen zum Arbeitsverfahren unterschieden sich in den Phasen 1 und 2 hinsichtlich der Dosierung des Aufgussmittels im Aufgusswasser und hinsichtlich der Ausbringungsgeschwindigkeit. In Phase 1 wurden drei verschiedene Saunaräume genutzt und in Phase 2 ein weiterer Saunaraum.

#### 6.4.5 Arbeitsverfahren Phase 1

In drei Saunaeinrichtungen wurde jeweils einen Tag ein Saunaraum gemietet. Die Aufgusswässer wurden von einem Saunameister/ einer Saunameisterin nach den Dosierempfehlungen der Hersteller angesetzt (Tab. 7).

**Tabelle 7:** Dosierung nach Herstellerangabe

Hersteller	Dosierung [ml/l] (Herstellerangabe)	Dosiermenge [ml] pro Versuch (4,5 l) <sup>6</sup>
S2	15-30	90 <sup>7</sup>
F	2-3	15
J	4-6	25
Ethanol <sup>8</sup>	entfällt	90
2-Propanol <sup>7</sup>	entfällt	90

Je Aufgusszeremonie wurden insgesamt 4,5 Liter Aufgusswasser in drei Einzeltvorgängen ausgebracht.

Für die Aufgusszeremonien wurden fünf Aufgussmittel von drei Herstellern ausgewählt.

Das Sachgebiet „Bäder“ hatte aus einer Liste die in Deutschland meist verwendeten Duftrichtungen ausgewählt: Eukalyptus, Citrus, Eisminze.

Für die Aufgüsse wurden die oben genannten Duftrichtungen verwendet:

- Eukalyptus (Hersteller S2)
- Citrus (Hersteller S2)
- Eukalyptus (Hersteller F)
- Citrus (Hersteller J)
- Eisminze (Hersteller J)

Die Reihenfolge für die Versuche wurde nach den erwarteten, aufsteigenden Konzentrationen festgelegt. Grundlage für die Einschätzung waren die vorangegangenen Laborversuche.

<sup>6</sup> Die Dosierung erfolgte im Rahmen der Ablesegenauigkeit der Dosierbecher (2 ml)

<sup>7</sup> Der Hersteller S2 empfiehlt die höchste Dosiermenge; Die Dosierung blieb bei den Messungen unter der Maximalangabe des Herstellers (30 ml/l hätten 135 ml pro Versuch entsprochen und wurden von dem Personal als unrealistisch eingeschätzt)

<sup>8</sup> Die Alkohole wurden identisch zu den Aufgussmitteln verdünnt und ausgebracht

Ferner wurden Aufgusswässer mit verdünnten Alkoholen angesetzt und als Referenzmaterialien verwendet:

- 2-Propanol
- Ethanol

Die Aufgusswässer mit den zugemischten reinen Alkoholen wurden in der höchsten Anwendungskonzentration der Aufgussmittel (90 ml) angesetzt. Die Dosierung erfolgte außerhalb der Saunaräume mit Hilfe von Messbechern mit geeigneter Skalierung.

Einflüsse der verwendeten Flächendesinfektionsmittel, in der Regel Ammoniumchlorid oder andere Ammoniumverbindungen, wurden nicht erwartet. Dennoch wurde der Saunaraum nach Absprache mit dem jeweiligen Saunabetreiber vor den Messungen, am Abend vorher und morgens vor Beginn der Messungen, nicht gereinigt oder desinfiziert. Während der Messungen erfolgten ebenfalls keine Reinigungs- und Desinfektionsarbeiten.

#### **6.4.6 Arbeitsverfahren Phase 2**

Die Messungen der Phase 2 erfolgten in einem Saunaraum der Sauna AG. Die Aufgusswässer wurden nicht nach den Herstellerangaben angesetzt, sondern mit einer an den Herstellerangaben der verwendeten Aufgussmittel orientierten Minimalmenge bzw. Maximalmenge: 4 bzw. 30 ml Konzentrat/Liter Aufgusswasser. Diese extremen Bedingungen wurden gewählt, da nach Aussage einiger Saunabetreiber die Dosierempfehlungen der Hersteller nicht konsequent beachtet werden. Dies führt bei einigen Aufgussmitteln zu einer Unter-, bei anderen Aufgussmitteln zu einer Überdosierung im Vergleich zu den Herstellerangaben und wurde in den Versuchen nachgestellt.

Die Aufgussdurchführung wurde für eine Hälfte der Versuche nach den Vorgaben der Deutschen Gesellschaft für das Badewesen durchgeführt. Es handelt sich dabei um ein langsames Ausbringen der Flüssigkeit auf die Steine. Die Versuchsvorgabe war, eine Schöpfkelle in 10 Sekunden zu entleeren. Dieses Verfahren wird nachfolgend als „soft“ bezeichnet. Bei der anderen Hälfte der Untersuchungen wird das Aufgusswasser schnell auf die Steine aufgetragen. Eine Schöpfkelle wurde in 3 Sekunden geleert. Diese Art wird nachfolgend als „hart“ bezeichnet. Somit wurden auch für das Ausbringen extreme Bedingungen untersucht. Damit sollte untersucht werden, ob sich die hohen Konzentrationen aus Phase 0 nachvollziehen lassen. Die Herstellerangaben und die verwendeten Dosierungen sowie die Art der Ausbringung der Aufgusswässer sind in Tabelle 8 dargestellt.

Das Heizgerät war ein Elektroofen und konstruktiv so gestaltet, dass Flüssigkeit nach dem Passieren der Steinschicht auf heiße Metalloberflächen (450 °C) durchfließen kann, allerdings nicht auf die Heizstäbe. Damit lagen technisch ungünstige Bedingungen vor.

Die insgesamt ausgebrachte Menge des Aufgusswassers für die Aufgusszeremonie lag wie bei den vorangegangenen Messungen bei 4,5 Liter. Dies entsprach 15 g



Aufgusswasser /m<sup>3</sup> Raumvolumen und Aufguss und lag somit bei ca. 50% der Empfehlungen des DGfdB.

Ausgewählt wurden zwei der fünf Aufgussmittel aus Phase 1 mit den höchsten Emissionen aus den Laborversuchen (S2 Citrus, J Citrus) sowie das Aufgussmittel S1 Kräutermischung, das bei der ersten Arbeitsplatzmessung in der Sauna TT (Phase 0) die höchsten Konzentrationen lieferte.

**Tabelle 8:** Dosierungen für Versuche mit weichen und harten Aufgüssen (Phase 2)

Produkt	Herstellerempfehlung für die Dosierung des Aufgusswassers [ml Aufgussmittel / l Aufgusswasser]	Angewandte Dosierung des Aufgussmittels in dem Aufgusswasser <sup>1)</sup> [ml/l]	Art des Aufgusses
S2 Citrus	30	4	soft
S2 Citrus		30	
S2 Citrus		4	hart
S2 Citrus		30	
J Citrus	4	4	soft
J Citrus		30	
J Citrus		4	hart
J Citrus		30	
S1 Kräutermischung	10	4	soft
S1 Kräutermischung		30	
S1 Kräutermischung		4	hart
S1 Kräutermischung		30	

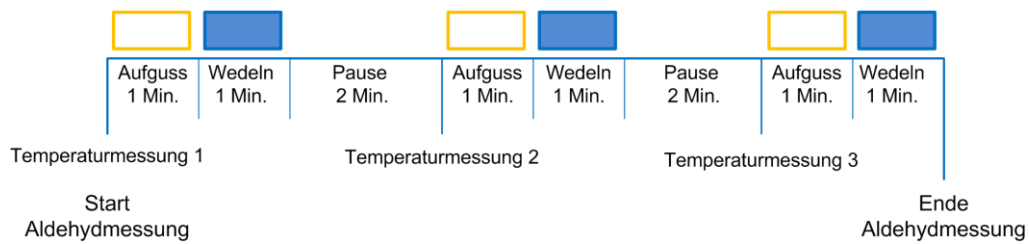
<sup>1)</sup> Dosierung nach Herstellerangabe: geringste Konzentration: 4 ml Aufgussmittel/ Liter Aufgusswasser (Hersteller J), höchste Konzentration: 30 ml Aufgussmittel/ Liter Aufgusswasser (Hersteller S2)

#### 6.4.7 Messstrategie Phase 1 und Phase 2

Die Messstrategie der Arbeitsplatzmessungen war in den Phasen 1 und 2 identisch.

Während der Aufgusszeremonien wurden die Aldehydkonzentrationen im Atembereich des Beschäftigten und auf der Bank gemessen. Parallel wurden die Ofentemperaturen jeweils vor Beginn eines Aufgusses bestimmt (Abb. 7).

Nach Abschluss jeder Aufgusszeremonie wurde der Raum intensiv mehrere Minuten mit leistungsstarken Ventilatoren gelüftet. Zu Beginn der Folgemessung nach dem Wiederaufheizen erfolgte eine Formaldehydmessung zur Ermittlung der Grundbelastung (10 Minuten). Im Anschluss wurde der nächste Aufguss durchgeführt.



**Abbildung 7:** Standardisierte Aufgusszeremonie mit Aldehyd- und Temperaturmessungen



**Abbildung 8:** Leistungsstarke Spezialventilatoren zur Lüftung der Saunaräume (unten Zuluft in den Saunaraum, oben Abluft aus dem Saunaraum)

**Tabelle 9:** Arbeitsvorgänge und Messungen

Zeitpunkt	Arbeitsvorgang	Dauer des Vorgangs [Minuten]	Messungen
1	Lüften des Saunaraums (Tür öffnen)	10	
2	Luftmessungen vor dem Aufheizen	30	PAT <sub>0</sub>
3	Aufheizen des Saunaraums	60-120	A
4	Messungen nach dem Aufheizen vor Aufgusszeremonie 1	10	PAT <sub>0</sub>
5	Aufgusszeremonie 1; Luftmessungen Atembereich, Bank	10	PA
6	Lüften	10	A
7	Aufheizen vor Aufgusszeremonie 2	10-15	A
8	Messungen nach dem Aufheizen vor Aufgusszeremonie 2	10	PAT <sub>0</sub>
9	Aufgusszeremonie 2; Luftmessungen Atembereich, Bank	10	PA
10	Lüften	10	A

Zeitpunkt	Arbeitsvorgang	Dauer des Vorgangs [Minuten]	Messungen
11	Aufheizen vor Aufgusszeremonie 3	10-15	A
12	Messungen nach dem Aufheizen vor Aufgusszeremonie 3	10	PAT <sub>o</sub>
13	Aufgusszeremonie 3 Luftmessungen Atembereich, Bank	10	PA
14	Lüften	10	A
Weitere Versuche nach dem gleichen Schema			

Legende:

P Probenahme mit Waters-Kartuschen

A Messung mit direktanzeigendem Analysator Interscan (Phase 2)

T<sub>o</sub> Messung Oberflächentemperatur der Steine

## 7 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind aufgeteilt nach

- Publikationen
- Messberichte externer Messstellen (Sauna TT)
- Befragungen
- Laboruntersuchungen (Emissionsmessungen)
- Arbeitsplatzmessungen

### 7.1 Publikationen

Die nachfolgend beschriebene Literatur stellt ein ausgewähltes Spektrum der Publikationen dar, die einen Bezug zu Gefahrstoffemissionen, zur Gefahrstoffexposition und zum Arbeitsschutz bei Saunaaufgüssen haben.

**Tappler et al.** beschreiben in einem Positionspapier zur Schadstoffvermeidung in Saunanlagen [1] die Emissionen aus erhitztem Holz. Während Rohholz bei Raumtemperatur nur vernachlässigbar geringe Mengen an Formaldehyd emittiert, belegen Messungen, dass in aufgeheizten Saunaräumen eine deutliche, andauernde Formaldehydemission gegeben ist. Sowohl Vollholz als auch Leimholz kann zu Formaldehydfreisetzung führen. Die Autoren verweisen auf Luftuntersuchungen bei denen die Formaldehydkonzentrationen in 10 von 26 Saunaräumen („Finnische Saunen“) deutlich oberhalb von 0,1 mg/m<sup>3</sup> (als Halbstundenmittelwert) lagen, ebenso in 4 von 6 Saunen mit Fichtenholz. In 5 von 7 Saunaräumen, in denen Holzwerkstoffe mittels konventionellen formaldehydabspaltenden Klebern verleimt wurden, zeigten sich ebenfalls Formaldehydkonzentrationen deutlich über 0,1 mg/m<sup>3</sup>, in einem Fall sogar über 0,5 mg/m<sup>3</sup>. Die Autoren halten einen Orientierungswert zur klaren Trennung zwischen für den Saunabau geeigneten und ungeeigneten Hölzern für notwendig, der laut Autoren an der EN 717-2 ausgerichtet sein kann. Darin wird ein höchst zulässiger flächenbezogener Emissionsgrenzwert für Formaldehyd von

0,4 mg/(m<sup>2</sup>\*h) genannt. Bei diesem Wert sehen die Autoren unter der Voraussetzung eines normgerechten Luftwechsels (6 pro Stunde) keine Überschreitung von 0,1 mg/m<sup>3</sup> Formaldehyd in der Innenraumlufte von gewerblichem Saunen. Tappler et al. weisen auf die gesundheitlichen Aspekte vorrangig für die Saunagäste hin und empfehlen, der WHO-Richtwert (WHO 2000) von 0,1 mg/m<sup>3</sup> für eine kurzzeitige Exposition solle nicht überschritten werden. Eine Konzentration von 0,5 mg/m<sup>3</sup> darf auf keinen Fall überschritten werden. Die Autoren schlagen einen für die Nutzer deutlichen Warnhinweis an der Sauna vor, wenn die Formaldehydkonzentration zwischen 0,1 und 0,5 mg/m<sup>3</sup> liegt.

### **Positionspapier zu Schadstoffvermeidung in Saunananlagen**

Inhaltlich entspricht das österreichische Positionspapier des Arbeitskreises Innenraumlufte am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft vom 27.03.2010 weitestgehend der ausführlichen Darstellung in [1] und wird daher nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

**Kalkowsky und Kampmann** beschreiben aus arbeitsmedizinischer Sicht die Ergebnisse einer Fragebogenaktion, die im Auftrag des Sauna-Bundes im Jahr 2007 durchgeführt wurde [2]. Die Autoren stellen eine zunehmende Belastung des Saunapersonals durch Aufgüsse fest. Sie thematisieren diverse belastende Faktoren. Die Aufgusspraxis war wesentlicher Bestandteil der Befragung. Die Häufigkeit der im Fragebogen genannten Aufgüsse pro Schicht lag zwischen einem Aufguss und mehr als elf Aufgüssen. Die Autoren sprechen auch sogenannte „Megaaufgüsse“ an, die laut Erhebung mittlerweile zum normalen Repertoire eines Aufgussprogramms gehören, zum Beispiel als Spezialevent. Die Länge des Aufgusses kann für einen Megaaufguss bis zu 20 Minuten dauern. Der Fokus der Publikation liegt auf den Belastungen durch Hitzearbeit. Es werden aber auch gesundheitliche Beschwerden angesprochen, die mit einer chemischen Belastung in Verbindung gebracht werden. Die befragten Beschäftigten nannten Beschwerden der Augen und der Haut. Sie wurden als Augenbrennen, vermehrte Tränenbildung mit dann verschwommenem Sehen und Augenrötung beschrieben. Sie traten oft auch im Zusammenhang mit speziellen Aufgüssen auf. Bei den Hautreaktionen wird über andauernde Hautrötung nach den Aufgüssen, Hitzepöckchen und die Entwicklung einer trockenen Haut geklagt. Zur Beurteilung der Symptome wären laut Autoren die Kenntnisse über die Zersetzungsprodukte der Aufgussmittel bei Kontakt mit den heißen Ofensteinen hilfreich.

**Wilke et al.** beschreiben in einer Publikation im Auftrag des Umweltbundesamts das Emissionsverhalten von Holz und Holzwerkstoffen bei Raumtemperatur [3]. Diese Publikation kann Hinweise liefern, welche Holzprodukte bei Raumtemperatur höhere oder geringere Emissionen liefern. Anmerkung: Für die Formaldehydemission in Saunen sind höhere Temperaturen bis ca. 100°C entscheidend. Daher erscheinen die in dieser Publikation veröffentlichten Ergebnisse für den Zweck der hier durchgeführten Untersuchung nicht zielführend.

Der **Ausschuss Saunabetrieb des Deutschen Sauna-Bund e.V.** hat Richtlinien zur Durchführung von Saunaaufgüssen in öffentlichen Saunananlagen erarbeitet, die von der Deutschen Gesellschaft für das Badewesen e.V. (DGföB) im Mai 2011 publiziert

wurden [4]. Zweck dieser Richtlinien ist es, Anforderungen für Aufgüsse in öffentlichen Saunaanlagen festzulegen, die eine gesundheitsfördernde, betriebssichere und hygienisch einwandfreie Durchführung für Saunagäste und Personal sicherstellen. Im Vorwort der Richtlinie wird darauf hingewiesen, dass „der Aufguss bis vor 20 Jahren beim Saunabaden in Deutschland nur eine untergeordnete Rolle spielte. Er dauerte in der Regel wenige Minuten und wurde auch von Saunagästen durchgeführt. Die Aufgussintensität richtete sich nach persönlichen Erfahrungen.

Inzwischen hat sich die Aufgusspraxis grundlegend geändert. Heute zählt der Aufguss mit zu den wesentlichen Besuchsmotiven von Saunagästen. Der Aufguss wird in öffentlichen Saunaanlagen durch deren Personal vorgenommen. Die Aufgussintensität und die Zahl der Aufgüsse, an denen der Saunagast teilnimmt, haben sich erhöht. Daraus ergibt sich Regelungsbedarf und die Notwendigkeit, Standards für die qualifizierte Durchführung von Aufgüssen zu entwickeln. Diese sollen auch dem Schutz von Saunagästen, Mitarbeitern und Saunabetreibern dienen. Die Qualität des Aufgusses ist heute ein bedeutendes Marketinginstrument. Der Aufguss muss aber immer Bestandteil eines gesundheitsorientierten Saunabades sein.“

Die Richtlinien beschreiben unter anderem, dass das Aufgusswasser vorsichtig auf die heißen Steine des Heizgerätes verteilt werden soll. Zudem wird als maximale Menge an Aufgusswasser, die für einen Aufguss ausgebracht werden soll, 30 g Aufgusswasser/ m<sup>3</sup> Saunaraum genannt. Bei den üblichen mittelgroßen Saunen hat man ein Raumvolumen von ca. 50 m<sup>3</sup> ermittelt. Pro Aufguss errechnen sich daraus 1,5 Liter Aufgusswasser und 4,5 Liter pro Aufgusszeremonie bei drei Einzelaufgüssen. Die Aufenthaltsdauer des Aufgusspersonals im Saunaraum soll 10 Minuten nicht überschreiten.

**Gensow** berichtet in dem Artikel „Aufguss heute – Wirkungen und Praxis“ über das gleichnamige Tagesseminar aus einer Seminarreihe des Deutschen Sauna-Bundes [5]. Diverse Referenten stellten eine breite Themenvielfalt vor, bei der auch arbeitsschutzrelevante Risiken berücksichtigt wurden. Die Referenten nannten gesundheitliche Symptome wie Hustenreiz und Augenbrennen. Ebenso sei das Risiko einer Hautsensibilisierung für eine Hautallergie beim Aufgusspersonal aus dermatologischer Sicht nicht ganz auszuschließen, sofern man lange Tätigkeitszeiträume unterstellt und eine genetische Prädisposition gegeben ist. Zudem wurden die Risiken der Rahmenbedingungen zum Beispiel Aufguss- Marathon und Überdosierung erwähnt. Grundsätzlich hat die Bandbreite der Düfte zugenommen. In einer kleinen Studie (764 Aufgussdüften und deren 30 Hersteller/ Vertreiber) wurde festgestellt, dass es oftmals Fantasienamen gibt, die eine Duftzuordnung unmöglich machen. Duft- und Inhaltsstoffangaben fehlen. Aus Sicherheitsgründen sollen künftig nur noch speziell ausgebildete Personen Aufgüsse durchführen können („Fachkraft für Saunaaufgüsse“).

## Die wesentlichen Ergebnisse aus der Auswertung obiger Publikationen sind:

- Eine Formaldehyd-Grundbelastung kann schon durch Emissionen aus den in Saunaräumen eingebauten Hölzern (Massivholz oder verleimtes Holzprodukt) entstehen. Grenzwerte für die Nutzer, die sich an den WHO-Richtwerten orientieren, werden vorgeschlagen [1].
- Gesundheitliche Effekte im Zusammenhang mit Aufgüssen wurden von Beschäftigten berichtet: Augentränen, Hautrötung, Hautpöckchen, trockene Haut [2], Augenbrennen [2,5] und Hustenreiz [5]. Aus dermatologischer Sicht ist ein Risiko der Hautsensibilisierung nicht auszuschließen [5].
- Die DGfdB gibt Empfehlungen für die Durchführung von Aufgüssen zum Zweck eines gesundheitsfördernden Saunabads. Dabei werden auch arbeitsschutzrelevante Themen angesprochen, wie die Art des Aufgusses, die maximal ausgebrachte Menge Aufgusswasser und die maximale Aufenthaltsdauer [4]
- Nur speziell ausgebildete Personen sollen Aufgüsse durchführen können [5].

### 7.2 Messberichte externer Messstellen (Sauna TT)

Auf Grund von Mitarbeiterbeschwerden beauftragte die Sauna TT im Jahr 2012 eine akkreditierte Messstelle mit Formaldehydmessungen in Saunaräumen. Die Messstelle (Messstelle 1) untersuchte zunächst mit der DNPH-Standardmethode zwei Saunaräume (5 und 6) mit jeweils zwei Messungen, im Abstand von 5-6 Stunden. Laut Messbericht wurde der Normalbetrieb untersucht und es wurden auch Aufgüsse durchgeführt. Die Art und die Dauer der Aufgüsse sowie das Aufgussmittel wurden nicht beschrieben. Die Konzentrationen lagen in Saunaraum 5 bei beiden Messungen bei  $1,0 \text{ mg/m}^3$  und in Saunaraum 6 bei  $0,12$  bzw.  $0,24 \text{ mg/m}^3$ . Zwei Monate später untersuchte die Messstelle in einer weiteren Messreihe alle Saunaräume der Sauna TT ebenfalls im Normalbetrieb. In drei Saunaräumen wurden Aufgüsse durchgeführt. Die Messungen ergaben ohne Aufguss in den Saunaräumen Formaldehydkonzentrationen zwischen  $0,034$  und  $0,2 \text{ mg/m}^3$  sowie mit Aufguss in den drei Saunaräumen 3; 5 und 8 Konzentrationen von  $0,16$ ;  $0,51$  und  $0,35 \text{ mg/m}^3$ . Eine zweite akkreditierte Messstelle (Messstelle 2) untersuchte anschließend mehrere Saunaräume mit zwei Probenahmeverfahren im Vergleich (DNPH und Acetylaceton). In allen Saunaräumen wurden Aufgüsse durchgeführt. Die Konzentrationen der Acetylaceton-Methode lagen über den DNPH-Werten (Tab. 10). Dies wurde erklärt mit der Verdunstung der Adsorberflüssigkeit während der Probenahme. Grundsätzlich wurde eine Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Messstelle 1 festgestellt.

**Tabelle 10: Vergleich zweier Probenahmeverfahren**

Saunaraum	DNPH-Methode Formaldehyd [µg/m <sup>3</sup> ]	Acetylaceton-Methode Formaldehyd [µg/m <sup>3</sup> ]
3	369	420
5	704	990
6	719	1060
8	217	380
11	158	220

Die Messungen der beiden Messstellen zeigen, dass im Normalbetrieb in den Saunaräumen der Sauna TT Formaldehydkonzentrationen ohne Aufguss zwischen 0,034 und 0,2 mg/m<sup>3</sup> und mit Aufguss zwischen 0,16 und ca. 1 mg/m<sup>3</sup> entstehen können.

### 7.3 Ergebnisse der Befragungen

Die Befragungen durch die BGW unterstützten die messtechnische Planung. Die Antworten sollten zudem eine Grundlage für die Interpretation der Messergebnisse hinsichtlich betrieblicher Einflussfaktoren (z.B. Lüftung, Art des Heizgeräts etc.) sein.

Die Ergebnisse der Befragungen zu den betrieblichen Rahmenbedingungen bzw. zu den Arbeitsabläufen sind in den *Tabellen 11* und *12* dargestellt.

**Tabelle 11: Rahmenbedingungen der Saunen (Befragungsergebnisse)**

Sauna und Saunaraum	Bauform/ Innenausstattung	Raum- volumen [m <sup>3</sup> ]	Lüftung natürlich, technisch; Frischluf- volumenstrom; Luftführung	Heizgerät, Typ, Hersteller Heizleistung	Steinschichten/ arten, Auflage
Sauna TT Raum 3	Innenliegender Saunaraum, Natursteinboden, Isolierung aus Kork, Decke aus Fichtenholz, Wände Holzrundstämme, Bänke aus Abachiholz	85	technisch; k.A.; k.A.	Elektroofen, EOS G36 2012, 36 KW	Schichten k.A., Steinart: Olivin Diabas kantig, geschlossenes Stahlblech mit Aufkantung
Sauna TT Raum 5	Innenliegender Saunaraum, Natursteinboden, Isolierung aus Kork, Decke aus Fichtenholz, Wände Holzrundstämme, Bänke aus Abachiholz	53	natürlich; Fenster u. Türe	Elektroofen, EOS G36 2012, 36 KW	Schichten k.A., Steinart: Olivin Diabas kantig, geschlossenes Stahlblech mit Aufkantung



Sauna und Saunaraum	Bauform/ Innenausstattung	Raumvolumen [m <sup>3</sup> ]	Lüftung natürlich, technisch; Frischluftvolumenstrom; Luftführung	Heizgerät, Typ, Hersteller Heizleistung	Steinschichten/-arten, Auflage
Sauna TT Raum 8	Innenliegender Saunaraum, Natursteinboden, Isolierung aus Kork, Decke aus Fichtenholz, Wände gemauert mit Fichtenhalb-rundbrettern verkleidet, Bänke aus Abachiholz	22	natürlich; Fenster u. Türe	Elektroofen, EOS Z6, 2015, 21KW	Schichten k.A., Steinart: Olivin Diabas kantig, geschlossenes Stahlblech mit Aufkantung
Sauna AT Eventsauna	freistehende Blockhütte im Außengelände/ Steinboden, 8 Vollholzwände und -decke, Holzarten: k.A.	82	k.A.	Elektroofen, Klafs Doppelofen	8 Schichten, Steinart: Natursandstein Granit Steinauflage: geschlossenes Stahlblech mit Aufkantung
Sauna MM Aufgussauna	gemauerter Raum mit Holzverkleidung innenliegend/ Steinboden, 4 Holzwände und -decke, Holzarten: k.A.	46	natürlich; Zuluft hinter dem Ofen; geringfügig technisch im Deckenbereich (Lüftungsöffnung d= 10 cm, Luftmenge unbekannt)	Elektroofen EOS 346, 2001, 2 x 18kW	2-3 Schichten, Steinart: Granit Steinauflage: nebeneinanderliegende Ablaufrinnen, maximale Temperatur ca. 450°C auf der Ablaufrinne
Sauna FS Waldsauna	gemauertes Haus freistehend im Außenbereich/ Steinboden, 2 Vollholzwände und -decke, zwei große Glasflächen, Holzarten: k.A.	50	natürlich; Luftdurchlass Rückwand, Eingangstür	Gasofen Infra Heat Technik (NL), 1992, 48 kW	2 -3 Schichten, Steinart: Olivin Diabas-Granit, Steinauflage: Blechgitter, maximale Temperatur auf der Heizfläche ca. 250°C
Sauna AG Baumhaus-sauna	Blockhütte freistehend im Außengelände, Steinboden, 3 Vollholzwände, eine Glasfläche, Holzarten: k.A.	97	technisch; k.A.; k.A.	k.A.:	3 Schichten, Steinart: Granit Steinauflage: nebeneinanderliegende Ablaufrinnen, maximale Temperatur ca. 450°C auf der Ablaufrinne

**Tabelle 12:** Arbeitsabläufe (Befragungsergebnisse)

<b>Verfahrensparameter</b>	<b>Sauna AT</b>	<b>Sauna FS</b>	<b>Sauna TT (3 Saunaräume)</b>
Dauer der Aufgusszeremonie	10-12 Minuten	10	5-8
Anzahl der Einzelaufgüsse pro Aufgusszeremonie	3	3	3
Dauer eines Einzelaufgusses	k.A.	1 Minute	20 Sekunden
Anzahl Schöpfkellenleerungen pro Einzelaufguss	3	3	3
Dauer einer Schöpfkellenleerung	5-7 Sekunden	15 Sekunden	20 Sekunden
Aufgusspause zwischen den Zeremonien	1 Minute	2 Minuten	30 Sekunden

Die beiden Saunen MM und AG äußerten sich mündlich und machten Angaben zum Arbeitsablauf, die in den oben genannten Bereichen lagen.

#### **7.4 Ergebnisse der Laboruntersuchungen (Emissionsmessungen)**

Die Messdaten der Laboruntersuchungen zu den Emissionsmessungen werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

Das erste Datenkollektiv beschreibt Emissionsdaten für 15 Aufgussmittel aus Saunabetrieb TT bei Raumtemperatur und für ein Aufgussmittel bei 380 °C. Das zweite Datenkollektiv umfasst Emissionen von 12 Aufgussmitteln aus den Saunabetrieben AT, MM und FS bei 300°C und 500°C. Das dritte Datenkollektiv umfasst Emissionen zwischen 200°C und 400°C in 50 Kelvin-Schritten für drei ausgewählte Substanzen.

##### **7.4.1 Emissionen aus Aufgussmitteln bei Raumtemperatur und 380°C**

Die ersten Laboruntersuchungen von 15 Aufgussmitteln zeigten dass bei Raumtemperatur keine nennenswerten Aldehyd- und Acetonemissionen entstehen. Die maximalen Formaldehyd- Emissionen lagen im Bereich weniger Zehntel µg/ml Aufgussmittel, die Aceton-Emissionen bei wenigen µg/ml. Für viele Aufgussmittel lagen die Analysenergebnisse unter der Bestimmungsgrenze des Analysenverfahrens (Tabelle 18). Beim Ausbringen der Aufgüsse auf die heißen Steine traten wesentlich höhere Temperaturen auf. Daher wurde ein Aufgussmittel (Grapefruit) zusätzlich bei 380°C untersucht. Die Formaldehydemission lag für dieses Aufgussmittel bei Raumtemperatur unter der Bestimmungsgrenze von 0,28 µg/ml und die Acetonkonzentration unter 5,9 bzw. 2,9 µg/ml. Bei 380 °C lagen die Konzentrationen um bis zu knapp vier Zehnerpotenzen höher: Formaldehyd 2,2 mg/ml und Aceton 16 mg/ml (Tab. 19 siehe Anhang).

#### 7.4.2 Emissionen aus Aufgussmitteln bei 300 °C und 500 °C

Die Laboruntersuchungen von 12 Aufgussmitteln sowie Ethanol und 2-Propanol bei 300°C und 500°C zeigten, dass die Konzentrate der Aufgussmittel bei Temperaturen von 300°C geringere Aldehyd- und Acetonmengen emittieren (je nach Aufgussmittel 0,04 bis 0,4 mg Formaldehyd /ml Essenz) als bei 500°C. Im Mittel wurde bei 500°C die ca. 30-fache Formaldehydmenge im Vergleich zu 300°C emittiert (Tab. 13 und 14 Statistik). Die reinen Alkohole Ethanol und 2-Propanol emittieren überwiegend geringere Formaldehydmengen als die Aufgussmittel, in denen sie als Hauptkomponente (Lösungsmittel) vorhanden sind. 2-Propanol weist allerdings die höchste Acetonemission aller untersuchten Substanzen bei 500°C auf und Ethanol die höchste Konzentration an Acetaldehyd.

Die Laborwerte sind im Anhang in *Tabelle 20* „Aldehyd-/ Acetonemissionen bei Temperaturen von 300 und 500°C“ dargestellt.

**Tabelle 13:** Formaldehydemissionen aus Aufgussmitteln unter Einbeziehung der Emissionen aus Ethanol/2-Propanol (N=14)

	mg Formaldehyd /ml Essenz bei 300°C	mg Formaldehyd/ ml Essenz bei 500°C
Min	0,02	0,60
Mittel	0,15	4,49
Median	0,07	3,40
Max	0,43	11,00

**Tabelle 14:** Formaldehydemissionen aus Aufgussmitteln ohne Einbeziehung der Emissionen aus Ethanol/2-Propanol (N=12)

	mg Formaldehyd /ml Essenz bei 300°C	mg Formaldehyd/ ml Essenz bei 500°C
Min	0,02	0,65
Mittel	0,17	5,10
Median	0,10	5,80
Max	0,43	11,00

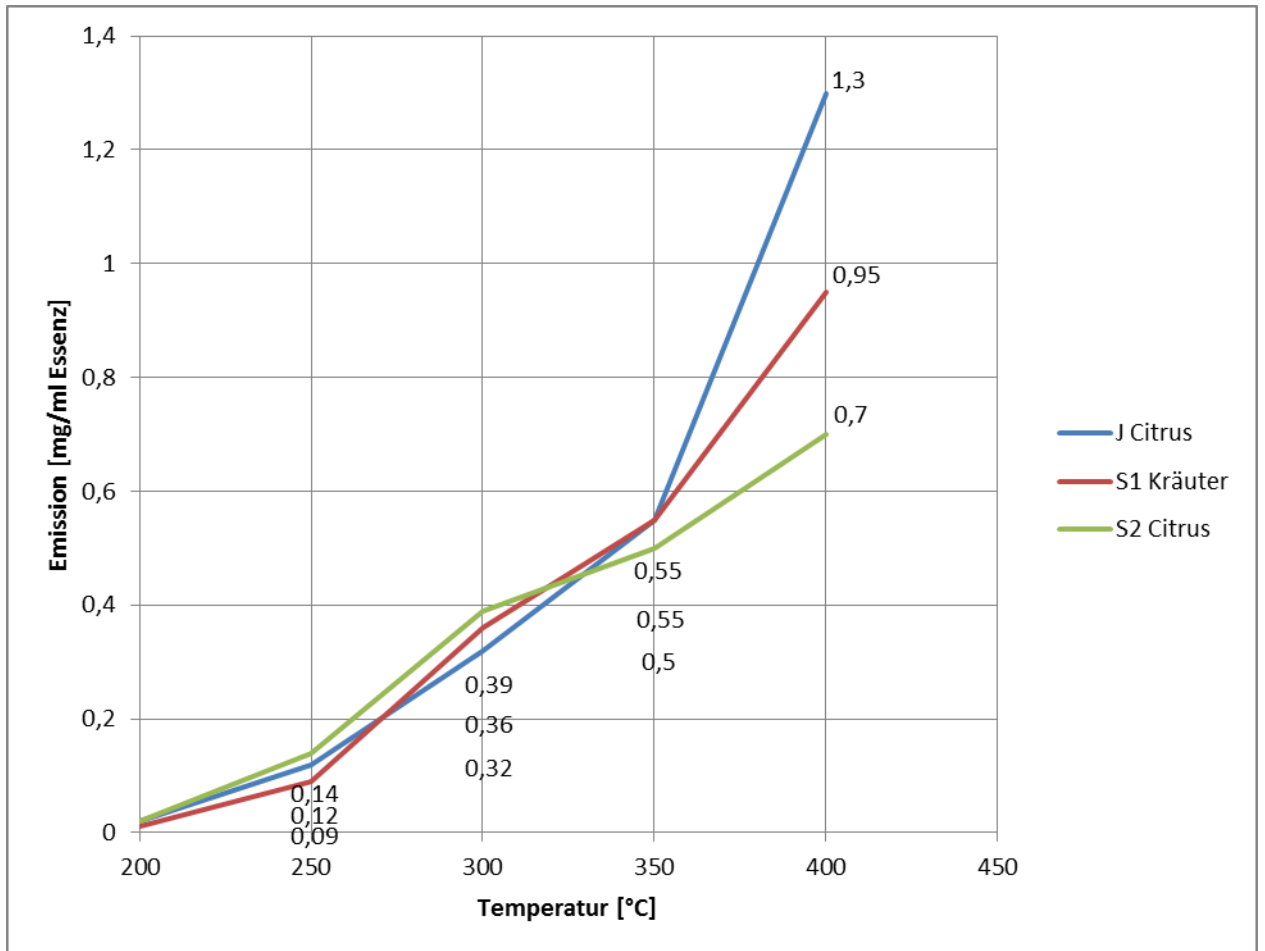
#### 7.4.3 Emissionen aus Aufgussmitteln bei Temperaturen von 200 – 400°C

Die letzten Emissionsmessungen in der Untersuchung erfolgten in Temperaturschritten von 50 Kelvin zwischen 200 und 400 °C. Damit sollte herausgefunden werden, ob es einen Zusammenhang von Emission und Temperatur gibt.

Auf Grund der aufwändigen Methode wurde eine kleine Auswahl von drei Aufgussmitteln (J Citrus, S1 Kräutermischung und S2 Citrus) untersucht.

Die Laboruntersuchungen zeigten für jedes Produkt eine mit der Temperatur ansteigende Emission (*Abb. 9*). Von 200 bis 300 °C war ein deutlicher Anstieg der

Emission zu erkennen, der sich ab ca. 350 °C noch einmal verstärkte. Das Produkt J Citrus zeigte den stärksten Anstieg.



**Abbildung 9:** Formaldehydemission in Abhängigkeit von der Temperatur

## 7.5 Ergebnisse der Arbeitsplatzmessungen

### 7.5.1 Arbeitsplatzmessungen Phase 0

In Phase 0 wurden die Arbeitsplatzmessungen in den drei Saunaräumen 3, 5 und 8 der Sauna TT unter betriebsüblichen Bedingungen durchgeführt. Außer Formaldehyd lagen alle Aldehyde unter der analytischen Bestimmungsgrenze bzw. bei ca. 1% des jeweiligen Arbeitsplatzgrenzwerts.

Die Formaldehyd-Grundbelastung vor dem Aufheizen lag zwischen 0,012 und 0,018 mg/m<sup>3</sup>. Die Grundbelastung nach dem Aufheizen ohne Aufguss lag zwischen 0,18 und 0,37 mg/m<sup>3</sup> also ca. 10-20 Mal so hoch.

Bei den Aufgüssen lagen die ermittelten Konzentrationen im Atembereich des Saunameisters zwischen 0,56 und 2 mg/m<sup>3</sup> (Tab. 23 bis 25 im Anhang).

Die Raumtemperaturen wurden an den Thermometern in den Saunaräumen zwischen 90 und 100°C abgelesen und geben daher nur einen groben Anhalt für die tatsächliche Temperatur.

Die Oberflächentemperaturen an den Öfen wurden messtechnisch nicht erfasst.

Die dokumentierten Rahmenbedingungen der Saunaräume:

Sauna 3 (Yin Yang Sauna), zwei Aufgüsse  
 Aufgussmittel: 1. Aufguss Eukalyptus/ 2. Aufguss Birke  
 Ausgussmenge: ca. 5 Liter  
 Grundfläche 37,49 m<sup>2</sup>, Raumvolumen: ca. 100 m<sup>3</sup>  
 Lüftungstechnik: vorhanden – im Stand-by - Betrieb

Sauna 5 (Aroma-Sauna), zwei Aufgüsse  
 Aufgussmittel: 1. Aufguss Kräutermischung/ 2. Aufguss Eisminze  
 Ausgussmenge: ca. 5 Liter  
 Grundfläche: 19,55 m<sup>2</sup> Raumvolumen: ca. 50 m<sup>3</sup>  
 Lüftungstechnik: keine

Sauna 8 Damensauna (Venus-Sauna), ein Aufguss  
 Aufgussmittel: Menthol  
 Ausgussmenge: ca. 5 Liter  
 Grundfläche: 10,45 m<sup>2</sup>, Raumvolumen: ca. 30 m<sup>3</sup>  
 Lüftungstechnik: keine

**Tabelle 15:** Formaldehydkonzentrationen in drei untersuchten Saunaräumen (Phase 0, Saunabetrieb TT)

Sauna- raum	Duftessenz für den Aufguss	Formaldehydkonzentration [mg/m <sup>3</sup> ]				Raumtemperatur/ Luftfeuchte rH
		Grund- belastung vor dem Aufheizen	A: Grund- belastung nach dem Aufheizen vor erstem Aufguss	B: Beim Aufguss (Dauer 5-6 Minuten)	Differenz B- A= Erhöhung durch den Aufguss	
3	Eukalyptus	0,012	0,18	0,79	0,61	90°C/ 23%
3	Birke			1,1	0,92	90°C/ 23%
5	Kräuter- mischung	0,013	0,25	2,0	1,75	100°C/ 25%
5	Eisminze			0,95	0,7	95°C/ 25%
8	Menthol	0,018	0,37	0,56	0,19	90°C/23%

Aus der Differenz der Formaldehydkonzentrationen bei der Grundbelastung nach dem Aufheizen und beim Aufguss lässt sich ein durch das Aufgusswasser entstandener Formaldehydanteil abschätzen. Dabei wird angenommen, dass die Zwischenlüftung, die der Saunameister mit dem Handtuch durchführte, die Grundbelastung nach dem Aufheizen wieder hergestellt hat. Nicht ermittelt und nicht berücksichtigt wurde eine Restemission von vorangegangenen Versuchen. Dass dies möglich ist, wurde erst bei den Versuchen in Phase 2 nachgewiesen. Bei den zwei aufeinanderfolgenden

Messungen in den Saunaräumen 3 und 5 ist die zweite Messung daher eventuell überschätzt, da vom vorangegangenen Aufguss noch Restkonzentrationen vorhanden sein können und damit die Grundbelastung theoretisch höher liegt.

### 7.5.2 Arbeitsplatzmessungen Phase 1

In Phase 1 wurden die Arbeitsplatzmessungen in drei verschiedenen Saunabetrieben und in drei Saunaräumen unter Beachtung der Herstellerangaben für die Dosierung und unter Beachtung der Richtlinien der DGfdB für Saunaaufgüsse durchgeführt. Die Dosierempfehlungen der Hersteller variierten von 4 ml/ Liter bis maximal 30 ml/ Liter. Die höchste Dosiermenge wurde nicht verwendet, da diese nach Meinung der Anwender zu hoch ist. Stattdessen wurden 20 ml/ Liter dosiert (Tab. 8). Über die Konzentration der Duftstoffe in den Konzentraten liegen keine Informationen vor. Der Alkoholanteil (Ethanol oder 2-Propanol) liegt laut Sicherheitsdatenblättern überwiegend zwischen 50 und 95 %.

Die höchste ermittelte Formaldehydkonzentration in den drei Saunen war  $0,33 \text{ mg/m}^3$ . Darin ist der Anteil der Grundbelastung (Tabellen 34 bis 36) aus dem Raum bzw. von vorangegangenen Untersuchungen aus den Steinen enthalten. Die höchste ermittelte Differenz zwischen Aufguss und Leermessung war  $0,19 \text{ mg/m}^3$  (Tab. 16 A bis 16 C).

**Tabelle 16 A:** Sauna AT: Formaldehydkonzentrationen bei Dosierung nach Herstellerangaben und soften Aufgüssen

Ofenart: Elektro, 8 Steinschichten

Temperaturbereich: 100-450 °C, höchster Temperaturbereich war vom Aufgusswasser nicht erreichbar

Art der Messung	Raumtemperatur	Formaldehydkonzentration [ $\text{mg/m}^3$ ]
Grundbelastung vor dem Aufheizen	ca. 40°C	$<0,12^9$
Grundbelastung nach dem Aufheizen	90-100°C	0,081
Leermessung zwischen den Aufgüssen	90-100°C	0,059 - 0,21
Exposition bei Aufgüssen	90-100°C	0,11 - 0,22
Differenz Aufguss-Leermessung		0,01 - 0,12

<sup>9</sup> Die analytische Bestimmungsgrenze liegt mit  $0,12 \text{ mg/m}^3$  höher als die Konzentration nach dem Aufheizen. Dies ergab sich durch einen geringen Volumenstrom und eine kurze Probenahmedauer. In den Folgemessungen wurden die Probenahmeparameter angepasst, wodurch geringere Bestimmungsgrenzen möglich wurden.

**Tabelle 16 B: Sauna MM:** Formaldehydkonzentrationen bei Dosierung nach Herstellerangaben und soften Aufgüssen

Ofenart: Elektro, 3 Steinschichten

Temperaturbereich: 150-450 °C, höchster Temperaturbereich war vom Aufgusswasser erreichbar

Art der Messung	Raumtemperatur	Formaldehydkonzentration [mg/m <sup>3</sup> ]
Grundbelastung vor dem Aufheizen	ca. 40°C	0,041
Grundbelastung nach dem Aufheizen	90-100°C	0,28
Leermessung zwischen den Aufgüssen	90-100°C	0,13 – 0,17
Exposition bei Aufgüssen	90-100°C	0,16 - 0,33
Differenz Aufguss-Leermessung		0 – 0,19

**Tabelle 16 C Sauna FS:** Formaldehydkonzentrationen bei Dosierung nach Herstellerangaben und soften Aufgüssen

Ofenart: Gas, 1-2 Steinschichten

Temperaturbereich: 100-250 °C, höchster Temperaturbereich war vom Aufgusswasser erreichbar

Art der Messung	Raumtemperatur	Formaldehydkonzentration [mg/m <sup>3</sup> ]
Grundbelastung vor dem Aufheizen	ca. 40°C	< 0,031
Grundbelastung nach dem Aufheizen	90-100°C	0,058
Leermessung zwischen den Aufgüssen	90-100°C	0,052 – 0,11
Exposition bei Aufgüssen	90-100°C	0,04 – 0,16
Differenz Aufguss-Leermessung		0 - 0,078

### Temperaturprofile an den Heizgeräten

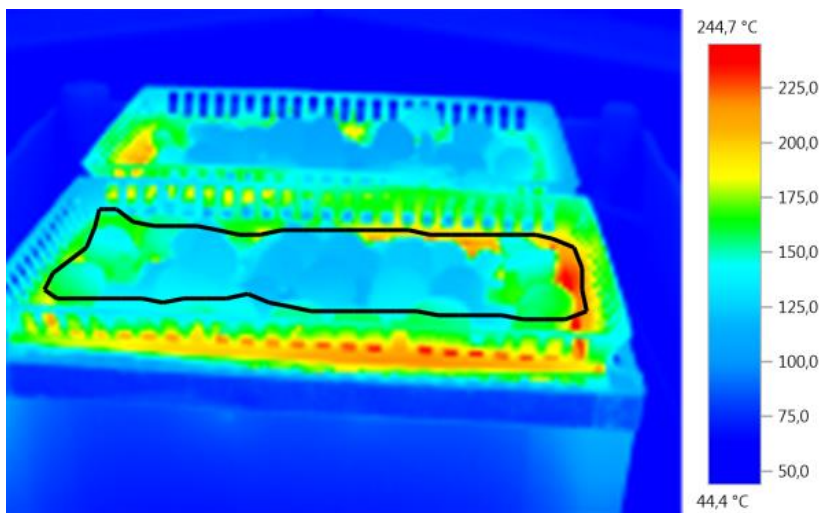
Die Heizgeräte unterschieden sich durch ihre Bauform und ließen unterschiedliche Temperaturprofile erwarten. Als entscheidend für die Formaldehydemissionen wurden die Temperaturen an den Oberflächen erachtet, die von dem Aufgusswasser erreicht werden konnten. Dies sind die oberen Steinschichten, können aber je nach Aufgussmenge und -geschwindigkeit auch darunter liegende heißere Oberflächen sein. Bei dem Heizgerät 1 mit den acht Steinschichten konnte die Flüssigkeit nicht so weit durchfließen. Bei den Heizgeräten Nr. 2 und Nr. 3 mit lediglich bis zu drei Steinschichten konnten auch die Auflageflächen der Steine unmittelbar über der Heizung von der Flüssigkeit erreicht werden. Bei dem Heizgerät 3 (Gasheizung) konnte die Heizfläche von der Flüssigkeit erreicht werden. Die oberste Steinschicht erreichte Temperaturen zwischen 100 und ca. 250 °C. Die maximale Temperatur wurde bei den Elektroöfen mit ca. 450°C an der Auflagefläche der Steine über der



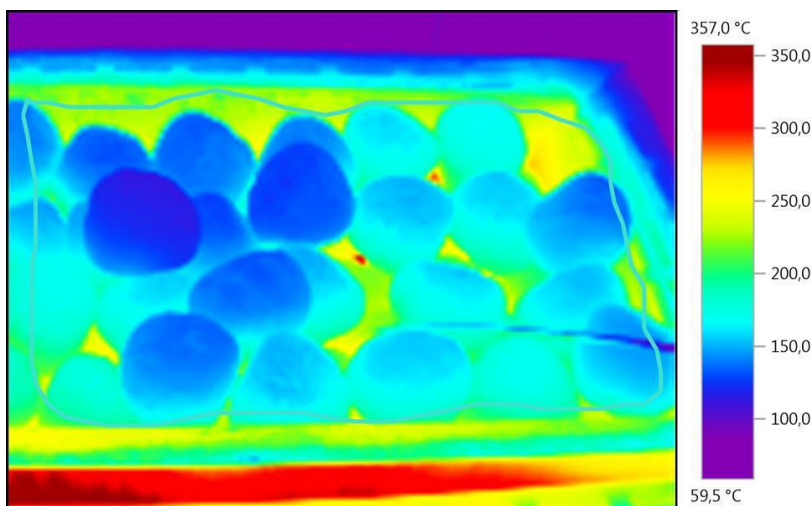
Heizung gemessen. Eine Ausnahme bildete der Gasofen, bei dem die höchste Temperatur auf dem Heizrohr im Saunaraum 250 °C betrug.

**Tabelle 17:** Temperaturen an den Heizgeräten

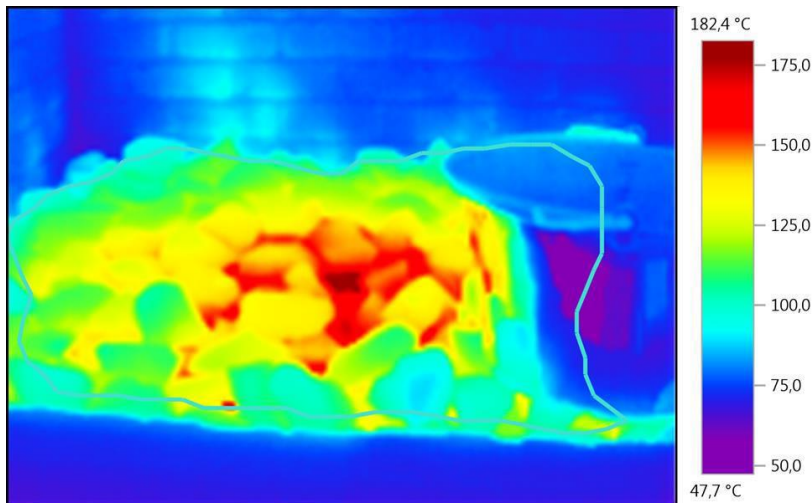
Heizgerät Nr.	Heizung	Saunasteine	Temperatur °C Heizung	Temperatur °C Auflagefläche	Temperatur °C oberste Steinschicht
1 (AT)	Elektro	8 Schichten Olivindiabar/Granit	≥500	450	100-150
2 (MM)	Elektro	3 Schichten Keramische Steine	≥500	450	150-250
3 (FS)	Gas	1-2 Schichten Olivindiabar/Granit	250	200	100-150



**Abbildung 10:** Heizgerät 1, Sauna AT, Wärmebild mit Profilbereich



**Abbildung 11:** Heizgerät 2, Sauna MM, Wärmebild mit Profilbereich



**Abbildung 12:** Heizgerät 3, Sauna FS, Wärmebild mit Profilbereich

### 7.5.3 Arbeitsplatzmessungen Phase 2

Die Arbeitsplatzmessungen in Phase 2 wurden wie in Phase 1 unter standardisierten Arbeitsbedingungen durchgeführt. Die Rahmenbedingungen unterschieden sich bezüglich der Dosierung (gering und hoch) sowie der Art des Aufgusses (soft und hart). Alle Bedingungen wurden kombiniert. Zum Einsatz kamen die Aufgussmittel S1 Kräuter, S2 Citrus und J Citrus. Die Messungen fanden in einem Saunaraum verteilt über drei Tage statt. Messtag 1 und 2 lagen direkt hintereinander, zwischen Messtag 2 und 3 lagen 14 Tage. Im Folgenden wird nur auf die Formaldehydkonzentrationen eingegangen. Alle ermittelten Aldehyde und Aceton sowie die direktanzeigend ermittelten Konzentrationen sind im Anhang in den Tabellen 29 bis 33 dargestellt. Auch in Phase 2 wurden zwischen den einzelnen Aufgüssen Temperaturprofile der Saunaofenoberflächen mit der Wärmebildkamera aufgezeichnet. Die dabei ermittelten Temperaturen lagen im Bereich zwischen 144 und 200° C.

Die Formaldehydkonzentrationen vor dem Aufheizen (Raumtemperatur ca. 40°C) wurden an Messtag 1 und Messtag 3 ermittelt und lagen bei  $\leq 0,01 \text{ mg/m}^3$ . Nach dem Aufheizen erhöhten sich die Formaldehydkonzentrationen ohne Aufguss auf Werte zwischen 0,053 und 0,13  $\text{mg/m}^3$  (Grundbelastung). Die geringste Formaldehydkonzentration bei einem Aufguss wurde für S2 Citrus mit einer Formaldehydkonzentration von 0,25  $\text{mg/m}^3$  ermittelt, wobei darin die oben genannte Grundbelastung enthalten ist. Erwartungsgemäß lag bei nahezu allen Messungen die Formaldehydkonzentration beim Aufguss höher als die Grundbelastung zwischen den Aufgüssen. Nur bei einem Aufguss war dies umgekehrt: Die Grundbelastung lag vor dem Aufguss bei 1,5  $\text{mg/m}^3$  und beim nachfolgenden Aufguss bei 0,7  $\text{mg/m}^3$ . Die Ursache für die hohe Grundbelastung lag mit hoher Wahrscheinlichkeit im vorangegangenen Aufguss, der mit einem stark überdosierten Aufgussmittel (J Citrus) erfolgte. Dieser Versuch brachte die höchsten Konzentrationen während eines Aufgusses (Bank: 2,2  $\text{mg/m}^3$ , Atembereich 2,1  $\text{mg/m}^3$ ).

Der Ausgangszustand der Grundbelastung nach dem ersten Aufheizen ohne Aufguss konnte nach den Aufgüssen trotz intensiver Lüftung nicht mehr hergestellt werden.

Mit dem direktanzeigenden Messgerät wurden die Konzentrationsverläufe an den drei Messtagen aufgezeichnet. In einem Fall wurde mit dem direktanzeigenden Messgerät ca. die doppelte Konzentration gemessen wie mit dem Laborverfahren. Die Ursache konnte nicht geklärt werden. Die Ergebnisse während der Aufgüsse für die Probenahme im Atembereich und auf der Bank zeigten mit Abweichungen von maximal ca. 10% immer eine gute Übereinstimmung.

## **7.6 Interpretation der Emissionsmessungen und Arbeitsplatzbewertung**

Für die Emissionsmessungen, die begleitend zu den Arbeitsplatzmessungen erfolgten gibt es keine Bewertungsgrundlagen. Die Ergebnisse wurden vom Labor des IFA aus chemisch fachlicher Sicht interpretiert. Die bei Arbeitsplatzmessungen ermittelten Konzentrationen werden auf der Grundlage Technischer Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), insbesondere TRGS 402 und TRGS 900 bewertet.

### **7.6.1 Interpretation der Emissionsmessungen**

Die Laboruntersuchungen sollten Gefahrstoffemissionen durch Aufgussmittel, unabhängig von betrieblichen Rahmenbedingungen, bei verschiedenen Temperaturen ermitteln und geeignete Aufgussmittel für die Arbeitsplatzmessungen finden. Die Ergebnisse zeigten kein einheitliches Bild, weder in Bezug auf die Produkte eines Herstellers noch auf eine konkrete Duftrichtung.

Bei Raumtemperatur sind die Formaldehydemissionen mit einem maximalen Wert von 0,4 µg/ml pro Stunde gering. Erwartungsgemäß steigen die Emissionen von Aldehyden und Aceton durch Pyrolyse und Oxidation mit zunehmender Temperatur in exponentiellen Kurvenverläufen, deren Steigungen ab circa 350 °C stark zunehmen.

Acetaldehyd und Aceton werden als Oxidationsprodukte der Lösungsmittel Ethanol und 2-Propanol bei hohen Temperaturen in höherem Maße emittiert als Formaldehyd. Der Einfluss des Lösungsmittels auf die Formaldehydemission ist dagegen gering. Bei der Pyrolyse spielen vermutlich katalytische Prozesse eine Rolle.

Auf der Grundlage der durchgeführten Temperaturmessungen lässt sich ableiten, dass es beim Aufgussvorgang zur Bildung höherer Konzentrationen durch pyrolytische Zersetzungsprozesse kommt, wenn die Aufgusslösung in tiefere, heißere Bereiche des Ofens vordringt.

### **7.6.2 Arbeitsplatzbewertung**

Die Arbeitsplatzbewertung ist ein wesentlicher Bestandteil der Gefährdungsbeurteilung, die als Arbeitgeberpflicht bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen in § 6 der Gefahrstoffverordnung [6] verankert ist. Zur Durchführung dieser gesetzlichen Verpflichtung kann der Arbeitgeber auf diverse Technische Regeln für Gefahrstoffe zurückgreifen. Die TRGS 400 [7] beschreibt eine Vorgehensweise für alle Expositionspfade, wobei die berufliche Exposition in der Regel dermal und inhalativ charakterisiert ist. Die dermale Exposition war nicht Bestandteil der vorliegenden

Untersuchungen. Die inhalative Exposition wurde untersucht und wird nachfolgend auf der Grundlage spezifischer TRGS bewertet.

### 7.6.3 Bewertungsgrundlagen für die Arbeitsplatzmessungen

Saunaaufgüsse sind Tätigkeiten mit Gefahrstoffen bei denen es Reaktionsprodukte gibt, die zu einer Exposition der Beschäftigten führen. Die Bewertungsgrundlagen für die Exposition am Arbeitsplatz sind die TRGS 402 [8] und die TRGS 900 [9]. Die TRGS 402 beschreibt Methoden und Verfahren für die Beurteilung der inhalativen Exposition. Die TRGS 900 führt die stoffbezogenen Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) auf, mit denen eine 8-stündige Arbeitsschicht bewertet wird. Bei Saunaaufgüssen ist Formaldehyd der einzige zu bewertende Stoff, da die anderen Stoffe im Bezug zum jeweiligen Grenzwert für die Bewertung vernachlässigt werden können. In der Regel lagen diese Konzentrationen weit unter 10% der jeweiligen Grenzwerte. Eine Summenbewertung für Stoffgemische wird daher nicht durchgeführt.

Zur Berechnung des Schichtmittelwerts  $C_S$  werden nach TRGS 402 alle Expositionsanteile in einer Arbeitsschicht zeitgewichtet addiert und in Bezug zur Schichtdauer gesetzt (Formel 1).

$$\text{Formel 1: } C_S = (C_1 \cdot T_1 + C_2 \cdot T_2 + C_3 \cdot T_3 + \dots C_n \cdot T_n) / T_{\text{Schicht}}$$

$C_n$ : Stoffkonzentration im Zeitraum  $T_n$

$T_{\text{Schicht}}$ : in der Regel acht Stunden

Zur Bewertung wird der Schichtmittelwert  $C_S$  durch den Grenzwert GW geteilt und somit ein Stoffindex I berechnet (Formel 2). Der maximal zulässige Index ist 1.

$$\text{Formel 2: } I = C_S / \text{GW}$$

Die TRGS 900 liefert zusätzlich Bewertungsgrundlagen für kurzzeitig erhöhte Expositionen, das heißt Konzentrationen über dem AGW, in Form von Kurzzeitwertbedingungen.

Formaldehyd hat einen AGW von  $0,37 \text{ mg/m}^3$  und einen Kurzzeitwert von  $0,74 \text{ mg/m}^3$ . Hinzu kommt die Bedingung der Kategorie I (Stoffe bei denen die lokale Wirkung grenzwertbestimmend ist oder atemwegssensibilisierende Stoffe), dass die erhöhte Exposition 15 Minuten nicht überschreiten darf und nicht häufiger als viermal pro Schicht vorkommen darf. Für die Intervalle zwischen den Kurzzeitwertphasen ist eine Dauer von einer Stunde anzustreben.

#### 7.6.4 Bewertungsergebnis

Die Untersuchungen erfolgten unter nachgestellten Bedingungen, die in Phase 0 der betrieblichen Praxis entsprachen aber in den Phasen 1 und 2 zum Teil deutlich davon abweichen konnten. Die Ergebnisse von Befragungen dienten daher zur Einschätzung üblicher Arbeitsbedingungen. Demnach dauern die Aufgusszeremonien zwischen 5 und 12 Minuten und werden bis zu sechsmal pro Schicht durchgeführt. Auf dieser Grundlage wurde ein Expositionsszenario erstellt. Setzt man eine Dauer von 10 Minuten für eine Aufgusszeremonie an und addiert sechs Aufgusszeremonien pro Schicht (8 Stunden), die von einem Saunameister durchgeführt werden, dann liegt die gesamte Expositionsdauer bei einer Stunde.

#### Bewertung Schichtmittelwert

Geht man von sechs gleichartigen Aufgüssen á 10 Minuten aus und unterstellt man im Sinne einer worst-case-Annahme die höchste gemessene Formaldehydkonzentration von ca.  $2 \text{ mg/m}^3$  bei jedem Aufguss, so ergibt sich ein 8h-Schichtmittelwert von  $0,25 \text{ mg/m}^3$  und ein Index von 0,67, also 67% des zulässigen Werts.

$$C_S = 6 \cdot (2 \text{ mg/m}^3 \cdot 10 \text{ min}) / 480 \text{ min} = 0,25 \text{ mg/m}^3$$

$$I = 0,25 / 0,37 = 0,67$$

Der zulässige Index ist 1.

**Anmerkung:** Die zulässigen Kurzzeitwertbedingungen wären auf Grund der Höhe der Belastung und der Anzahl der Vorgänge bei dieser worst-case-Annahme überschritten (siehe 7.6.3).

#### Bewertung Kurzzeitwert

Erhöhte Formaldehydkonzentrationen über dem Arbeitsplatzgrenzwert wurden bei zwei Arbeitsplatzmessungen in Phase 0 festgestellt. Damit kam die Kurzzeitwertbeurteilung zum Tragen. Auf Grund der Expositionsdauer von 10 Minuten wurde die zulässige Kurzzeitwerthöhe lediglich bei einem Aufguss überschritten. Der zulässige Kurzzeitwert für Formaldehyd wurde in den Phasen 1 und 2 in nahezu allen Fällen unterschritten. Die festgelegte Expositionsdauer lag mit 10 Minuten unterhalb der maximal zulässigen Dauer für die erhöhte Exposition. Bei zwei Aufgüssen in Phase 2 wurde unter Extrembedingungen die maximal zulässige Formaldehydkonzentration überschritten: Die dabei im Atembereich gemessenen Konzentrationen von  $2,0$  und  $2,1 \text{ mg/m}^3$  entstanden mit einem stark überdosierten Aufgusswasser ( $30 \text{ ml/l}$ ). Das gleiche Aufgussmittel wies bei der Dosierung nach Herstellerangabe ( $4 \text{ ml/l}$ ) im Vergleich zu den anderen Aufgussmitteln zwar ebenfalls die höchsten Konzentrationen im Atembereich auf ( $0,48$ - $0,56 \text{ mg/m}^3$ ), allerdings lagen diese Konzentrationen noch unterhalb der zulässigen Kurzzeitwerte. Die Konzentrationen zwischen der hohen und geringen Dosierung lagen damit ca. um den Faktor vier auseinander. Der Vergleich der Formaldehydkonzentrationen bei harten Aufgüssen und weichen Aufgüssen lieferte kein eindeutiges Ergebnis. In einigen Versuchen waren die Konzentrationen bei den harten Aufgüssen höher, in anderen geringer. Eine Schwierigkeit lag in den Ermittlungen der Grundbelastung vor den Aufgüssen

(Leermessungen). Diese waren teilweise so hoch, dass einige nachfolgende Messungen nicht mehr verglichen werden konnten.

## 8 Ergebniszusammenfassung und Schlussfolgerung

Mit einem Messprogramm wurden in fünf gewerblichen Saunen Gefahrstoffemissionen und die Exposition der Beschäftigten beim Aufgießen von Aufgusswässern während Aufgusszeremonien systematisch ermittelt. Das Messprogramm wurde auf Initiative des DGUV-Sachgebietes Bäder von zwei gesetzlichen Unfallversicherungen (BGW, BGETEM) in Zusammenarbeit mit dem Institut für Arbeitsschutz organisiert und durchgeführt.

Laboruntersuchungen ausgewählter Aufgussmittel eines Herstellers ließen bei Raumtemperatur keine relevanten Aldehydemissionen erkennen. Eine exemplarische Laboruntersuchung bei 380 °C lieferte Hinweise auf hohe Formaldehyd- und Ketonemissionen. Differenziertere Untersuchungen zwischen 200 und 500°C lieferten die Erkenntnis, dass bei Temperaturen über 250°C stark ansteigende Emissionen an Pyrolyse und Oxidationsprodukten auftreten. Physikalisch-chemisch war dies erklärbar, da durch pyrolytische Zersetzungsvorgänge bei hohen Temperaturen Aldehyde und durch Oxidation Ketone entstehen können. Heiße Oberflächen haben dabei eine katalytische Wirkung. Als Hypothese wurde angenommen, dass zudem die Duftstoffe oder andere Substanzen im Aufgussmittel einen verstärkenden Effekt haben könnten. Diese Hypothese wurde unterstützt durch die Laborversuche mit Aufgussmitteln und mit Alkoholen im Vergleich. Aufgussmittel lieferten höhere Aldehydemissionen als die reinen Alkohole, in denen die Duftstoffe gelöst waren. Es wurde vermutet, dass derselbe Effekt auftreten kann, wenn bei den Aufgüssen Aufgusswasser auf heiße Flächen der Heizgeräte in den Saunaräumen gelangt. Besonders im Fokus stand Formaldehyd, der wegen seiner gefährlichen Eigenschaften der kritischste der ermittelten Stoffe ist.

In der Pilotphase der Untersuchungen (Phase 0) wurden simulierte Arbeitsplatzmessungen unter betriebsüblichen Bedingungen in einer Sauna durchgeführt. Zwei der verwendeten Aufgussmittel ergaben Formaldehydkonzentrationen über dem zulässigen Kurzzeitwert. Auch die vorangegangenen Messungen externer Messstellen in der Sauna wiesen Überschreitungen des Kurzzeitwerts für Formaldehyd nach.

In einer weiteren Untersuchungsphase (Phase 1) wurden die Dosierempfehlungen der Hersteller der Aufgussmittel befolgt und die Richtlinien der DGfDB berücksichtigt. Dies bedeutete vorsichtige, langsame Aufgüsse und damit einhergehend ein geringes Risiko, dass Aufgusswasser durch die Steine auf die heißeren Heizoberflächen fließen konnte. Formaldehyd wurde bei den Untersuchungen in verhältnismäßig geringen Konzentrationen nachgewiesen. Vor dem Aufheizen der Sauna lag die Formaldehydkonzentration im Bereich der Bestimmungsgrenze des Messverfahrens (0,03-0,04 mg/m<sup>3</sup>). Nach dem Aufheizen, vor den Aufgüssen, erhöhte sich die

Grundbelastung ohne Aufguss ca. um den Faktor 7 bis auf  $0,28 \text{ mg/m}^3$ . Bei den meisten Versuchen erhöhten sich die Formaldehydkonzentrationen durch die Aufgüsse noch weiter. Unter den gewählten Arbeitsbedingungen waren die Grenzwerte (Schichtmittelwert und Kurzzeitwert) für Formaldehyd aber durchgängig unterschritten. Die maximale gemessene Konzentration lag bei  $0,33 \text{ mg/m}^3$  wobei hier eine Grundkonzentration ohne Aufguss von  $0,14 \text{ mg/m}^3$  enthalten war. Die maximale Differenz zwischen der Grundbelastung in den Saunaräumen ohne Aufgüsse und den Formaldehydkonzentrationen beim Aufguss lag somit bei  $0,19 \text{ mg/m}^3$ . Auf Grund der Ergebnisse in Phase 0 blieb aber der Verdacht, dass bei bestimmten ungünstigen Rahmenbedingungen, die durchaus in Saunen üblich sind, höhere Formaldehydkonzentrationen entstehen können. Zu den verdächtigsten Rahmenbedingungen gehörten harte, schnelle Aufgüsse sowie Überdosierungen.

Um potenziell ursächliche Rahmenbedingungen für höhere Konzentrationen simulieren zu können, wurde für einen weiteren Untersuchungsschritt (Phase 2) ein neues Konzept erstellt. Arbeitsplatzmessungen erfolgten wieder unter standardisierten Rahmenbedingungen, allerdings diesmal mit vorsichtig, langsam ausgeführten Aufgüssen (soft) und schnell ausgeführten Aufgüssen (hart) sowie geringen und hohen Dosierungen (auch Überdosierungen). Der Vergleich der Konzentrationen unter verschiedenen Rahmenbedingungen erhärtet die Vermutung, dass die Dosierung der Aufgussmittel einen großen Einfluss auf die Höhe der Emission und damit auf die Exposition hat. Die ermittelten Formaldehydkonzentrationen erreichten für das 10-minütige Aufgussritual bei überdosierten Aufgusswässern bis zu  $2 \text{ mg/m}^3$ . Ein Einfluss der Aufgussart, soft oder hart, konnte mit den Untersuchungen nicht eindeutig nachgewiesen werden. Betrachtet man in diesem Zusammenhang die Emissionsmessungen im Labor, so ist deutlich zu erkennen, dass höhere Temperaturen höhere Emissionen zur Folge haben. Für die Praxis bedeutet dies: je heißer die Oberflächen, auf die das Aufgusswasser gelangt, desto höher ist die zu erwartende Formaldehydkonzentration. Somit ist die Art des Aufgusses (hart oder soft) mit hoher Wahrscheinlichkeit doch ein wichtiger Faktor, wenn zum Beispiel bei harten Aufgüssen Flüssigkeit auf heiße Bauteile durchfließt. Die Bauart des Heizgeräts wird dabei eine Rolle spielen. Eine Tendenz zeigen die Arbeitsplatzmessungen in Phase 1. Hier wurden bei dem Elektroofen mit nur wenigen Steinschichten die höchsten Konzentrationen nachgewiesen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass bei der Durchführung von Saunaaufgüssen chemische Substanzen in den Saunaraum freigesetzt werden können, die sich von den Originalsubstanzen unterscheiden. Alle Aufgussmittel wiesen im Laborversuch bei Temperaturen ab ca.  $200 \text{ °C}$  ansteigende Formaldehydemissionen auf. Ab ca.  $250 \text{ °C}$  steigen die Emissionen exponentiell an. Einzelne Aufgussmittel wiesen im Labor zwar höhere Emissionen auf, dies kann aber nicht als grundlegend gültiger Hinweis auf höhere Arbeitsplatzkonzentrationen gewertet werden. Die Verdünnung des Aufgusswassers spielt dabei voraussichtlich eine wesentliche Rolle. Für ein Produkt galt dieser Zusammenhang dennoch. Das Produkt J Citrus zeigte die höchsten Emissionswerte und trotz stärkster Verdünnung auch die höchsten Arbeitsplatzkonzentrationen.

Die Arbeitsplatzmessungen zeigten, dass die Arbeitsplatzgrenzwerte und die Kurzzeitwerte nach TRGS 900 für alle ermittelten Stoffe und insbesondere auch für Formaldehyd bei Einhaltung der Dosiervorschriften der Hersteller und der Empfehlungen der DGfdB für die untersuchten Aufgussmittel unterschritten werden können. Überschreitungen des Kurzzeitwerts für Formaldehyd entstanden im Einzelfall bei Überdosierung der Aufgusswässer.

## 9 Literatur

- [1] Tappler, Damberger, Twrdik, Schmöger. Formaldehyd in Saunen, Ergebnisse des 9. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) am 23. und 24. September 2010 in Nürnberg. S. 84-90
- [2] Kalkowsky und Kampmann. Arbeitsmedizinische Beurteilung der Belastungen heutiger Aufgusspraxis. Bernhard Kalkowsky und Priv.-Doz. Dr. Bernhard Kampmann, Sauna & Bäderpraxis 1/2008 Seite 25-28
- [3] Wilke, Wiegner, Jann, Brödner, Scheffer. Emissionsverhalten von Holz und Holzwerkstoffen. BAM Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung im Auftrag des Umweltbundesamtes 07/2012. Forschungskennzahl 3707 62 301. UBA-FB 001580. <http://www.uba.de/uba-info-medien/4262.html>
- [4] Richtlinien zur Durchführung von Saunaaufgüssen in öffentlichen Saunaanlagen, Deutsche Gesellschaft für das Badewesen (DGfdB) R26.30.04. Mai 2011
- [5] Gensow. Aufguss heute- Wirkungen und Praxis. Sauna und Bäderpraxis 1/2016 Seite 27-29
- [6] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. November 2010 (BGBl. I S 1643) zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 03. Februar 2015 (BGBl. I S 49)
- [7] TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“, Ausgabe: Dezember 2010, GMBI 2011 Nr. 2 S. 19-32 (31.01.2011), zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2012 S. 715 vom 13.09.2012 [Nr. 40]
- [8] TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“ GMBI 2010 S. 231-253 (vom 25.02.2010) geändert und ergänzt: GMBI 2014 S. 254-257 vom 02.04.2014 [Nr. 12]
- [9] TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“ Ausgabe: Januar 2006, BA rBI Heft 1/2006 S. 41-55, zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2016 S. 474 v. 24.6.2016 [Nr. 24 ]



## **10 Anhang**

## 10.1 Fragebogen zu technischen Rahmenbedingungen und zum Arbeitsverfahren

Bitte per Fax oder Mail zurück an  
 Fachbereich Gefahrstoffe z.H. Herr Wegscheider  
 Fax: 0221 3772 5346  
 Mail: wolfgang.wegscheider@bgw-online.de



### Vorinformationen zur Untersuchung der Gefahrstoffexposition bei Saunaaufgüssen

Betrieb: Name \_\_\_\_\_ Adresse: \_\_\_\_\_ PLZ; Ort: \_\_\_\_\_

Ansprechpartner: \_\_\_\_\_ Funktion im Betrieb: \_\_\_\_\_ Telefon: \_\_\_\_\_

Saunaraum: Bezeichnung \_\_\_\_\_ Abmessung (L/B/H) \_\_\_\_\_ Raumvolumen (m<sup>3</sup>): \_\_\_\_\_

Einbaumaterialien (Holzarten und andere Materialien z.B. Decke, Boden, Wände, Bänke, Isolation wenn vorhanden)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Lüftung:  natürliche Lüftung

technische Lüftung:

Luftführung (woher kommt die Luft, wie kommt sie in den Raum, wohin geht sie)

\_\_\_\_\_

Luftmengen (m<sup>3</sup>/h) Abluft \_\_\_\_\_ Zuluft \_\_\_\_\_ Umluft \_\_\_\_\_

Saunaofen:  Elektro  Gas  Holz

Hersteller: \_\_\_\_\_ Baujahr: \_\_\_\_\_ Typenbezeichnung: \_\_\_\_\_ Herstellernummer: \_\_\_\_\_

Abmessungen (L/B/H): \_\_\_\_\_ Heizleistung: \_\_\_\_\_ KW

#### Abtrennung zwischen Heizung und Steinen:

Art der Abtrennung:  Lochblech/ Gitter  geschlossenes Stahlblech mit Aufkantung  geschlossenes Stahlblech ohne Aufkantung

Andere Abtrennung \_\_\_\_\_

Saunasteine: Steinmasse (kg) \_\_\_\_\_ Art der Steine \_\_\_\_\_ Anzahl Steinschichten \_\_\_\_\_

Größe der Steine (jeweils maximaler Durchmesser)  ≤ 10cm  11-20cm  21-30cm

Form der Steine:  abgerundet  kantig

Alter der Steine (Kaufdatum ca. ) \_\_\_\_\_

#### Arbeitsablauf beim Aufguss

Ein Aufgussritual besteht aus mehreren Einzelaufgüssen, die wiederum mehrere Schöpfkellenleerungen umfassen. Nach jedem Einzelaufguss gibt es eine Aufgusspause, in der die Luft z.B. mit dem Handtuch verwirbelt wird.

Parameter	Minimal	Mittel	Maximal
Dauer eines Aufgussrituals (Minuten) =Gesamtdauer			
Anzahl der Einzelaufgüsse pro Ritual (i.d.R. 3)			
Aufgusspause zwischen den Einzelaufgüssen (Minuten)			
Dauer eines Einzelaufgusses (Sekunden)			
Anzahl Schöpfkellenleerungen pro Einzelaufguss			
Menge des Aufgussmittels pro Schöpfkelle (z.B. 500 ml)			
Dauer einer Schöpfkellenleerung (Sekunden)			

#### Bemerkungen:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 10.2 Emissionsmessungen bei Raumtemperatur

Die Emissionen bei Raumtemperatur wurden zu Beginn der Untersuchungen beispielhaft für 15 ausgewählte Produkte des Herstellers S1 ermittelt (Tabelle 18).

**Tabelle 18:** Aldehyd-/Acetonemission bei Raumtemperatur, 15 Proben des Herstellers S1 (Sauna TT), Analysenbericht vom 26.3.2013

Nr.	Duftessenz	Raum-temperatur 20°C	Formaldehyd [µg/ml Essenz]	Acetaldehyd [µg/ml Essenz]	Propionaldehyd [µg/ml Essenz]	Butyraldehyd [µg/ml Essenz]	2-Propenal [µg/ml Essenz]	Aceton [µg/ml Essenz]
1	Eukalyptus	1.Stunde/ 2. Stunde	<0,28 / 0,37	1,9 / 1,6	<0,57 / <0,57	<0,57 / <0,57	<0,28 / <0,28	26 / 16
2	Salbei	1.Stunde/ 2. Stunde	<0,28 / 0,35	2,4 / 3,6	<0,57 / <0,57	<0,57 / <0,57	<0,28 / <0,28	99 / 57
3	Eisminze	1.Stunde/ 2. Stunde	<0,28 / <0,28	1,7 / 1,5	<0,57 / <0,57	<0,57 / <0,57	<0,28 / <0,28	19 / 12
4	Citrone	1.Stunde/ 2. Stunde	<0,28 / <0,28	2,9 / 3,1	<0,57 / <0,57	<0,57 / <0,57	<0,28 / <0,28	69 / 40
5	Mandarine	1.Stunde/ 2. Stunde	<0,28 / <0,28	<0,57 / <0,57	<0,57 / <0,57	<0,57 / <0,57	<0,28 / <0,28	31 / 18
6	Latsche	1.Stunde/ 2. Stunde	<0,28 / <0,28	1,1 / 1,5	<0,57 / <0,57	<0,57 / <0,57	<0,28 / <0,28	22 / 13
7	Ciro Mint	1.Stunde/ 2. Stunde	<0,28 / <0,28	<0,57 / <0,57	<0,57 / <0,57	<0,57 / <0,57	<0,28 / <0,28	16 / 3,2
8	Rhabarber- Apfel	1.Stunde/ 2. Stunde	<0,28 / <0,28	<0,57 / 1,0	<0,57 / <0,57	<0,57 / <0,57	<0,28 / <0,28	1,5 / 1,3
9	Kräuter- mischung	1.Stunde/ 2. Stunde	0,34 / <0,28	7,7 / 11	<0,57 / <0,57	<0,57 / <0,57	<0,28 / <0,28	3,9 / 8,9
10	Limone	1.Stunde/ 2. Stunde	<0,28 / <0,28	1,3 / 1,4	<0,57 / <0,57	<0,57 / <0,57	<0,28 / <0,28	31 / 16
11	Birke	1.Stunde/ 2. Stunde	<0,28 / <0,28	1,2 / 1,4	<0,57 / <0,57	<0,57 / <0,57	<0,28 / <0,28	2,6 / 1,6
12	Kamille	1.Stunde/ 2. Stunde	<0,28 / 0,37	2,4 / 2,2	<0,57 / <0,57	<0,57 / <0,57	<0,28 / <0,28	34 / 18
13	Blutorange	1.Stunde/ 2. Stunde	<0,28 / <0,28	<0,57 / <0,57	<0,57 / <0,57	<0,57 / <0,57	<0,28 / <0,28	3,1 / 1,9
14	Lavendel	1.Stunde/ 2. Stunde	<0,28 / 0,43	2,1 / 1,6	<0,57 / <0,57	<0,57 / <0,57	<0,28 / <0,28	18 / 11
15	Grapefruit* <sup>10</sup>	1.Stunde/ 2. Stunde	<0,28 / <0,28	<0,57 / <0,57	<0,57 / <0,57	<0,57 / <0,57	<0,28 / <0,28	5,9 / 2,9

<sup>10</sup> für die Duftessenz Grapefruit wurden Emissionswerte bei 380°C ermittelt (siehe Tabelle 19)

### 10.3 Emissionsmessung bei 380°C

Ein erster Versuch zur Ermittlung der Emission bei hohen Temperaturen wurde für die Grapefruitessenz unternommen (Tab. 19).

**Tabelle 19:** Aldehyd-/Acetonemissionen eines Aufgussmittels (Grapefruit) bei 380 °C

Freigesetzte Aldehyde und Aceton in mg/ml Aufgussmittelkonzentrat							
Substanz	Temperatur	Formaldehyd	Acetaldehyd	Propionaldehyd	Butyraldehyd	2-Propanal	Aceton
	[°C]	[mg/ml]	[mg/ml]	[mg/ml]	[mg/ml]	[mg/ml]	[mg/ml]
S1 Grapefruit	380	2,2	13,4	2,4	0,044	0,44	16

### 10.4 Emissionsmessung bei 300 und 500°C

**Tabelle 20:** Aldehyd-/Acetonemissionen ausgewählter Aufgussmittel bei Temperaturen von 300 und 500°C

Laboruntersuchungen 07/2015

Freigesetzte Aldehyde und Aceton in mg/ml Aufgussmittelkonzentrat									
Hersteller und Duftstoff	Ethanol (E) 2-Propanol (P) [%] <sup>11</sup>		Formaldehyd	Acetaldehyd	Butyraldehyd	2-Propanal	Propionaldehyd	Aceton	Summe
		[°C]	[mg/ml]	[mg/ml]	[mg/ml]	[mg/ml]	[mg/ml]	[mg/ml]	[mg/ml]
Ethanol	100 % E	300	0,02	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,09
		500	0,6	61	0,04	0,05	0,14	0,75	63
2-Propanol	100% P	300	0,02	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,07	0,1
		500	1,6	24	0,05	0,29	0,8	160	<b>187</b>
J Kamille Melisse	?	300	0,06	0,13	<0,01	<0,01	0,06	0,12	0,37
		500	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
J Citrus	50% E	300	0,28	0,75	1,2	0,06	0,1	0,46	2,9
		500	7	38	2	0,31	7	12	<b>66</b>
J Eisminze	80% E	300	0,07	0,15	<0,01	<0,01	0,06	0,06	0,34
		500	11	43	0,8	0,44	10	17	<b>82</b>
S2 Saunamed	Pinen, Campher	300	0,35	0,14	0,01	0,02	0,02	0,7	1,2
		500	6,4	8,1	0,15	0,26	0,38	15	<b>30</b>
S2 Citrus	95% P	300	0,43	0,09	<0,01	<0,01	0,02	0,5	1
		500	2,6	6,8	0,12	0,06	0,45	23	<b>33</b>
S2	94,5% P	300	0,3	0,03	<0,01	<0,01	0,02	0,3	0,65

<sup>11</sup> Herstellerangabe

Freigesetzte Aldehyde und Aceton in mg/ml Aufgussmittelkonzentrat									
Hersteller und Duftstoff	Ethanol (E) 2-Propanol (P) [%] <sup>11</sup>		Formaldehyd	Acetaldehyd	Butyraldehyd	2-Propanal	Propionaldehyd	Aceton	Summe
		[°C]	[mg/ml]	[mg/ml]	[mg/ml]	[mg/ml]	[mg/ml]	[mg/ml]	[mg/ml]
Eisminze		500	3,4	8,9	0,09	0,05	0,39	55	<b>68</b>
S2 Eukalyptus	46% P	300	0,27	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,18	0,47
		500	1,3	7,5	0,18	0,16	0,25	48	<b>57</b>
S2 Lavendel Kumquat	92,5 P	200	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,22	0,23
		300	0,02	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	0,38	0,43
		500	6	3,6	0,07	0,15	0,24	49	<b>59</b>
P Mandarine-Myrte	wahrsch. ETOH	300	0,07	0,29	0,01	<0,01	0,02	0,26	0,65
		500	0,65	48	0,09	0,17	0,75	3,4	<b>53</b>
F Mango	k.A.	300	0,13	0,28	<0,01	<0,01	0,11	0,18	0,7
		500	2	31	0,14	0,28	13	43	<b>89</b>
F Eukalyptus	50% E 6% P	300	0,06	0,11	0,03	<0,01	0,57	0,05	0,82
		500	5,8	31	0,19	0,16	2,8	5,7	<b>46</b>
F Citrus-Orange	k.A.	300	0,04	0,1	<0,01	<0,01	0,04	0,03	0,2
		500	10	46	0,26	0,31	1,8	3,2	<b>62</b>

**Tabelle 21:** Formaldehydemissionen bei 300 und 500°C im Vergleich;

Laboruntersuchungen 07/2015

Hersteller und Duftstoff	Lösungsmittel Angabe aus SDB	mg Formaldehyd/ ml Aufgussmittel bei 300°C	mg Formaldehyd/ ml Aufgussmittel bei 500°C	Faktor Konz <sub>500</sub> /Konz <sub>300</sub>
Ethanol	entfällt	0,02	0,6	30
2-Propanol	entfällt	0,02	1,6	80
J Citrus	50% E	0,28	7	25
J Eisminze	80% E	0,07	11	157
S2 Saunamed	Pinen, Campher	0,35	6,4	18
S2 Citrus	95% P	0,43	2,6	6
S2 Eisminze	94,5%P	0,3	3,4	11
S2 Eukalyptus	46% P	0,27	1,3	5
S2 Lavendel Kumquat	Keine Angabe	0,02	6	300
P Mandarine-Myrte	wahrscheinlich E	0,07	0,65	9
F Mango	k.A.	0,13	2	15
F Eukalyptus	50% E, 6% P	0,06	5,8	97
F Citrus-Orange	k.A.	0,04	10	250
	Min	0,02	0,60	
	Mittel	0,15	4,49	
	Max	0,43	11,00	

## 10.5 Emissionsmessung zwischen 200 und 400°C in 50 K- Schritten

**Tabelle 22:** Aldehyd- und Acetonemissionen in Abhängigkeit von der Temperatur (200-400°C<sup>12</sup>)

Hersteller und Duftstoff/ Bemerkung	Lösungsmittel Angabe aus SDB	Temperatur	Form aldehyd	Acet aldehyd	Butyr aldehyd	2-Pro penal	Propion aldehyd	Aceton
	%	[°C]	[mg/ml]	[mg/ml]	[mg/ml]	[mg/ml]	[mg/ml]	[mg/ml]
J Citrus	EtOH	200	0,02	0,08	<0,01	<0,01	<0,01	0,05
	~ 50	250	0,12	0,20	0,01	<0,01	0,04	0,11
		300	0,32	0,85	0,05	<0,01	0,13	0,43
		350	0,55	1,6	0,11	0,03	0,50	0,80
		400	1,3	5,9	0,31	0,07	1,3	2,2
Messung 7/2015		500	7	38	2	0,31	7	12
S2 Citrus	IPA	200	0,02	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	0,13
	95	250	0,14	0,05	<0,01	<0,01	0,01	0,21
		300	0,39	0,12	<0,01	<0,01	0,02	0,55
Messung 7/2015		300	0,43	0,09	<0,01	<0,01	0,02	0,5
		350	0,50	0,35	0,01	<0,01	0,04	1,7
		400	0,70	1,2	0,03	0,01	0,11	5,2
Messung 7/2015		500	2,6	6,8	0,12	0,06	0,45	23
S1 Kräuter	50-55%	200	0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	0,06
		250	0,09	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	0,15
		300	0,36	0,12	<0,01	<0,01	0,02	0,43
		350	0,55	0,44	0,01	<0,01	0,09	0,85
		400	0,95	1,6	0,02	0,01	0,24	2,6

## 10.6 Ergebnisse aus Arbeitsplatzmessungen

Die Arbeitsplatzmessungen in Phase 0 wurden mit Aufgussmitteln eines Herstellers (S1) in drei Saunaräumen mit insgesamt 5 Aufgusswässern durchgeführt.

**Tabelle 23:** Phase 0, 08.08.2013, Sauna TT, Saunaraum 3, Aldehydkonzentrationen

Zeitpunkt der Messung, Duftstoff, Rahmenbe- dingungen	Gemessene Stoffe [mg/m <sup>3</sup> ]						
	Formal- dehyd	Acetal- dehyd	Acrylal- dehyd	Butyral- dehyd	Glutaral (Glutar- dialdehyd)	Propion- aldehyd	Valer- aldehyd
vor dem Aufheizen ca. 36°C, Luftfeuchte ca.35%	0,012	<0,018	<0,009	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018
nach dem Aufheizen ca. 95°C, Luftfeuchte	0,18	0,15	0,015	<0,019	<0,019	0,10	<0,019

<sup>12</sup> Aus einer vorangegangenen Untersuchung (7/2015, Emissionen aus Aufgussmitteln bei 300°C und 500°C) lagen bereits Werte für J Citrus und S2 Citrus zu 300°C und 500°C vor. Die Werte für 300 °C entsprachen den neu ermittelten Werten und wurden beibehalten. Die Werte für 500 °C wurden aus der vorangegangenen Untersuchung ergänzt.

Zeitpunkt der Messung, Duftstoff, Rahmenbe- dingungen	Gemessene Stoffe [mg/m <sup>3</sup> ]						
	Formal- dehyd	Acetal- dehyd	Acrylal- dehyd	Butyral- dehyd	Glutaral (Glutar- dialdehyd)	Propion- aldehyd	Valer- aldehyd
ca.18%							
Beim Aufguss Eukalyptus, ca. 90°C, Luftfeuchte ca.23%	0,79	<0,40	< 0,20	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40
Aufguss Birke ca. 90°C, Luftfeuchte ca.23%	1,1	1,1	<0,19	<0,37	<0,37	<0,37	<0,37

**Tabelle 24:** Phase 0, 08.08.2013, Sauna TT, Saunaraum 5, Aldehydkonzentrationen

Zeitpunkt der Messung, Duftstoff, Hersteller, Rahmenbedingungen	Gemessene Stoffe [mg/m <sup>3</sup> ]						
	Formal- dehyd	Acetal- dehyd	Acrylal- dehyd	Butyral- dehyd	Glutaral (Glutar- dialdehyd)	Propion- aldehyd	Valer- aldehyd
vor dem Aufheizen ca. 40°C, Luftfeuchte ca.35%	0,013	<0,019	<0,010	<0,019	<0,019	<0,019	<0,019
nach dem Aufheizen ca. 110°C, Luftfeuchte ca.18%	0,25	0,24	0,023	<0,018	<0,018	0,18	<0,018
Messwert Sauna 5 Aufguss 1 Kräutermischung ca. 100°C, Luftfeuchte ca.25%	2,0	1,5	<0,24	< 0,48	<0,48	<0,48	<0,48
Messwert Sauna 5 Aufguss 2 Eisminze ca. 95°C, Luftfeuchte ca.25%	0,95	0,82	<0,20	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40

**Tabelle 25:** Phase 0, 08.08.2013, Sauna TT, Saunaraum 8, Aldehydkonzentrationen

Zeitpunkt der Messung, Duftstoff, Hersteller, Rahmenbedingungen	Gemessene Stoffe [mg/m <sup>3</sup> ]						
	Formal- dehyd	Acetal- dehyd	Acrylal- dehyd	Butyral- dehyd	Glutaral (Glutar- dialdehyd)	Propion- aldehyd	Valer- aldehyd
vor dem Aufheizen ca. 37°C, Luftfeuchte ca.30%	0,018	<0,018	<0,009	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018
nach dem Aufheizen ca. 90°C, Luftfeuchte ca.18%	0,37	0,64	0,052	0,024	<0,020		
Messwert Sauna 8 Aufguss Menthol ca. 90°C, Luftfeuchte ca.23%	0,56	<0,48	<0,24	<0,48	<0,48	<0,48	<0,48

**Tabelle 26:** Phase 1, 07.09.2015, Messung Saunaraum Eventsauna, Sauna AT

Zeitpunkt der Messung (Hersteller und Aufgussmittel)	Gemessene Stoffe [mg/m <sup>3</sup> ]						Formaldehyd Differenz Aufguss Leermessung
	Formaldehyd	Acetaldehyd	Propionaldehyd	Butyraldehyd	2-Propenal	Aceton	
Leermessung vor Aufheizen	<0,12 <sup>13</sup>	<0,24	<0,24	<0,24	<0,12	<0,24	
Leermessung nach Aufheizen	0,081	<0,12	<0,12	<0,12	<0,061	<0,12	
Aufguss 1 Atembereich <b>(S2 Eukalyptus)</b>	0,11	0,11	<0,11	<0,11	<0,055	0,19	0,029
Aufguss 1 vor der Bank <b>(S2 Eukalyptus)</b>	0,1	0,11	<0,11	<0,11	<0,055	0,19	0,019
Leermessung vor Aufguss 2	0,1	<0,12	<0,12	<0,12	<0,061	<0,12	
Aufguss 2 Atembereich <b>(S2 Citrus)</b>	0,22	0,35	<0,12	<0,12	<0,061	1,2	0,12
Aufguss 2 vor der Bank <b>(S2 Citrus)</b>	0,22	0,34	<0,12	<0,12	<0,061	1,1	0,12
Leermessung vor Aufguss 3	0,12	0,098	<0,060	<0,060	<0,031	<0,060	
Aufguss 3 Atembereich <b>(F Eukalyptus)</b>	0,14	0,24	<0,060	<0,060	<0,031	0,11	0,02
Aufguss 3 vor der Bank <b>(F Eukalyptus)</b>	0,14	0,23	<0,060	<0,060	<0,031	0,1	0,02
Leermessung vor Aufguss 4	0,12	0,11	<0,060	<0,060	<0,031	<0,060	
Aufguss 4 Atembereich <b>(J Citrus)</b>	0,19	0,5	<0,060	<0,060	<0,031	0,1	0,07
Aufguss 4 vor der Bank <b>(J Citrus)</b>	0,2	0,52	<0,060	<0,060	<0,031	0,11	0,08
Leermessung vor Aufguss 5	0,21	0,31	<0,060	<0,060	<0,031	<0,060	
Aufguss 5 Atembereich <b>(J Eisminze)</b>	0,21	0,44	<0,060	<0,060	<0,031	0,068	0
Aufguss 5 vor der Bank <b>(J Eisminze)</b>	0,19	0,4	<0,060	<0,060	<0,031	0,063	-0,02
Leermessung vor Aufguss 6	0,15	0,16	< 0,060	< 0,060	< 0,031	<0,060	

<sup>13</sup> Die Bestimmungsgrenze wurde durch den Probenahmevolumenstrom vorgegeben. Die Volumenströme wurden bei den Folgemessungen erhöht, wodurch geringere Bestimmungsgrenzen möglich wurden.



Zeitpunkt der Messung (Hersteller und Aufgussmittel)	Gemessene Stoffe [mg/m <sup>3</sup> ]						Formaldehyd Differenz Aufguss Leermessung
	Formaldehyd	Acetaldehyd	Propionaldehyd	Butyraldehyd	2-Propenal	Aceton	
Aufguss 6 Atembereich <b>(Ethanol)</b>	0,15	0,26	<0,060	<0,060	<0,031	<0,060	0
Aufguss 6 vor der Bank <b>(Ethanol)</b>	0,13	0,23	<0,060	<0,060	<0,031	<0,060	-0,02
Leermessung vor Aufguss 7	0,059	0,066	<0,060	<0,060	<0,031	<0,060	
Aufguss 7 Atembereich <b>(2- Propanol )</b>	0,088	0,11	<0,060	<0,060	<0,031	0,11	0,029
Aufguss 7 vor der Bank <b>(2- Propanol )</b>	0,086	0,1	<0,060	<0,060	<0,031	0,1	0,027

AT, Formaldehydkonzentration: Maximale Differenz Aufguss-Leermessung: 0,12 mg/m<sup>3</sup> (S2 Citrus)

**Tabelle 27:** Phase 1, 09. Sept. 2015, Messung Saunaraum Aufgussauna (MM),

Zeitpunkt der Messung (Hersteller und Aufgussmittel)	Gemessene Stoffe [mg/m <sup>3</sup> ]						Formaldehyd Differenz Aufguss- Leermessung
	Formaldehyd	Acetaldehyd	Propionaldehyd	Butyraldehyd	2-Propenal	Aceton	
Leermessung vor Aufheizen	0,041	<0,060	<0,060	<0,060	<0,031	<0,060	
Leermessung nach Aufheizen	0,28	0,4	<0,060	<0,060	<0,031	<0,060	
Aufguss 1 Atembereich <b>(S2 Eukalyptus)</b>	0,32	0,47	0,1	<0,060	<0,031	0,7	0,04
Aufguss 1 vor der Bank <b>(S2 Eukalyptus)</b>	0,32	0,46	0,1	<0,060	<0,031	0,68	0,04
Leermessung vor Aufguss 2	0,15	0,28	<0,060	<0,060	<0,031	0,2	
Aufguss 2 Atembereich <b>(S2 Citrus)</b>	0,23	0,48	0,11	<0,060	<0,031	1,8	0,08
Aufguss 2 vor der Bank <b>(S2 Citrus)</b>	0,21	0,45	0,11	<0,060	<0,031	1,7	0,06
Leermessung vor Aufguss 3	0,15	0,26	<0,060	<0,060	<0,031	0,38	
Aufguss 3 Atembereich <b>(F Eukalyptus)</b>	0,16	0,29	<0,060	<0,060	<0,031	0,26	0,03

Zeitpunkt der Messung (Hersteller und Aufgussmittel)	Gemessene Stoffe [mg/m <sup>3</sup> ]						Formaldehyd Differenz Aufguss-Leermessung
	Formaldehyd	Acetaldehyd	Propionaldehyd	Butyraldehyd	2-Propenal	Aceton	
Aufguss 3 vor der Bank <b>(F Eukalyptus)</b>	0,16	0,29	<0,060	<0,060	<0,031	0,25	0,01
Leermessung vor Aufguss 4	0,14	0,24	<0,060	<0,060	<0,031	0,12	
Aufguss 4 Atembereich <b>(J Citrus)</b>	0,33	0,9	0,076	<0,060	<0,031	0,16	0,19
Aufguss 4 vor der Bank <b>(J Citrus)</b>	0,32	0,86	0,073	<0,060	<0,031	0,15	0,18
Leermessung vor Aufguss 5	0,17	0,35	<0,060	<0,060	<0,031	0,09	
Aufguss 5 Atembereich <b>(J Eisminze)</b>	0,17	0,51	0,062	<0,060	<0,031	0,11	0
Aufguss 5 vor der Bank <b>(J Eisminze)</b>	0,16	0,48	<0,060	<0,060	<0,031	0,096	-0,01
Leermessung vor Aufguss 6	0,13	0,32	<0,060	<0,060	<0,031	0,065	
Aufguss 6 Atembereich <b>(Ethanol)</b>	0,26	1,3	<0,060	<0,060	<0,031	0,076	0,13
Aufguss 6 vor der Bank <b>(Ethanol)</b>	0,23	1	<0,060	<0,060	<0,031	0,07	0,1
Leermessung vor Aufguss 7	0,17	0,59	<0,060	<0,060	<0,031	<0,060	
Aufguss 7 Atembereich <b>(2-Propanol)</b>	0,16	0,35	<0,060	<0,060	<0,031	0,72	-0,01
Aufguss 7 vor der Bank <b>(2-Propanol)</b>	0,15	0,32	<0,060	<0,060	<0,031	0,69	-0,02
Leermessung vor Aufguss 8	< 0,031	< 0,060	<0,060	<0,060	<0,031	<0,060	
harter Aufguss 8 Atembereich <b>(J Eisminze)</b>	0,031	0,068	<0,060	<0,060	<0,031	0,088	
harter Aufguss 8 vor der Bank <b>(J Eisminze)</b>	0,033	0,071	<0,060	<0,060	<0,031	0,077	

MM, Formaldehydkonzentration: Maximale Differenz Aufguss-Leermessung 2: 0,19 mg/m<sup>3</sup>

(J Citrus)

**Tabelle 28:** Phase 1, 10. Sept. 2015, Messung Saunaraum Waldsauna (FS),

Zeitpunkt der Messung und Duftstoff	Gemessene Stoffe [mg/m <sup>3</sup> ]						Formaldehyd-konzentration Differenz Aufguss-Leermessung
	Form-aldehyd	Acet-aldehyd	Propion-aldehyd	Butyr-aldehyd	2-Propenal	Aceton	
	[mg/m <sup>3</sup> ]						
Leermessung 1 vor Aufheizen	<0,031	<0,060	<0,060	<0,060	<0,031	<0,060	
Leermessung 2 nach Aufheizen	0,058	0,093	<0,060	<0,060	<0,031	0,21	
Aufguss 1 Atembereich <b>(S2 Eukalyptus)</b>	0,046	0,071	<0,060	<0,060	<0,031	0,75	-0,012
Aufguss 1 Bank <b>(S2 Eukalyptus)</b>	0,042	0,066	<0,060	<0,060	<0,031	0,75	-0,016
Leermessung vor Aufguss 2	0,055	0,08	<0,060	<0,060	<0,031	0,22	
Aufguss 2 Atembereich <b>(S2 Citrus)</b>	0,041	0,14	<0,060	<0,060	<0,031	1,3	-0,014
Aufguss 2 Bank <b>(S2 Citrus)</b>	0,038	0,13	<0,060	<0,060	<0,031	1,2	-0,017
Leermessung vor Aufguss 3	0,067	0,12	<0,060	<0,060	<0,031	0,33	
Aufguss 3 Atembereich <b>(F Eukalyptus)</b>	0,095	0,23	<0,060	<0,060	<0,031	0,58	0,028
Aufguss 3 Bank <b>(Finesse Eukalyptus)</b>	0,09	0,22	<0,060	<0,060	<0,031	0,55	0,023
Leermessung vor Aufguss 4	0,082	0,18	<0,060	<0,060	<0,031	0,1	
Aufguss 4 Atembereich <b>(J Citrus)</b>	0,16	0,47	<0,060	<0,060	<0,031	0,17	0,078
Aufguss 4 Bank <b>(J Citrus)</b>	0,15	0,42	<0,060	<0,060	<0,031	0,17	0,068
Leermessung vor Aufguss 5	0,11	0,25	<0,060	<0,060	<0,031	0,084	
Aufguss 5 Atembereich <b>(J Eisminze)</b>	0,073	0,19	<0,060	<0,060	<0,031	0,092	-0,037
Aufguss 5 Bank <b>(J Eisminze)</b>	0,07	0,18	<0,060	<0,060	<0,031	0,09	-0,04
Leermessung vor Aufguss 6	0,061	0,11	<0,060	<0,060	<0,031	0,062	
Aufguss 6 Atembereich <b>(Ethanol)</b>	0,065	0,23	<0,060	<0,060	<0,031	0,09	0,004
Aufguss 6 Bank <b>(Ethanol)</b>	0,061	0,22	<0,060	<0,060	<0,031	0,088	0
Leermessung vor Aufguss 7	0,052	0,1	<0,060	<0,060	<0,031	0,062	

Zeitpunkt der Messung und Duftstoff	Gemessene Stoffe [mg/m <sup>3</sup> ]						Formaldehyd-konzentration Differenz Aufguss-Leermessung
	Form-aldehyd	Acet-aldehyd	Propion-aldehyd	Butyr-aldehyd	2-Propenal	Aceton	
Aufguss 7 Atembereich (2-Propanol)	0,04	0,1	<0,060	<0,060	<0,031	0,55	-0,012
Aufguss 7 Bank (2-Propanol)	0,042	0,11	<0,060	<0,060	<0,031	0,51	-0,01

FS, Formaldehydkonzentration: Maximale Differenz Aufguss-Leermessung 2: 0,078 mg/m<sup>3</sup> (J Citrus)

**Tabelle 29:** Phase 2, 25. Febr. 2016, Messung AG

Zeitpunkt der Messung	Dosierung [ml/l]	Luft Vol. [Liter]	Gemessene Stoffe [mg/m <sup>3</sup> ]						
			Form-aldehyd	Formaldehyd direkt-anzeigend	Acet-aldehyd	Propion-aldehyd	Butyr-aldehyd	2-Pro-penal	Aceton
Leermessung vor Aufheizen		42,6	<0,010	-	<0,019	<0,019	<0,019	<0,010	<0,019
Leermessung nach Lüften+Aufheizen		16,0	0,13	0,13	0,16	<0,050	<0,050	<0,025	0,11
Aufguss 1 soft Atembereich (S2 Citrus)	4	13,0	0,25	0,26	0,49	<0,062	<0,062	<0,031	1,6
Aufguss 1 soft vor der Bank (S2 Citrus)	4	13,0	0,25	-	0,48	<0,062	<0,062	<0,031	1,7
Leermessung vor Aufguss 2		13,3	0,050	0,09	0,074	<0,060	<0,060	<0,031	0,10
Aufguss 2 soft Atembereich (J Citrus)	4	12,0	0,56	0,29	1,6	<0,067	<0,067	<0,034	0,19
Aufguss 2 soft vor der Bank (J Citrus)	4	12,0	0,58	-	1,9	<0,067	<0,067	<0,034	0,20
Leermessung vor Aufguss 3		13,3	0,30	0,31	0,58	<0,060	<0,060	<0,031	<0,060
Aufguss 3 soft Atembereich (S1 Kräuter)	4	10,0	0,35	0,48	0,83	<0,080	<0,080	<0,040	0,31
Aufguss 3 soft vor der Bank (S1 Kräuter)	4	10,0	0,32	-	0,77	<0,080	<0,080	<0,040	0,30

**Tabelle 30:** Phase 2, 26. Febr. 2016, Messung AG

Zeitpunkt der Messung	Dosierung [ml/l]	Luft Vol. [Liter]	Gemessene Stoffe [mg/m <sup>3</sup> ]						
			Formaldehyd	Formaldehyd direkt-anzeigend	Acetaldehyd	Propionaldehyd	Butyraldehyd	2-Propanal	Aceton
Leermessung nach Lüften+Aufheizen		13,3	0,053	0,05	0,072	<0,060	<0,060	<0,031	<0,060
Aufguss 4 soft Atembereich (S2 Citrus)	30	10,0	0,55	0,47	1,0	<0,080	<0,080	<0,040	6,6
Aufguss 4 soft vor der Bank (S2 Citrus)	30	10,0	0,61	-	1,2	0,081	<0,080	<0,040	7,2
Leermessung vor Aufguss 5		13,3	0,14	0,24	0,20	<0,060	<0,060	<0,031	0,49
Aufguss 5 soft Atembereich (J Citrus)	30	12,0	2,1	1,38	7,0	0,29	<0,067	<0,034	0,93
Aufguss 5 soft vor der Bank (J Citrus)	30	12,0	2,2	-	7,2	0,31	<0,067	<0,034	0,90
Leermessung vor Aufguss 6		13,3	1,5	1,13	2,2	0,10	<0,060	<0,031	0,12
Aufguss 6 soft Atembereich (S1 Kräuter)	30	12,0	0,70	1,52	3,4	0,18	<0,067	<0,034	1,5
Aufguss 6 soft vor der Bank (S1 Kräuter)	30	12,0	0,70	-	3,5	0,19	<0,067	<0,034	1,5
Leermessung vor Aufguss 7		13,3	0,63	0,66	0,96	<0,060	<0,060	<0,031	0,31
Aufguss 7 hart Atembereich (S2 Citrus)	4	10,0	0,47	0,78	1,1	<0,080	<0,080	<0,040	0,63
Aufguss 7 hart vor der Bank (S2 Citrus)	4	10,0	0,45	-	1,0	<0,080	<0,080	<0,040	0,64

**Tabelle 31:** Phase 2, 10. März 2016, Messung AG

Zeitpunkt der Messung	Dosierung [ml/l]	Luft Vol. [Liter]	Gemessene Stoffe [mg/m <sup>3</sup> ]						
			Formaldehyd	Formaldehyd direkt-anzeigend	Acetaldehyd	Propionaldehyd	Butyraldehyd	2-Propanal	Aceton
	ml/l	Liter	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]
Leermessung vor Aufheizen		39,9	0,010	-	<0,020	<0,020	<0,020	<0,010	<0,020
Leermessung nach Lüften+Aufheizen		13,3	0,078	0,07	0,070	<0,060	<0,060	<0,031	0,066
Aufguss 8 hart Atembereich (J Citrus)	4	10,0	0,48	0,37	1,4	<0,080	<0,080	<0,040	0,30
Aufguss 8 hart vor der Bank (J Citrus)	4	10,0	0,47	-	1,4	<0,080	<0,080	<0,040	0,29
Leermessung vor Aufguss 9		13,3	0,27	0,28	0,41	<0,060	<0,060	<0,031	0,068
Aufguss 9 hart Atembereich (S1 Kräuter)	4	10,0	0,86	0,86	1,8	<0,080	<0,080	<0,040	1,2
Aufguss 9 hart vor der Bank (S1 Kräuter)	4	10,0	0,84	-	1,8	<0,080	<0,080	<0,040	1,2
Leermessung vor Aufguss 10		13,3	0,24	0,26	0,38	<0,080	<0,060	<0,031	0,10

Zeitpunkt der Messung	Dosierung [ml/l]	Luft Vol. [Liter]	Gemessene Stoffe [mg/m <sup>3</sup> ]						
			Formaldehyd	Formaldehyd direkt-anzeigend	Acetaldehyd	Propionaldehyd	Butyraldehyd	2-Propanal	Aceton
Aufguss 10 hart Atembereich <b>(S2 Citrus)</b>	30	10,0	0,60	0,59	1,1	<0,080	<0,080	<0,040	3,4
Aufguss 10 hart vor der Bank <b>(S2 Citrus)</b>	30	10,0	0,54	-	1,0	<0,080	<0,080	<0,040	3,1
Leermessung vor Aufguss 11		13,3	0,27	0,32	0,35	<0,060	<0,060	<0,031	0,56
Aufguss 11 hart Atembereich <b>(S1 Kräuter)</b>	30	10,0	0,66	0,51	3,2	0,13	<0,080	<0,040	4,2
Aufguss 11 hart vor der Bank <b>(S1 Kräuter)</b>	30	10,0	0,57	-	3,0	0,13	<0,080	<0,040	3,9
Leermessung vor Aufguss 12		13,3	0,74	0,64	1,0	<0,060	<0,060	<0,031	0,26
Aufguss 12 hart Atembereich <b>(J Citrus)</b>	30	10,0	2,0	2,98	10	0,54	0,085	0,043	1,9
Aufguss 12 hart vor der Bank <b>(J Citrus)</b>	30	10,0	1,9	-	9,5	0,52	0,081	0,042	1,8

**Tabelle 32:** Unterschiede zwischen „soft“ und „hart“ für Formaldehyd und Aceton bei geringer Dosierung (4 ml/m<sup>3</sup>)

Zeitpunkt der Messung	Dosierung	Formaldehyd	Formaldehyd direkt-anzeigend	Aceton	2016/539	Formaldehyd	Formaldehyd direkt-anzeigend	Aceton
	ml/l	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]		[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]
<b>25.02.2016</b>					<b>26.02.2016</b>			
Leermessung vor Aufheizen		<0,010	-	<0,019	Mehrere Aufgüsse soft, Dosierung 30 ml/ Liter	Siehe Tabelle 26.02.2016	Siehe Tabelle 26.02.2016	Siehe Tabelle 26.02.2016
Leermessung nach Lüften+ Aufheizen		0,13	0,13	0,11	Leermessung vor Aufguss 7	0,63	0,66	0,31
Aufguss 1 soft Atembereich <b>(S2 Citrus)</b>	4	0,25	0,26	1,6	Aufguss 7 hart Atembereich <b>(S2 Citrus)</b>	0,47	0,78	0,63
Aufguss 1 soft vor der Bank <b>(S2 Citrus)</b>	4	0,25	-	1,7	Aufguss 7 hart vor der Bank <b>(S2 Citrus)</b>	0,45	-	0,64
#	#	#	#	#	<b>10.03.2016</b>			
#	#	#	#	#	Leermessung vor Aufheizen	0,010	-	<0,020
Leermessung vor Aufguss 2		0,050	0,09	0,10	Leermessung nach Lüften+Aufheizen	0,078	0,07	0,066
Aufguss 2 soft Atembereich <b>(J Citrus)</b>	4	0,56	0,29	0,19	Aufguss 8 hart Atembereich <b>(J Citrus)</b>	0,48	0,37	0,30
Aufguss 2 soft vor der Bank <b>(J Citrus)</b>	4	0,58	-	0,20	Aufguss 8 hart vor der Bank <b>(J Citrus)</b>	0,47	-	0,29
Leermessung vor Aufguss 3		0,30	0,31	<0,060	Leermessung vor Aufguss 9	0,27	0,28	0,068
Aufguss 3 soft Atembereich <b>(S1 Kräuter)</b>	4	0,35	0,48	0,31	Aufguss 9 hart Atembereich <b>(S1 Kräuter)</b>	0,86	0,86	1,2
Aufguss 3 soft vor der Bank <b>(S1 Kräuter)</b>	4	0,32	-	0,30	Aufguss 9 hart vor der Bank <b>(S1 Kräuter)</b>	0,84	-	1,2

**Tabelle 33:** Vergleich der Aufgussart „soft“ und „hart“ für Formaldehyd und Aceton bei hoher Dosierung

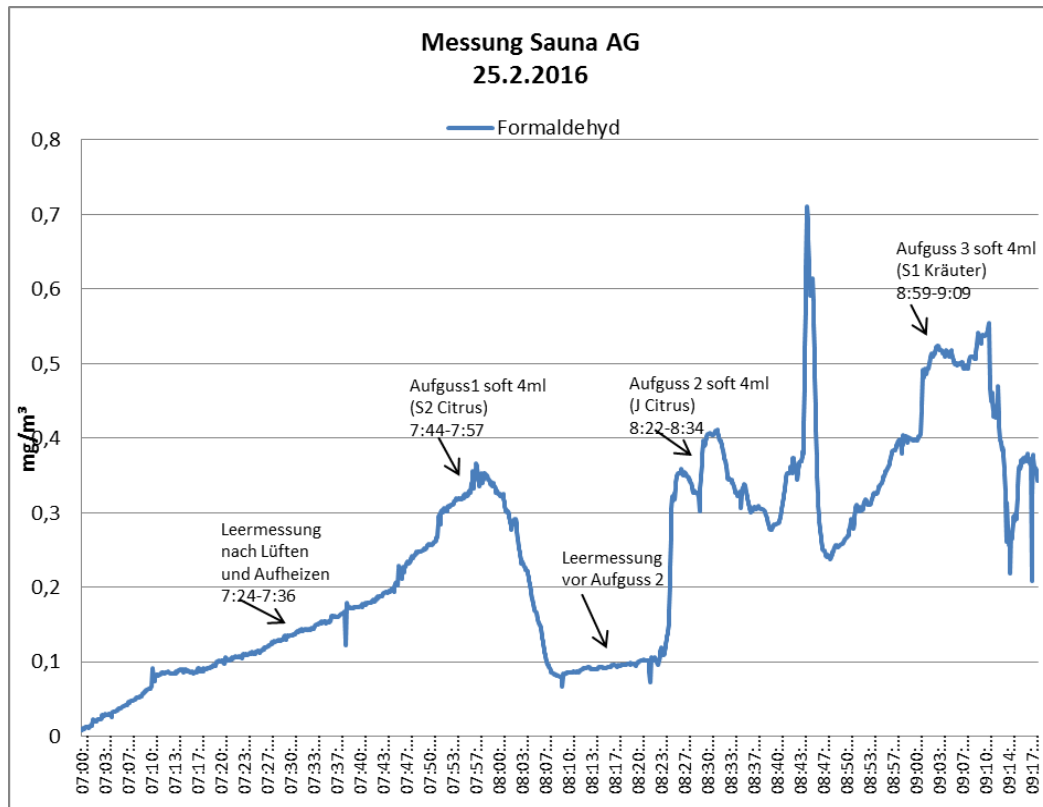
Zeitpunkt der Messung	Dosierung	Formaldehyd	Formaldehyd direkt-anzeigend	Aceton	2016/539	Formaldehyd	Formaldehyd direkt-anzeigend	Aceton
	ml/l	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]		[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]
<b>26.02.2016</b>					<b>10.03.2016</b>			
					Mehrere Aufgüsse hart Dosierung 4 ml/ Liter	Siehe Tabelle 10.03.2016	Siehe Tabelle 10.03.2016	Siehe Tabelle 10.03.2016
Leermessung nach Lüften+Aufheizen		0,053	0,05	<0,060	Leermessung vor Aufguss 10	0,24	0,26	0,10
Aufguss 4 soft Atembereich <b>(S2 Citrus)</b>	30	0,55	0,47	6,6	Aufguss 10 hart Atembereich <b>(S2 Citrus)</b>	0,60	0,59	3,4
Aufguss 4 soft vor der Bank <b>(S2 Citrus)</b>	30	0,61	-	7,2	Aufguss 10 hart vor der Bank <b>(S2 Citrus)</b>	0,54	-	3,1
Leermessung vor Aufguss 5		0,14	0,24	0,49	Leermessung vor Aufguss 11	0,27	0,32	0,56
Aufguss 5 soft Atembereich <b>(J Citrus)</b>	30	2,1	1,38	0,93	Aufguss 11 hart Atembereich <b>(S1 Kräuter)</b>	0,66	0,51	4,2
Aufguss 5 soft vor der Bank <b>(J Citrus)</b>	30	2,2	-	0,90	Aufguss 11 hart vor der Bank <b>(S1 Kräuter)</b>	0,57	-	3,9
Leermessung vor Aufguss 6		1,5	1,13	0,12	Leermessung vor Aufguss 12	0,74	0,64	0,26
Aufguss 6 soft Atembereich <b>(S1 Kräuter)</b>	30	0,70	1,52	1,5	Aufguss 12 hart Atembereich <b>(J Citrus)</b>	2,0	2,98	1,9
Aufguss 6 soft vor der Bank <b>(S1 Kräuter)</b>	30	0,70	-	1,5	Aufguss 12 hart vor der Bank <b>(J Citrus)</b>	1,9		1,8

**Anmerkung zu grünen und gelben Markierungen:** am 10.03. wurden die beiden letzten Aufgüsse der Reihe „hart, 30ml“ in umgekehrter Reihenfolge durchgeführt. Grund waren die hohen Konzentrationen die sich bei J Citrus (gelb) in den vorangegangenen Versuchen zeigten. Die Reihenfolge wurde in der Originaltabelle beibehalten, um die Grundbelastungen (Leermessungen) richtig zuordnen zu können.

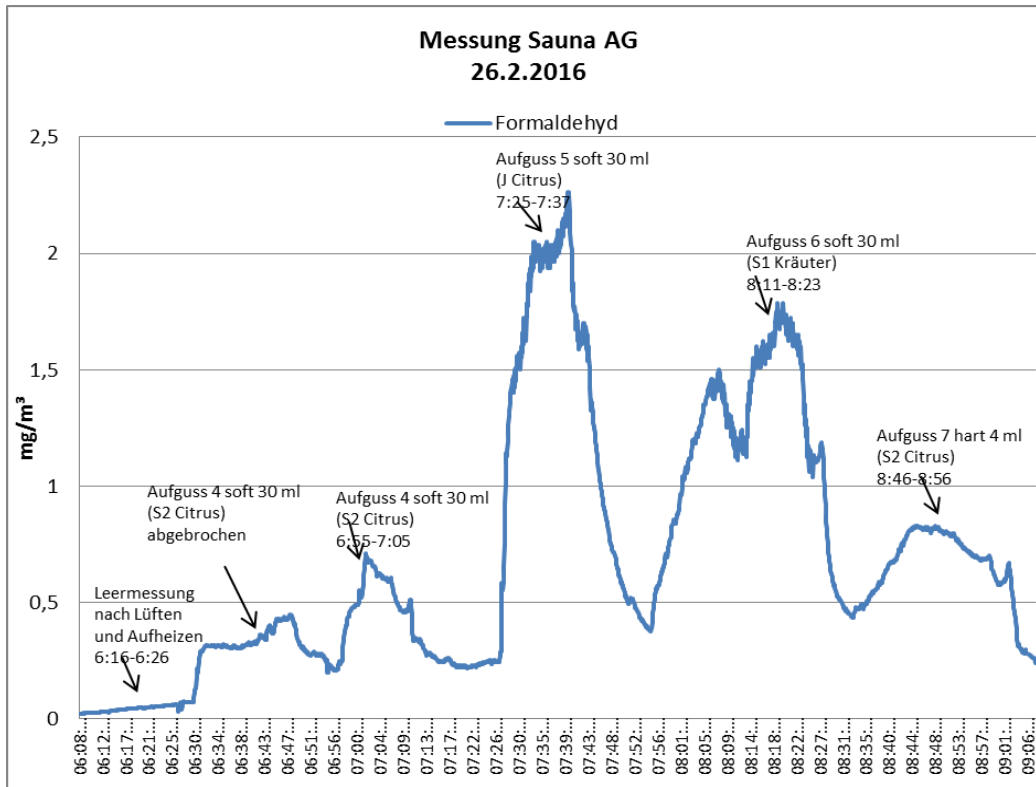


## 10.7 Konzentrationsverläufe der direktanzeigenden Messungen

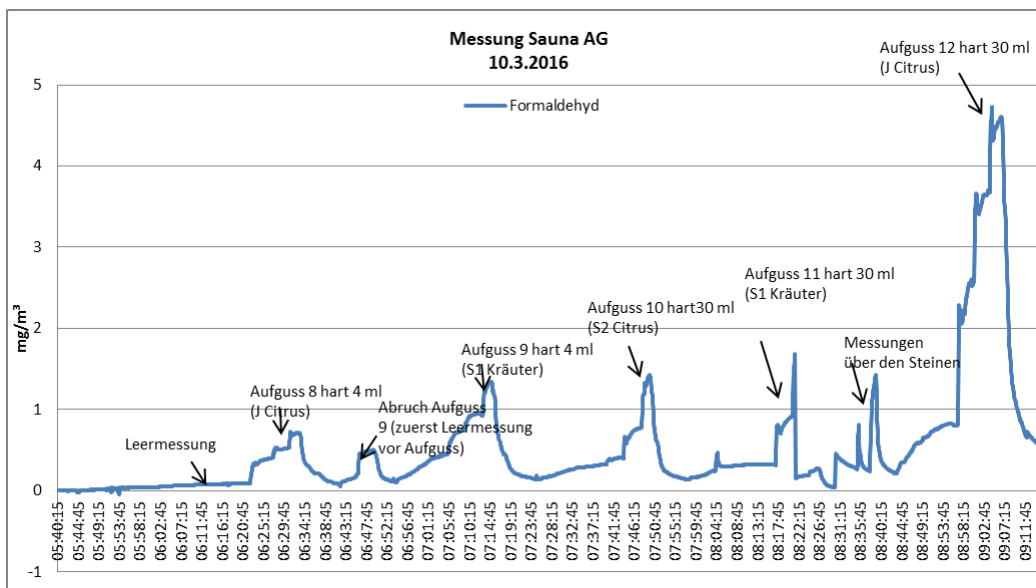
Die Angabe „ml“ in den Grafiken bedeutet die jeweils verwendete Menge des Aufgussmittels in ml pro Liter Aufgusswasser. Verwendet wurden immer 4,5 Liter Aufgusswasser pro Aufgussritual (drei Einzelaufgüsse).



**Abbildung 13:** Aufgüsse 1- 3, jeweils 4 ml Aufgussmittel/ Liter Aufgusswasser, Aufgüsse soft



**Abbildung 14:** Aufgüsse 4- 7, 4 ml bzw. 30 ml Aufgussmittel/ Liter Aufgusswasser, Aufgüsse soft und hart



**Abbildung 15:** Aufgüsse 8- 12, 4 ml bzw. 30 ml Aufgussmittel/ Liter Aufgusswasser, Aufgüsse hart

## 10.8 Zusätzliche Auswertungen und Messungen

**Tabelle 34:** Vergleich der Aldehydkonzentrationen bei den Leermessungen vor dem Aufheizen (Phase 1 und Phase 2), Messdauer 30 Minuten, Probenahme am Saunaofen

Datum	Sauna	Gemessene Stoffe [mg/m <sup>3</sup> ]					
		Form- aldehyd	Acet- aldehyd	Propion- aldehyd	Butyr- aldehyd	2-Propenal	Aceton
07.09.2015	AT <sup>14</sup>	<0,12	<0,24	<0,24	<0,24	<0,12	<0,24
09.09.2015	MM	0,041	<0,060	<0,060	<0,060	<0,031	<0,060
10.09.2015	FS	<0,031	<0,060	<0,060	<0,060	<0,031	<0,060
25.02.2016	AG	<0,010	<0,019	<0,019	<0,019	<0,010	<0,019
26.02.2016 <sup>15</sup>	#	#	#	#	#	#	#
10.03.2016	AG	0,010	<0,020	<0,020	<0,020	<0,010	<0,020

<sup>14</sup> Die Bestimmungsgrenze wurde durch den Probenahmevolumenstrom vorgegeben. Die Volumenströme wurden bei den Folgemessungen erhöht, wodurch geringere Bestimmungsgrenzen möglich wurden.

<sup>15</sup> Am 26.2.2016 wurde keine Messung vor dem Aufheizen durchgeführt

**Tabelle 35:** Vergleich der Aldehydkonzentrationen bei den Leermessungen nach dem Aufheizen vor dem ersten Aufguss (Phase 1 und Phase 2), Messdauer 10 Minuten, Probenahme am Saunaofen

Datum	Sauna	Gemessene Stoffe [mg/m <sup>3</sup> ]						
		Formaldehyd	Formaldehyd direktanzeigend	Acetaldehyd	Propionaldehyd	Butyraldehyd	2-Propenal	Aceton
07.09.2015	AT	0,081	Nicht ermittelt	<0,12	<0,12	<0,12	<0,061	<0,12
09.09.2015	MM	0,28	Nicht ermittelt	0,4	<0,060	<0,060	<0,031	<0,060
10.09.2015	FS	0,058	Nicht ermittelt	0,093	<0,060	<0,060	<0,031	0,21
25.02.2016	AG	0,13	0,13	0,16	<0,050	<0,050	<0,025	0,11
26.02.2016	AG	0,053	0,05	0,072	<0,060	<0,060	<0,031	<0,060
10.03.2016	AG	0,078	0,07	0,070	<0,060	<0,060	<0,031	0,066

**Tabelle 36:** Vergleich der Formaldehydkonzentrationen bei den Leermessungen zwischen den Aufgüssen (Phase 1 und Phase 2), Messdauer 10 Minuten, Probenahme am Saunaofen

**Zeitpunkt der Messungen:** Leermessungen nach dem Lüften und Aufheizen, jeweils vor dem nächsten Aufguss, in der Reihenfolge des Auftretens

Datum/ Phase	Sauna	Formaldehyd	Formaldehyd direktanzeigend (Mittelwert)
		[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]
07.09.2015/ Phase 1	AT	0,1; 0,12; 0,12; 0,21; 0,15; 0,059	Nicht ermittelt
09.09.2015/ Phase 1	MM	0,15; 0,15; 0,14; 0,17; 0,13; 0,17; < 0,031	Nicht ermittelt
10.09.2015/ Phase 1	FS	0,055; 0,067; 0,082; 0,11; 0,061; 0,052	Nicht ermittelt
25.02.2016/ Phase 2	AG	0,050; 0,30	0,09; 0,31
26.02.2016/ Phase 2	AG	0,053; 0,14; 1,5; 0,63	0,05; 0,24; 1,1; 0,66
10.03.2016/ Phase 2	AG	0,27; 0,24; 0,27; 0,74	0,28; 0,26; 0,32; 0,64