

# Saunaaufgüsse: Thermische Reaktionsprodukte und (Formaldehyd-)Exposition

W. Wegscheider, B. Heinrich, A. Albrecht, H. Assenmacher, D. Fendler, H. Kübler, G. Naujoks, B. Scheibner

**Zusammenfassung** Saunaaufgüsse mit aromatisierten Aufgusswässern werden in vielen gewerblichen Saunabetrieben angeboten. Laboruntersuchungen stellten Zersetzungs- und Oxidationsprodukte der für die Aufgüsse eingesetzten Aromen bei Temperaturen ab 200 °C fest. Formaldehyd wurde als wesentlicher, arbeitsplatzbezogener Stoff identifiziert. Arbeitsplatzmessungen zeigten, dass Formaldehyd als Grundbelastung in den Saunaräumen durch die verbauten Materialien vorhanden ist und zusätzlich durch die Aufgüsse im Kontakt mit den heißen Oberflächen des Saunaofens entsteht. Wurden einschlägige Anwendungsempfehlungen der Hersteller und der Deutschen Gesellschaft für das Badewesen beachtet, konnten der Arbeitsplatzgrenzwert und der Kurzzeitwert für Formaldehyd eingehalten werden. Überdosierungen und schnelle Aufgüsse sowie Ofenkonstruktionen, bei denen das Aufgusswasser sehr heiße Oberflächen bis 450 °C erreichen konnte, führten zu höheren Formaldehydkonzentrationen.

## Pouring of blended water on hot stones in saunas: thermal reaction products and (formaldehyde) exposure

**Abstract** In many commercial saunas, blended water is poured ritually on hot stones. Laboratory studies have detected decomposition and oxidation products of organic components used in blended water at temperatures of 200 °C and higher. Formaldehyde was identified as a substance of relevance to workplaces. Workplace measurements showed that background exposure to formaldehyde occurs owing to its presence in materials used in sauna furnishings, and that exposure also arises through contact between blended water and hot surfaces of the sauna oven. Provided the relevant recommendations for use issued by the manufacturers and by the German Society for Bathing (DGfB) were followed, the occupational exposure limit and the short-time value for formaldehyde were observed. Excessively high concentrations, rapid pouring, and sauna oven designs in which poured water was able to reach very hot surfaces with temperatures up to 450 °C, gave rise to higher formaldehyde concentrations.

### 1 Einleitung

Um Saunagästen ein besonderes Erlebnis zu bieten, werden in gewerblichen Saunen häufig Aufgusszeremonien

Dipl.-Ing. Wolfgang Wegscheider, Günter Naujoks, Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW), Köln.

Dipl.-Ing. Birgit Heinrich, Heinz Assenmacher, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin.

Dr. rer. nat. Andreas Albrecht, Hans Kübler,

Dipl.-Ing. Bernhard Scheibner, DGUV Fachbereich Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege, Sachgebiet Bäder, München.

Dipl.-Ing. Dirk Fendler, Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM), Köln.

durchgeführt. Dazu werden konzentrierte Saunaaufgussmittel, überwiegend ätherische Öle, in der Regel gelöst in Ethanol und/oder 2-Propanol, mit Wasser zum Aufgusswasser verdünnt. Dieses wird 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 bis 250 °C. Das Aufgusswasser verdampft beim Auftreffen auf die oben liegenden Steine zum großen Teil, gelangt aber teilweise 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 Aceton, die in die Saunaluft gelangen. Die Freisetzung von Formaldehyd spielt wegen der Einstufung nach der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 [1] 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. Bei sechs Aufgusszeremonien mit einer jeweiligen Dauer von bis zu zehn Minuten sind die Beschäftigten pro Arbeitsschicht bis zu einer Stunde exponiert.

Erste Arbeitsplatzmessungen (Pilotphase) ließen vermuten, dass die Aufgusswässer unter bestimmten Rahmenbedingungen erhöhte Formaldehydkonzentrationen verursachen. Das Sachgebiet Bäder der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) griff die Thematik auf und initiierte ein Projekt der DGUV zur Ermittlung der Gefahrstoffexposition des Saunapersonals beim Ausbringen des Aufgusswassers auf die heißen Steine im Saunaofen (Hauptphase). Das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) führte Emissionsuntersuchungen mit Aufgussmitteln durch. Die Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW) ermittelte die Gefahrstoffe am Arbeitsplatz bei nachgestellten Aufgusszeremonien in Saunen, ergänzt durch Temperaturmessungen der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM). Mit dieser Arbeit sollte ermittelt werden, welche Gefahrstoffemissionen ausgewählte Aufgussmittel bei festgelegten Temperaturen (angefangen bei Raumtemperatur und dann in definierten Temperaturschritten bis 500 °C) verursachen und welchen Gefahrstoffkonzentrationen beziehungsweise welchen Expositionen die Beschäftigten beim Ausbringen des Aufgusswassers auf die heißen Saunasteine im Saunaraum ausgesetzt sind.

### 2 Gefahrstoffe

In den verfügbaren Sicherheitsdatenblättern (SDB) der Aufgussmittel waren diverse Aromen und Lösungsmittel als Gefahrstoffe deklariert. Reaktionsprodukte wurden in den SDB nicht aufgeführt. Teilweise wurde darauf hingewiesen, dass starke Erhitzung zu vermeiden ist und keine Zersetzung bei bestimmungsgemäßer Verwendung erfolgt. Bei

Tabelle 1. Grenzwerte und Einstufungen von Formaldehyd.

| Bezeichnung<br>CAS-Nummer | TRGS 900                            |                           |             | Verordnung (EG) Nr. 1272/2008   |
|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------|---|
|                           | Arbeitsplatz-<br>grenzwert<br>(AGW) | Spitzenbe-<br>grenzung/ÜF | Bemerkungen | GHS-Einstufungen  |
| Formaldehyd<br>50-00-0    | 0,3 ppm<br>0,37 mg/m <sup>3</sup>   | 2 (I)                     | Y<br>X, Sh  | Karzinogenität, Kategorie 1B; H350<br>Keimzellmutagenität, Kategorie 2; H341<br>Akute Toxizität, Kategorie 3, Verschlucken *; H301<br>Akute Toxizität, Kategorie 3, Hautkontakt *; H311<br>Akute Toxizität, Kategorie 3, Einatmen *; H331<br>Ätzwirkung auf die Haut, Kategorie 1B; H314<br>Sensibilisierung der Haut, Kategorie 1; H317<br>* Mindesteinstufung<br>Der Stoff wurde durch die EU-Verordnung Nr. 605/2014 eingestuft. |

ÜF: Überschreitungsfaktor für die Kurzzeitbeurteilung

Y: ein Risiko der Fruchtschädigung braucht bei Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwerts nicht befürchtet zu werden

X: kanzerogener Stoff der Kat. 1A oder 1B, § 10 GefStoffV ist zu beachten

Sh: hautsensibilisierend

den praxisüblichen Aufgusszeremonien kommt das wässrig-verdünnte Aufgussmittel unvermeidlich in Kontakt mit den heißen Oberflächen der Heizgeräte und es können Zersetzung- und Oxidationsprodukte, wie Aldehyde und Aceton, entstehen. Der Fokus der Untersuchungen lag auf dem Stoff Formaldehyd (Tabelle 1) wegen seiner besonderen, gefährlichen Eigenschaften und dem niedrigen Arbeitsplatzgrenzwert nach der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 900 [2].

### 3 Methoden

Laboruntersuchungen ermittelten die Gefahrstoffemissionen unverdünnter Aufgussmittel bei verschiedenen Temperaturen. Analytisch bestimmt wurden die Aldehyde Formaldehyd, Acetaldehyd, Propionaldehyd, Butyraldehyd und Acrylaldehyd sowie das Keton Aceton, das durch Oxidation insbesondere aus dem Lösemittel 2-Propanol entstehen kann. Die Emissionen wurden bei Raumtemperatur und bei definierten höheren Temperaturen zwischen 200 und 500 °C ermittelt. Für die Luftprobenahme kamen als Probenträger mit 2,4-Dinitrophenylhydrazin (DNPH) imprägnierte Silikagel-Kartuschen und eine geeignete Probenahmepumpe zum Einsatz. Die anschließende Analytik mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie und Dio-

denarray-Detektion (HPLC-DAD) wurde entsprechend den Vorgaben der Kennzahl 6045 aus der IFA-Arbeitsmappe [3] durchgeführt.

Bei Raumtemperatur wurden zunächst die Emissionen von 15 Aufgussmitteln untersucht, indem ein definiertes Volumen jedes Aufgussmittels in eine Petrischale gegeben und diese in einen Exsikkator gestellt wurde. Durch den Exsikkator wurde ein definiertes Luftvolumen auf zwei hintereinander geschaltete Probenträger gesaugt.

Der Schwerpunkt der Laboruntersuchungen lag auf Emissionsmessungen in einem Temperaturbereich von 200 bis 500 °C, da dieser die realen Temperaturbedingungen am Saunaofen widerspiegelt. Zur Ermittlung der Emissionen bei diesen Temperaturen wurde ein Keramikschiffchen in ein Keramikrohr gestellt und in einem Muffelofen auf definierte Temperaturen zwischen 200 und 500 °C erhitzt. Mithilfe eines Spritzenmotors und einer gasdichten Mikroliterspritze wurden 200 µl des Aufgussmittels innerhalb von vier Minuten in das Schiffchen dosiert. Durch das Keramikrohr wurde über einen Gesamtzeitraum von 20 min Luft mit 20 l/h über eine leere Waschflasche und mehrere hintereinander geschaltete Probenträger gesaugt (Bild 1). Zur Durchbruchkontrolle erfolgte die Aufarbeitung des letzten Probenträgers separat. Die restlichen Probenträger wurden gemeinsam in Reihe gegen die Saugrichtung eluiert.

Die Arbeitsplatzmessungen (Gefahrstoff- und Temperaturmessungen) fanden unter dokumentierten Rahmenbedingungen in sieben Saunaräumen ohne Saunagäste statt. Die technische Ausstattung der Räume variierte hinsichtlich Bauform und Innenausstattung, Raumvolumen, Lüftung, Heizgeräten (Saunaöfen), Steinarten und Anzahl der Steinschichten auf den Heizgeräten (Tabelle 2).

In der Pilotphase wurden die Raumtemperaturen in den Saunaräumen an den eingebauten Thermometern abgelesen. Genauere und erweiterte Temperaturmessungen wurden in der Hauptphase durchgeführt. Die Raumtemperatur an den Messstellen wurde mit einem Digitalthermometer (Ahlborn FH646-R) gemessen. Mit einer kalibrierten Wärmebildkamera (Testo 880) wurden die Temperaturen der „sichtbaren“ Oberflächen an den Heizgeräten der Saunaräume 4 bis 7 als Temperaturprofile in Wärmebildaufnahmen dargestellt. Ein Kontaktthermometer (Infrarot-

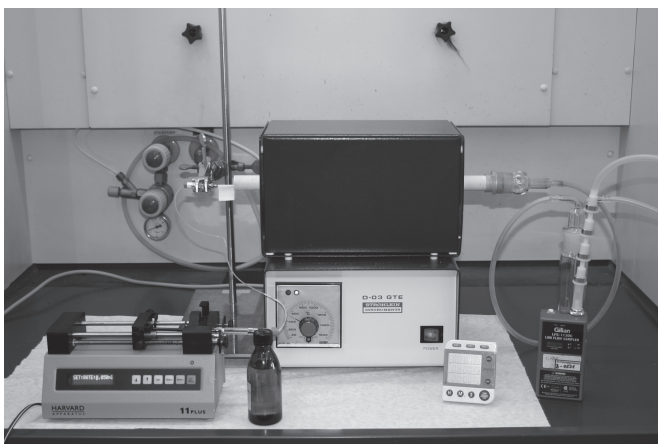


Bild 1. Versuchsaufbau der Emissionsmessungen bei Temperaturen ab 200 °C.

Tabelle 2. Rahmenbedingungen in den Saunen.

| Messung                           | Saunaraum   |                              |  | Heizgerät  |   |
|-----------------------------------|---|------------------------------|--|--|---|
|                                   | Bauform<br>Innenausstattung   | Volumen<br>in m <sup>3</sup> | Lüftung<br>Art<br>Luftwechsel (LW)<br>in h <sup>-1</sup><br>Luftführung          | Typ,<br>Hersteller<br>Heizleistung in<br>kW            | Steinschichten<br>Steinarten,<br>Auflage<br>Temperatur Auflage<br>Temperatur oberste Schicht  |
| <b>Pilotphase<br/>Saunaraum 1</b> | Innenliegender Saunaraum,<br>Natursteinboden,<br>Isolierung: Kork,<br>Decke: Fichtenholz,<br>Wände: Holzrundstämme,<br>Bänke: Abachiholz  | 85                           | Technische Zuluft<br>Keine weiteren<br>Angaben                                   | Elektroofen,<br>EOS G36, 2012,<br>36                   | Schichten: keine Angaben,<br>Steinart: Olivin Diabas kantig,<br>Auflage: geschlossenes Stahl-<br>blech mit Aufkantung   |
| <b>Pilotphase<br/>Saunaraum 2</b> | Innenliegender Saunaraum,<br>Natursteinboden,<br>Isolierung: Kork,<br>Decke: Fichtenholz,<br>Wände: Holzrundstämme,<br>Bänke: Abachiholz  | 53                           | Konvektion<br>Fenster und Tür  | Elektroofen,<br>EOS G36, 2012,<br>36                   | Schichten: keine Angaben,<br>Steinart: Olivin Diabas kantig,<br>Auflage: geschlossenes Stahl-<br>blech mit Aufkantung   |
| <b>Pilotphase<br/>Saunaraum 3</b> | Innenliegender Saunaraum,<br>Natursteinboden,<br>Isolierung: Kork,<br>Decke: Fichtenholz,<br>Wände: gemauert mit Fichten-<br>halbbrundbrettern verkleidet,<br>Bänke: Abachiholz | 22                           | Konvektion<br>Fenster und Tür  | Elektroofen,<br>EOS Z6, 2015,<br>21                    | Schichten: keine Angaben,<br>Steinart: Olivin Diabas kantig,<br>Auflage: geschlossenes Stahl-<br>blech mit Aufkantung   |
| <b>Hauptphase<br/>Saunaraum 4</b> | freistehende Blockhütte im<br>Außengelände, Steinboden,<br>Decke: Vollholz,<br>Wände: Vollholz,<br>Holzarten: keine Angaben   | 82                           | Konvektion<br>LW: 3,6<br>Zuluft: Tür<br>Abluft: Decke                            | Elektroofen,<br>Klafs Doppel-<br>ofen                  | Schichten: acht<br>Steinart: Natursandstein Granit,<br>Auflage: geschlossenes Stahl-<br>blech mit Aufkantung,<br>Temperatur Auflagefläche:<br>ca. 450 °C<br>Temperatur oberste Schicht:<br>100 bis 150 °C |
| <b>Hauptphase<br/>Saunaraum 5</b> | gemauerter Raum mit Holzver-<br>kleidung innenliegend/Stein-<br>boden, vier Holzwände und<br>-decke,<br>Holzarten: keine Angaben  |                              | Konvektion<br>LW: 2 bis 2,8<br>Zuluft: hinter Ofen<br>und Tür<br>Abluft: Tür     | Elektroofen<br>EOS 346, 2001,<br>2 x 18                | Schichten: zwei bis drei,<br>Steinart: Granit,<br>Auflage: nebeneinanderliegende<br>Ablaufrinnen,<br>Temperatur Ablaufrinne:<br>ca. 450 °C<br>Temperatur oberste Schicht:<br>150 bis 250 °C               |
| <b>Hauptphase<br/>Saunaraum 6</b> | gemauertes Haus freistehend im<br>Außenbereich, Steinboden,<br>Decke: Vollholz,<br>zwei Wände: Vollholz, zwei<br>Glasfronten<br>Holzarten: keine Angaben                        | 50                           | Konvektion<br>LW: 1,5 bis 1,6<br>Öffnung in der<br>Außenwand,Tür                 | Gasofen<br>Infra Heat<br>Techniek (NL),<br>1992,<br>48 | Schichten: zwei bis drei,<br>Steinart: Olivin Diabas-Granit,<br>Auflage: Blechgitter,<br>Temperatur Auflagefläche:<br>ca. 200 °C<br>Temperatur oberste Schicht:<br>100 bis 150 °C                         |
| <b>Hauptphase<br/>Saunaraum 7</b> | Blockhütte freistehend im<br>Außengelände, Steinboden,<br>Decke: Vollholz<br>drei Wände: Vollholz, eine Wand:<br>Glas,<br>Holzarten: keine Angaben                              | 97                           | Technische Zuluft<br>und Abluft<br>LW: 1,1 bis 1,7<br>Abluft: Tür<br>Zuluft: Tür | keine Angaben  | Schichten: drei,<br>Steinart: Granit,<br>Auflage: nebeneinanderliegende<br>Ablaufrinnen,<br>Temperatur Ablaufrinne:<br>ca. 450 °C<br>Temperatur oberste Schicht:<br>150 bis 250 °C                        |



Bild 2. Lüftung der Saunaräume.

thermometer Amir 7814-20S mit Berührungsthermometer) erfasste einzelne Temperaturpunkte in tieferen Schichten in Richtung Heizung.

In der Pilotphase der Arbeitsplatzmessungen (Saunaräume 1 bis 5) wurden die betriebsüblichen Bedingungen zugelassen, die beim Ausbringen von Aufgusswasser von den Vorgaben der Hersteller und den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für das Badewesen (DGfdB) [4] abwichen. In der Hauptphase wurden kontrollierte Bedingungen eingestellt. Bei diesen Aufgüssen wurden die Aufgussmittel in einer Untersuchungsreihe nach den Herstellerangaben dosiert und nach den Empfehlungen der DGfdB angewandt (Saunaräume 4 bis 6). In einer zweiten Untersuchungsreihe wurden davon abweichende Bedingungen gewählt (Saunaraum 7).

In beiden Untersuchungsphasen war der Ablauf der Aufgusszeremonie identisch: Der Saunameister mischte außerhalb des Saunaraums eine definierte Menge des Aufgussmittels mit Wasser zum Aufgusswasser. Aufgussmittel von fünf Herstellern mit in Deutschland beliebten Duftrichtungen wurden exemplarisch verwendet. Die Dosierempfehlungen der Hersteller variierten von 4 bis 30 ml/l. Die reinen Alkohole (2-Propanol, Ethanol) wurden ebenfalls mit Wasser zu Aufgusswässern verdünnt und zum Vergleich eingesetzt.

Vor und zwischen den Aufgüssen mit verschiedenen Aufgussmitteln wurden die Saunaräume jeweils belüftet. In der Pilotphase brachte der Saunameister durch Schwingen des Handtuchs bei geöffneter Saunatur ca. ein bis zwei Minuten frische Außenluft in den Saunaraum ein. In der Hauptphase kamen leistungsstarke Ventilatoren zum Einsatz (Bild 2).

Die daraufhin folgende Aufgusszeremonie bestand pro Aufgussmittel aus jeweils drei Einzelaufgüssen mit insgesamt fünf Liter Aufgusswasser. Je Einzelaufguss goss der Saunameister mit einer Schöpfkelle dreimal nacheinander ca. 500 ml Aufgusswasser über die heißen Steine und verteilte den entstehenden Dampf mit einem Hilfsmittel (Handtuch, Wedel) im Saunaraum.



Bild 3. Messstellen: Person (Atembereich Aufgießer) und Bank.

Die Aufgusswässer wurden in der Pilotphase schnell ausgebracht, in 3 s pro Schöpfkelle (harte Aufgüsse). In der Hauptphase wurde sowohl schnell (3 s) als auch langsam (10 s) aufgegossen (softe Aufgüsse). In der Hauptphase wurden auch die Dosierungen variiert. Die Expositionsdauer für eine Aufgusszeremonie betrug in der Pilotphase fünf bis sechseinhalb Minuten, in der Hauptphase zehn Minuten. Die spezifisch ausgebrachte Menge, auf das Raumvolumen des Saunaraums bezogen, lag in der Hauptphase bei maximal ca. 30 g Aufgusswasser/m<sup>3</sup> Raumvolumen je Aufguss, entsprechend der maximalen vom Deutschen Saunabund empfohlenen Menge, die in der Richtlinie der DGfdB veröffentlicht ist.

Die Gefahrstoffmessungen erfolgten mit aktiver Probenahme nach den Vorgaben der IFA-Arbeitsmappe (Luftprobenahmepumpe und mit 2,4-DNPH imprägnierte Silikagel-Kartuschen). Die Probenahmepumpen befanden sich während der Messungen außerhalb des Saunaraums und waren mit Schläuchen über eine Waschflasche mit den Probenträgern im Saunaraum verbunden. Die Temperatur der in die Pumpe gelangten Prüfluft lag bei ca. 30 °C und somit unterhalb der maximal zulässigen Betriebstemperatur von 40 °C; eine Korrektur des Luftvolumens erfolgte nicht. Mehrere Kartuschen (laut Hersteller geeignet für Temperaturen bis 100 °C) wurden hintereinandergeschaltet und zur Durchbruchkontrolle einzeln ausgewertet.

Die Probenträger waren im Saunaraum stationär auf Stativen angebracht. Eine Probenahmestelle lag möglichst nahe am Atembereich eines Aufgießers (Messstelle Person), eine weitere Probenahmestelle auf der mittleren Sitzreihe für Saunagäste, ca. 50 cm über der Sitzfläche (Messstelle Bank) (Bild 5).

Vor Beginn der Aufgüsse wurde an der Messstelle Person die Grundbelastung für Aldehyde und Aceton vor und nach dem Aufheizen des Saunaraums ermittelt. Während der Aufgüsse wurden die Luftproben an der Messstelle Person und der Messstelle Bank genommen. Die Messdauer entsprach der Aufenthaltsdauer des Aufgießers im Saunaraum und somit der Expositionsdauer. Nach Belüftung des Saunaraums wurde vor jeder neuen Aufgusszeremonie die jeweils aktuelle Grundbelastung im aufgeheizten Saunaraum gemessen.

In der Hauptphase wurden Luftwechselfmessungen in den Saunaräumen 4 bis 7 durchgeführt. Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) wurde in den aufgeheizten Saunaraum eingeleitet und mit einem Ventilator verteilt. Der abnehmende Kon-

zentrationenverlauf wurde mit einem fotoakustischen Infrarotanalysator (Innova B&K 1302) ermittelt und der jeweilige Luftwechsel wurde berechnet.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Literaturrecherche

Zunächst wurden im Rahmen einer Literaturrecherche die vorhandenen Informationen zusammengestellt. Die ausgewerteten Publikationen beschreiben die Grundbelastung der Luft in Saunaräumen, gesundheitliche Belastungen durch Aufgüsse und organisatorische Maßnahmen zur Reduzierung der Exposition.

#### 4.1.1 Grundbelastung

Eine Formaldehydgrundbelastung kann schon durch Emissionen aus den in Saunaräumen eingebauten Hölzern (Massivholz oder verleimtes Holzprodukt) entstehen [5]. Grenzwerte sollen sich zum Schutz der Saunagäste an den Richtwerten der Weltgesundheitsorganisation orientieren (Halbstundenmittelwert: maximal  $0,1 \text{ mg/m}^3$ ). Um diese einhalten zu können, werden für Saunaräume Einbaumaterialien mit geringen Formaldehydemissionen und sechs Raumlufthwechsell pro Stunde gefordert [6].

#### 4.1.2 Gesundheitliche Belastungen

Neben den Belastungen durch Hitze werden in einigen Publikationen auch gesundheitliche Effekte im Zusammenhang mit Aufgüssen dargestellt [7; 8]. Beschäftigte berichteten über Augenbrennen, Augentränen, Hautrötung, Hautpöckchen, trockene Haut und Hustenreiz. Aus dermatologischer Sicht ist laut [8] ein Risiko der Hautsensibilisierung nicht auszuschließen.

#### 4.1.3 Organisatorische Maßnahmen

Die DGfdB hat Empfehlungen für die Durchführung von Aufgüssen zum Zweck eines gesundheitsfördernden Saunabads herausgegeben. Die Empfehlungen behandeln auch arbeitsschutzrelevante Aspekte, wie die Art des Aufgusses (das Aufgusswasser soll vorsichtig auf die heißen Steine des Heizgerätes verteilt werden), die maximal ausgebrachte Menge ( $30 \text{ g Aufgusswasser/m}^3 \text{ Saunaraum}$ ) und die maximale Aufenthaltsdauer von zehn Minuten pro Aufguss [4]. Aufgüsse sollen nach [8] nur von speziell ausgebildeten Personen durchgeführt werden.

### 4.2 Laboruntersuchungen

Die Emissionsmessungen im IFA-Labor zeigten, dass bei Raumtemperatur aus den Saunaaufgussmitteln keine nennenswerten Aldehyd- und Acetonemissionen entstanden. Überwiegend lagen die Analysenergebnisse unter den Bestimmungsgrenzen des Analysenverfahrens. Die maximale Formaldehydemission betrug  $0,0004 \text{ mg/ml Aufgussmittel}$ .

Höhere Temperaturen lieferten wesentlich höhere Emissionen. Bei zwölf Aufgussmitteln sowie bei Ethanol und 2-Propanol lag die Emission bei  $300 \text{ °C}$  je nach Aufgussmittel zwischen  $0,04$  bis  $0,4 \text{ mg Formaldehyd/ml Aufgussmittel}$ . Bei  $500 \text{ °C}$  wurde im Mittel die ca. 30-fache Formaldehydmenge emittiert. Die reinen Alkohole Ethanol und 2-Propanol emittierten geringere Formaldehydmengen als die Aufgussmittel, in denen sie als Hauptkomponente (Lösungsmittel) vorhanden sind. Aufgrund oxidativer Vorgänge

weist 2-Propanol erwartungsgemäß die höchste Acetonemission aller untersuchten Substanzen bei  $500 \text{ °C}$  auf und Ethanol die höchste Konzentration an Acetaldehyd (Tabelle 3).

Drei ausgewählte Aufgussmittel (H1/Citrus, H5/Kräuter und H2/Citrus) wurden in Temperaturschritten von  $50 \text{ K}$  zwischen  $200$  und  $400 \text{ °C}$  erhitzt, um den Anstieg der Emission in Abhängigkeit von der Temperatur zu untersuchen. Erwartungsgemäß erhöhten sich die Emissionen von Aldehyden und Aceton durch Pyrolyse und Oxidation mit zunehmender Temperatur exponentiell (Bild 4).

### 4.3 Arbeitsplatzmessungen

Das bei Saunaaufgüssen auf die aufgeheizten Steine der Saunaöfen aufgebrachte Aufgusswasser kann je nach Bauform des Heizgeräts, Aufgussmenge und -geschwindigkeit auch auf tiefer liegende, heißere Oberflächen bis zur Auflagefläche der Steine unmittelbar über der Heizung durchfließen. Die Heizung kann bei Elektroheizgeräten über  $500 \text{ °C}$  erreichen. Die in der Hauptphase mit der Wärmebildkamera durchgeführten Temperaturmessungen ergaben für die oberen, sichtbaren Steinschichten Temperaturprofile zwischen  $100$  und ca.  $250 \text{ °C}$ . Die maximale Temperatur der Auflagefläche der Steine erreichte bei den elektrischen Heizgeräten ca.  $450 \text{ °C}$ . Die Heizgeräte in den Saunaräumen 5, 6 und 7 hatten bis zu drei Steinschichten. Das Aufgusswasser konnte bei diesen Heizgeräten die heißeren, tiefer liegenden Auflageflächen der Steine erreichen. Bei dem Heizgerät im Saunaraum 4 mit acht Steinschichten konnte die Flüssigkeit nicht bis zur Auflagefläche der Steine durchfließen. Bei dem Heizgerät im Saunaraum 6 (Gasheizung) konnte das Aufgusswasser ein großvolumiges Heizrohr ( $250 \text{ °C}$ ) erreichen, das von einem Gasbrenner außerhalb des Saunaraums über erhitzte Luft beheizt wurde (Tabelle 2).

Die Raumtemperaturen wurden an den Thermometern in den Saunaräumen und mit einem Digitalthermometer zwischen ca.  $70$  und  $100 \text{ °C}$  abgelesen. An den Probenahmestellen lagen die Temperaturen bei ca.  $70$  bis  $80 \text{ °C}$ .

Die für die Saunaräume ermittelten Luftwechsel (LW) lagen zwischen ca. einem und vier LW pro Stunde.

Die Messungen in der Pilotphase zeigten, dass die Konzentrationen der Aldehyde außer Formaldehyd unter der analytischen Bestimmungsgrenze bzw. bei ca.  $1 \%$  des jeweiligen Arbeitsplatzgrenzwerts lagen. Die Auswertungen beschränkten sich daher auf die Formaldehydkonzentrationen. Die Messergebnisse an der Messstelle Person und an der Messstelle Bank waren nahezu identisch mit Abweichungen  $< 10 \%$ . Daher werden nachfolgend nur die Werte angegeben, die an der Messstelle Person im Atembereich des Aufgießers ermittelt wurden.

Vor dem Aufheizen des Saunaofens lagen die Formaldehydkonzentrationen in den Saunaräumen zwischen  $< 0,01$  und  $0,04 \text{ mg/m}^3$ . Nach dem Aufheizen und vor den Aufgüssen lagen die Formaldehydgrundbelastungen zwischen  $0,05$  und  $0,37 \text{ mg/m}^3$ . Grundbelastungen waren vor den Aufgüssen immer vorhanden und steigerten sich bei aufeinander folgenden Aufgüssen, obwohl die Saunaräume in der Hauptphase zwischen den Aufgüssen über mehrere Minuten mit den Ventilatoren intensiv technisch be- und entlüftet wurden.

Um die realen Belastungen der Beschäftigten unter den gewählten Bedingungen zu dokumentieren, wurden die

Tabelle 3. Labormessungen: Aldehyd-/Acetonemissionen bei Temperaturen von 300 und 500 °C in mg/ml Aufgussmittel.

| Hersteller (codiert) und Duftstoff | Alkoholgehalt in % (E: Ethanol, P: 2-Propanol) <sup>1)</sup> | Temperatur in °C | Formaldehyd | Acetaldehyd | Butyraldehyd | 2-Propanal | Propionaldehyd | Aceton | Summe |
|------------------------------------|--|------------------|-------------|-------------|--------------|------------|----------------|--------|-------|
| 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    | 187   |
| H1/Kamille-Melisse                 | keine Angaben  | 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.  |
| H1/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     | 66    |
| H1/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     | 82    |
| H2/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     | 30    |
| H2/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     | 33    |
| H2/Eisminze                        | 94,5 P   | 300              | 0,3         | 0,03        | < 0,01       | < 0,01     | 0,02           | 0,3    | 0,65  |
|                                    |  | 500              | 3,4         | 8,9         | 0,09         | 0,05       | 0,39           | 55     | 68    |
| H2/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     | 57    |
| H2/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     | 59    |
| H3/Mandarine-Myrte                 | keine Angaben  | 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    | 53    |
| H4/Mango                           | keine Angaben  | 300              | 0,13        | 0,28        | < 0,01       | < 0,01     | 0,11           | 0,18   | 0,7   |
|                                    |  | 500              | 2           | 31          | 0,14         | 0,28       | 13             | 43     | 89    |
| H4/Eukalyptus                      | 50 E   | 300              | 0,06        | 0,11        | 0,03         | < 0,01     | 0,57           | 0,05   | 0,82  |
|                                    | 6 P  | 500              | 5,8         | 31          | 0,19         | 0,16       | 2,8            | 5,7    | 46    |
| H4/Citrus-Orange                   | keine Angaben  | 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    | 62    |

<sup>1)</sup> Herstellerangabe  
n.b.: nicht bestimmt

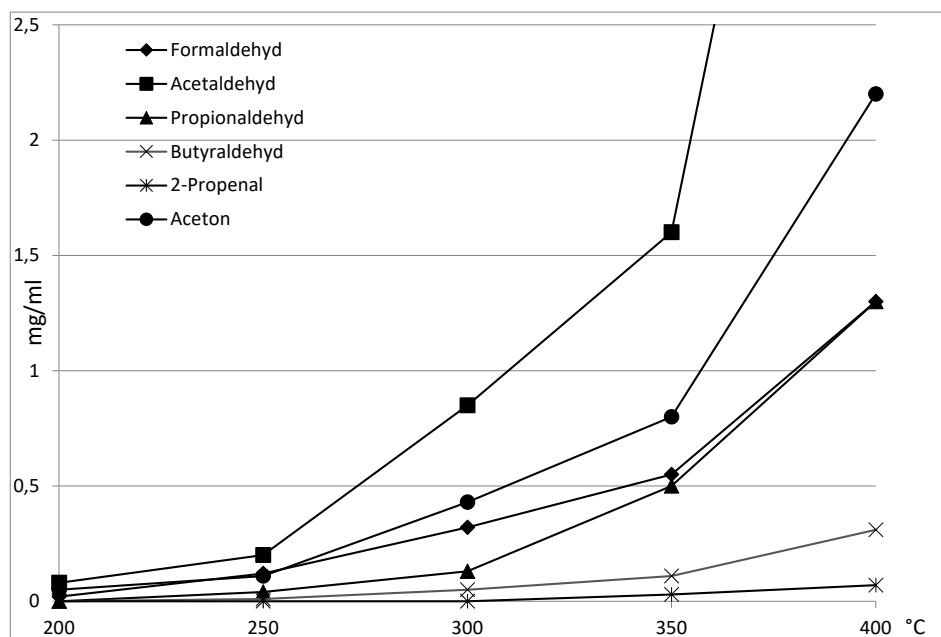


Bild 4. Labormessungen: Aldehyd- und Acetonemissionen des Aufgussmittels H1/Citrus in Abhängigkeit von der Temperatur.

gemessenen Formaldehydkonzentrationen zunächst unverändert, d. h. ohne Subtraktion der Grundbelastung, betrachtet: Bei den Aufgüssen in der Pilotphase unter den betriebsüblichen Bedingungen des Saunabetriebs (Saunaräume 1 bis 3) lagen die Formaldehydkonzentrationen im Atembereich des Aufgießers zwischen 0,56 und 2 mg/m<sup>3</sup>. In der Hauptphase ergaben sich unter Beachtung der Herstellerangaben zur Dosierung und der Empfehlungen der DGfdB (Saunaräume 4 bis 6) Formaldehydkonzentrationen zwischen 0,05 und 0,33 mg/m<sup>3</sup>. Bei Abweichungen von den Herstellerangaben zur Dosierung und von den Empfehlungen der DGfdB zu den Aufgussgeschwindigkeiten fanden sich bei Messungen im Saunaraum 7 für die Versuchsreihen mit

Tabelle 4. Gefahrstoffmessungen, Ergebnisse Formaldehyd, Messstellen Person (Atembereich Aufgießer) und Bank.

| Messphase                        | Sauna-<br>raum | Formaldehydkonzentration Grundlasten in mg/m <sup>3</sup> (Messstelle A) |                                       | Hersteller/<br>Aufguss-<br>mittel | Dosierung<br>des Aufguss-<br>wassers             | Art des Auf-<br>gießens | Probenahmeort               | Formaldehydkonzentration Aufgüsse in mg/m <sup>3</sup> |                 |   |
|----------------------------------|----------------|--|---------------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------|-----------------------------|--|-----------------|---|
|                                  |                | Vor dem Aufheizen  | Nach dem Aufheizen vor erstem Aufguss |                                   |  |                         |                             | A: Grundlast vor den jeweiligen Aufgüssen              | B: Beim Aufguss | Differenz B-A<br>Erhöhung durch den Aufguss |
| P = Pilotphase<br>H = Hauptphase |                |  |                                       |                                   | b = betriebsüblich<br>H = nach Herstellerangaben | h = hart<br>s = soft    | A = Atembereich<br>B = Bank |  |                 |   |
| P                                | 1              | 0,01   | 0,18                                  | H5/<br>Eukalyptus                 | b  | h                       | A                           | –  | 0,79            | –   |
|                                  |                |  |                                       | H5/<br>Birke                      | b  | h                       | A                           | –  | 1,1             | –   |
| P                                | 2              | 0,01   | 0,25                                  | H5/<br>Kräuter                    | b  | h                       | A                           | –  | 2,0             | –   |
|                                  |                |  |                                       | H5/<br>Eisminze                   | b  | h                       | A                           | –  | 0,95            | –   |
| P                                | 3              | 0,02   | 0,37                                  | H5/<br>Menthol                    | b  | h                       | A                           | –  | 0,56            | –   |
| H                                | 4              | –  | 0,08                                  | H2/<br>Eukalyptus                 | H  | s                       | A                           | 0,08   | 0,11            | 0,03  |
|                                  |                |  |                                       |                                   |  |                         | B                           |  | 0,10            | 0,02  |
|                                  |                |  |                                       | H2/<br>Citrus                     | H  | s                       | A                           | 0,10   | 0,22            | 0,12  |
|                                  |                |  |                                       |                                   |  |                         | B                           |  | 0,22            | 0,12  |
|                                  |                |  |                                       | H4/<br>Eukalyptus                 | H  | s                       | A                           | 0,12   | 0,14            | 0,02  |
|                                  |                |  |                                       |                                   |  |                         | B                           |  | 0,14            | 0,02  |
|                                  |                |  |                                       | H1/<br>Citrus                     | H  | s                       | A                           | 0,12   | 0,19            | 0,07  |
|                                  |                |  |                                       |                                   |  |                         | B                           |  | 0,20            | 0,08  |
| H1/<br>Eisminze                  | H              | s  | A                                     | 0,21                              | 0,21   | 0                       |                             |  |                 |   |
|                                  |                |  | B                                     |                                   | 0,19   | < 0                     |                             |  |                 |   |
| H                                | 5              | 0,04   | 0,28                                  | H2/<br>Eukalyptus                 | H  | s                       | A                           | 0,28   | 0,32            | 0,04  |
|                                  |                |  |                                       |                                   |  |                         | B                           |  | 0,32            | 0,04  |
|                                  |                |  |                                       | H2/<br>Citrus                     | H  | s                       | A                           | 0,15   | 0,23            | 0,08  |
|                                  |                |  |                                       |                                   |  |                         | B                           |  | 0,21            | 0,06  |
|                                  |                |  |                                       | H4/<br>Eukalyptus                 | H  | s                       | A                           | 0,15   | 0,16            | 0,01  |
|                                  |                |  |                                       |                                   |  |                         | B                           |  | 0,16            | 0,01  |
|                                  |                |  |                                       | H1/<br>Citrus                     | H  | s                       | A                           | 0,14   | 0,33            | 0,19  |
|                                  |                |  |                                       |                                   |  |                         | B                           |  | 0,32            | 0,18  |
|                                  |                |  |                                       | H1/<br>Eisminze                   | H  | s                       | A                           | 0,17   | 0,17            | 0   |
|                                  |                |  |                                       |                                   |  |                         | B                           |  | 0,16            | < 0   |
| H1/<br>Eisminze                  | H              | h  | A                                     | < 0,03                            | 0,03   | –                       |                             |  |                 |   |
|                                  |                |  | B                                     |                                   | 0,03   | –                       |                             |  |                 |   |

geringer Dosierung Formaldehydkonzentrationen zwischen 0,25 mg/m<sup>3</sup> (Aufguss soft) und 0,86 mg/m<sup>3</sup> (Aufguss hart) sowie bei Überdosierung zwischen 0,55 mg/m<sup>3</sup> (Aufguss soft) und 2,1 mg/m<sup>3</sup> (Aufguss soft) bzw. 2,0 mg/m<sup>3</sup> (Aufguss hart).

Für die Messungen unter kontrollierten Bedingungen in der Hauptphase wurden außerdem die lediglich durch die Aufgüsse verursachten Formaldehydkonzentrationen

berechnet. Hierzu wurden die direkt vor den jeweiligen Aufgüssen ermittelten Grundbelastungen von den gemessenen Formaldehydkonzentrationen abgezogen. Die so berechnete maximale durch den Aufguss verursachte Formaldehydkonzentration betrug 0,19 mg/m<sup>3</sup>, bei Abweichungen von den Herstellerangaben und den Empfehlungen der DGfdB bis zu 2,0 mg/m<sup>3</sup>. Trotz intensiver Belüftung der Saunaräume zwischen den Aufgüssen lagen die Grund-

| Messphase                        | Sauna-<br>raum | Formaldehydkonzentration Grundlasten in mg/m <sup>3</sup> (Messstelle A) |                                       | Hersteller/<br>Aufguss-<br>mittel | Dosierung<br>des Aufguss-<br>wassers             | Art des Auf-<br>gießens | Probenahmeort               | Formaldehydkonzentration Aufgüsse in mg/m <sup>3</sup> |                 |   |      |      |      |      |
|----------------------------------|----------------|--|---------------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------|-----------------------------|--|-----------------|---|------|------|------|------|
|                                  |                | Vor dem Aufheizen  | Nach dem Aufheizen vor erstem Aufguss |                                   |  |                         |                             | A: Grundlast vor den jeweiligen Aufgüssen              | B: Beim Aufguss | Differenz B-A<br>Erhöhung durch den Aufguss |      |      |      |      |
| P = Pilotphase<br>H = Hauptphase |                |  |                                       |                                   | b = betriebsüblich<br>H = nach Herstellerangaben | h = hart<br>s = soft    | A = Atembereich<br>B = Bank |  |                 |   |      |      |      |      |
| H                                | 6              | < 0,03   | 0,06                                  | H2/<br>Eukalyptus                 | H  | s                       | A                           | 0,06   | 0,05            | < 0   |      |      |      |      |
|                                  |                |  |                                       |                                   |  |                         | B                           |  | 0,04            | < 0   |      |      |      |      |
|                                  |                |  |                                       | H2/Citrus                         | H  | s                       | A                           | 0,06   | 0,04            | < 0   |      |      |      |      |
|                                  |                |  |                                       |                                   |  |                         | B                           |  | 0,04            | < 0   |      |      |      |      |
|                                  |                |  |                                       | H4/<br>Eukalyptus                 | H  | s                       | A                           | 0,07   | 0,10            | 0,03  |      |      |      |      |
|                                  |                |  |                                       |                                   |  |                         | B                           |  | 0,09            | 0,02  |      |      |      |      |
|                                  |                |  |                                       | H1/Citrus                         | H  | s                       | A                           | 0,08   | 0,16            | 0,08  |      |      |      |      |
|                                  |                |  |                                       |                                   |  |                         | B                           |  | 0,15            | 0,07  |      |      |      |      |
|                                  |                |  |                                       | H1/<br>Eisminze                   | H  | s                       | A                           | 0,11   | 0,07            | < 0   |      |      |      |      |
|                                  |                |  |                                       |                                   |  |                         | B                           |  | 0,07            | < 0   |      |      |      |      |
|                                  |                |  |                                       | H                                 | 7  | < 0,01                  | 0,13                        | H2/Citrus  | 4 ml/l          | s   | A    | 0,13 | 0,25 | 0,12 |
|                                  |                |  |                                       |                                   |  |                         |                             |  |                 |   | B    |      | 0,25 | 0,12 |
| H1/Citrus                        | 4 ml/l         | s  | A                                     |                                   |  |                         |                             | 0,05   | 0,56            | 0,51  |      |      |      |      |
|                                  |                |  | B                                     |                                   |  |                         |                             |  | 0,58            | 0,53  |      |      |      |      |
| H5/<br>Kräuter                   | 4 ml/l         | s  | A                                     |                                   |  |                         |                             | 0,30   | 0,35            | 0,05  |      |      |      |      |
|                                  |                |  | B                                     |                                   |  |                         |                             |  | 0,32            | 0,02  |      |      |      |      |
| -                                | 0,05           | H2/Citrus  | 30 ml/l                               |                                   |  |                         |                             | s  | A               | 0,05  | 0,55 | 0,50 |      |      |
|                                  |                |  |                                       |                                   |  |                         |                             |  | B               |   | 0,61 | 0,56 |      |      |
| H1/Citrus                        | 30 ml/l        | s  | A                                     |                                   |  |                         |                             | 0,14   | 2,1             | 2,0   |      |      |      |      |
|                                  |                |  | B                                     |                                   |  |                         |                             |  | 2,2             | 2,1   |      |      |      |      |
| H5/<br>Kräuter                   | 30 ml/l        | s  | A                                     |                                   |  |                         |                             | 1,5  | 0,70            | < 0   |      |      |      |      |
|                                  |                |  | B                                     |                                   |  |                         |                             |  | 0,70            | < 0   |      |      |      |      |
| H2/Citrus                        | 4 ml/l         | h  | A                                     |                                   |  | 0,63                    | 0,47                        | < 0  |                 |   |      |      |      |      |
|                                  |                |  | B                                     |                                   |  |                         | 0,45                        | < 0  |                 |   |      |      |      |      |
| 0,01                             | 0,08           | H1/Citrus  | 4 ml/l                                |                                   |  | h                       | A                           | 0,08   | 0,48            | 0,40  |      |      |      |      |
|                                  |                |  |                                       |                                   |  |                         | B                           |  | 0,47            | 0,39  |      |      |      |      |
| H5/äuter                         | 4 ml/l         | h  | A                                     |                                   |  | 0,27                    | 0,86                        | 0,59   |                 |   |      |      |      |      |
|                                  |                |  | B                                     |                                   |  |                         | 0,84                        | 0,57   |                 |   |      |      |      |      |
| H2/Citrus                        | 30 ml/l        | h  | A                                     |                                   |  | 0,24                    | 0,60                        | 0,36   |                 |   |      |      |      |      |
|                                  |                |  | B                                     |                                   |  |                         | 0,54                        | 0,30   |                 |   |      |      |      |      |
| H5/<br>Kräuter                   | 30 ml/l        | h  | A                                     | 0,27                              | 0,66   | 0,39                    |                             |  |                 |   |      |      |      |      |
|                                  |                |  | B                                     |                                   | 0,57   | 0,30                    |                             |  |                 |   |      |      |      |      |
| H1/Citrus                        | 30 ml/l        | h  | A                                     | 0,74                              | 2,0  | 1,3                     |                             |  |                 |   |      |      |      |      |
|                                  |                |  | B                                     |                                   | 1,9  | 1,2                     |                             |  |                 |   |      |      |      |      |

belastungen zum Teil höher als die Formaldehydkonzentrationen während der Aufgüsse. In diesen Fällen ergaben sich negative Differenzen – eine plausible Aussage zur zusätzlichen Belastung durch den Aufguss war nicht möglich.

## 5 Interpretation

Die Laboruntersuchungen ermittelten unabhängig von betrieblichen Rahmenbedingungen die Gefahrstoffemissionen ausgewählter Aufgussmittel bei verschiedenen Temperaturen und geeignete Aufgussmittel für die Arbeitsplatz-



messungen. Für diese Emissionsmessungen gibt es zwar keine Bewertungsgrundlagen, grundsätzliche Aussagen sind aber möglich:

- Alle Produkte, unabhängig vom Hersteller oder der Duft- richtung, emittierten durch Pyrolyse und Oxidation Alde- hyde und Aceton.
- Höhere Gefahrstoffkonzentrationen durch Oxidation und pyrolytische Zersetzungsprozesse entstehen bei ansteigen- den Temperaturen. Dies ist besonders relevant für die Pra- xis, wenn das Aufgusswasser in tiefere, heißere Bereiche des Heizgeräts gelangen kann.
- Die Lösemittel Ethanol und 2-Propanol emittieren bei hohen Temperaturen die oxidativ entstehenden Stoffe Acet- aldehyd und Aceton in höherem Maße als Formaldehyd.
- Bei der Pyrolyse spielen vermutlich katalytische Prozesse eine Rolle. Auf die Formaldehydemission hat das Lösemittel nur einen geringen Einfluss.

Die Arbeitsplatzbewertung ist ein wesentlicher Bestandteil der Gefährdungsbeurteilung, die als Arbeitgeberpflicht für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen in § 6 der Gefahrstoffverord- nung [9] verankert ist. Der Arbeitgeber kann auf diverse Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) zurückgreifen. Die TRGS 400 [10] beschreibt die Vorgehensweise für alle Expositionspfade, wobei die berufliche Exposition in der Regel inhalativ und dermal charakterisiert ist. Die bei den vorliegenden Arbeitsplatzmessungen ermittelten Konzen- trationen für die inhalative Belastung wurden insbesondere auf der Grundlage der TRGS 402 [11] und der TRGS 900 [2] bewertet. Eine Bewertung der dermalen Exposition nach der TRGS 401 [12] war nicht Bestandteil der vorliegenden Untersuchungen. Bei den untersuchten Saunaaufgüssen war Formaldehyd der einzige zu bewertende Stoff, da die anderen Stoffe im Bezug zum jeweiligen Grenzwert für die Bewertung vernachlässigt werden konnten. Eine Summen- bewertung für Stoffgemische wurde daher nicht durch- geführt, sondern nur die Einzelstoffbewertung für Form- aldehyd. Die TRGS 900 führt die stoffbezogenen Arbeits- platzgrenzwerte (AGW) auf, mit denen eine achtstündige Arbeitsschicht bewertet wird (Formaldehyd: 0,37 mg/m<sup>5</sup>). Die Berechnung des zeitgewichteten Schichtmittelwerts erfolgt nach Gl. (1). Der AGW ist unterschritten, wenn der Stoffindex SI, berechnet nach Gl. (2), unter 1 bleibt.

$$C_{\text{Schicht}} = \text{Konzentration} \times \text{Expositionsdauer} / 8h \quad (1)$$

mit

$C_{\text{Schicht}}$ : zeitgewichteter Schichtmittelwert in mg/m<sup>5</sup>  
 Konzentration: Mittelwert der Konzentration über die gesamte Expositionsdauer in mg/m<sup>5</sup>  
 Expositionsdauer: Dauer, über die Beschäftigte einem Gefahrstoff ausgesetzt sind, in h

$$SI = C_{\text{Schicht}} / AGW \quad (2)$$

mit

SI: Stoffindex (maximal zulässig ist 1)  
 AGW: Arbeitsplatzgrenzwert in mg/m<sup>5</sup>

Bei einer angenommenen Gesamtexpositionsdauer von einer Stunde pro Schicht wird der SI<sub>Formaldehyd</sub> erst ab einer Konzentration von ca. 3 mg/m<sup>5</sup> überschritten. Diese Expo- sitionshöhe wurde in keinem Fall gemessen. Der Schicht-

mittelwert wurde unter diesen Bedingungen immer einge- halten. Eine zusätzliche Bewertungsgrundlage für kurzzei- tig erhöhte Expositionen ist laut TRGS 900 der Kurzzeitwert (Formaldehyd: Kurzzeitwerthöhe 0,74 mg/m<sup>3</sup>, maximal zulässige Kurzzeitwertdauer 15 min). Aufgusszeremonien dauern in der Regel zwischen fünf und zwölf Minuten und liegen dann unterhalb der maximal zulässigen Kurzzeit- wertdauer für die erhöhte Exposition.

Die zunächst bei den Messungen in der Pilotphase ermittel- ten hohen Formaldehydkonzentrationen mit Überschrei- tung der Kurzzeitwerthöhe wurden in der Hauptphase – also unter kontrollierten Bedingungen – nur bestätigt, wenn das Aufgusswasser überdosiert wurde. Die maximal im Atembereich gemessene Konzentration von 2,0 mg/m<sup>5</sup> ent- stand mit einem überdosierten Aufgusswasser (H1/Citrus). Dagegen lieferte der Vergleich der Formaldehydkonzen- trationen bei schnell und langsam ausgeführten Aufgüssen kein eindeutiges Ergebnis. Wider Erwarten lagen bei gleichen Konzentrationen des Aufgussmittels im Aufguss- wasser die Formaldehydkonzentrationen beim schnellen Aufguss teilweise unter denen eines kontrollierten, lang- samen Aufgusses. Schwierigkeiten ergaben sich durch die Grundbelastungen der Saunaräume zwischen den Auf- güssen. Diese waren teilweise so hoch, dass einige nach- folgende Messungen nicht mehr verglichen werden konn- ten. Möglicherweise emittierten die heißen Steine oder andere Oberflächen noch längere Zeit nach einem Aufguss weiterhin Formaldehyd.

Die ermittelten Luftwechsel lagen unterhalb des nach [6] empfohlenen sechsfachen Luftwechsels. Der Luftwechsel wurde überwiegend durch Konvektion bedingt. Die Zuluft und Abluft strömten teilweise über die Tür, teilweise über Lüftungsöffnungen. In Saunaraum 7 war eine technische Lüftung vorhanden, die allerdings eine technische Störung anzeigte und nur eingeschränkt funktionierte.

## 6 Diskussion

Saunaaufgussmittel setzen bei hohen Temperaturen durch Pyrolyse und Oxidation Aldehyde und Aceton frei. Form- aldehyd, Acetaldehyd und Aceton stellen den Hauptanteil der Emissionen dar, die ab ca. 200 bis 250 °C deutlich erhöht sind. Bei Aufgusszeremonien in Saunen kann Auf- gusswasser auf heiße Oberflächen mit Temperaturen über 250 °C gelangen. Formaldehyd stellt den relevantesten Ver- treter der dabei entstehenden Gefahrstoffe dar. Formalde- hyd ist unter anderem krebserzeugend (Kategorie 1B), hautsensibilisierend (Kategorie 1) und steht zudem im Ver- dacht, keimzellmutagene Eigenschaften zu besitzen (Kate- gorie 2). Formaldehydkonzentrationen am Arbeitsplatz können nach TRGS 900 für die achtstündige Arbeitsschicht mit AGW und für kurzzeitige Expositionen von maximal 15 min über dem AGW mit Kurzzeitwerten beurteilt wer- den. Aufgrund der krebserzeugenden Wirkung von Form- aldehyd führt die Überschreitung von Grenzwerten zu rechtlichen Konsequenzen, die in der Gefahrstoffverord- nung (GefStoffV) festgelegt und in der TRGS 410 konkreti- siert wurden [13]. Gelingt es nicht, den AGW für Formalde- hyd einzuhalten, sieht die GefStoffV in den §§ 10 und 14 besondere Maßnahmen bei Tätigkeiten mit krebserzeugen- den, keimzellmutagenen und reproduktionstoxischen Gefahrstoffen der Kategorien 1A und 1B verbindlich für den Arbeitsschutz vor.

Eine gefährdende Formaldehydexposition gilt es zu vermeiden und die Konzentrationen sind so gering wie möglich zu halten. Wie die Ergebnisse zeigen, ist dies nur gewährleistet, wenn die Aufgüsse unter Beachtung einschlägiger Vorgaben, wie der Einhaltung der herstellereitigen Dosierangaben und der Empfehlungen der DGfDB für das Ausbringen der Aufgusswässer, durchgeführt werden. Geschultes, unterwiesenes Personal mit entsprechenden Kenntnissen und Fähigkeiten bietet die besten Voraussetzungen für die Einhaltung der Vorgaben. Der Wunsch von Saunagästen nach stärkerer Temperatur- bzw. Duftreizen kann mit vermehrter Aufgusswassergabe, längeren Aufgusszeiten oder konzentrierteren Aufgusswässern verbunden sein. Folgt das Aufgusspersonal entsprechenden Kundenwünschen, kann dies zu gefährdenden Expositionen führen. Die vorliegenden Untersuchungen weisen nach, dass Dosierungen über der Herstellerempfehlung und schnelle Aufgüsse zu Formaldehydkonzentrationen über dem zulässigen Kurzzeitwert führen können.

Nach § 7 der GefStoffV stehen verhaltensbezogene Maßnahmen erst am Ende der Maßnahmenkette, die vorrangig die Substitution, technische und organisatorische Maßnahmen fordert. Zur Erfüllung des Substitutionsgebots müssen Gefahrstoffe oder Verfahren durch Stoffe, Gemische, Erzeugnisse oder Verfahren ersetzt werden, die unter den

jeweiligen Verwendungsbedingungen für die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten nicht oder weniger gefährlich sind. Folgende Strategien könnten Lösungen sein:

- Aufguss nur mit Wasser und Verzicht auf Aufgussmittel.
- Verwendung von Produkten, die nachweislich bei Erhitzung über ca. 200 °C keine Gefahrstoffe in gefährdenden Konzentrationen entstehen lassen, insbesondere keine Kanzerogene. Ohne diesen Nachweis muss davon ausgegangen werden, dass bei den praxisüblichen hohen Temperaturen in den Saunaöfen gefährliche Reaktionsprodukte, wie zum Beispiel Formaldehyd, entstehen können.
- Durchführung von Aufgusszeremonien, die beim Aufguss mit reinem Wasser nur Wasserdampf erzeugen und mit alternativen Verfahren die Duftkomponenten unter Vermeidung von Temperaturen über 100 °C in den Saunaraum bringen.
- Einsatz von Saunaöfen, die Oberflächentemperaturen gewährleisten, bei denen keine gefährlichen Reaktionsprodukte entstehen.

Abschließend sei noch angemerkt, dass von allen wirksamen Schutzmaßnahmen auch die Saunagäste profitieren, die mit Wellness- und Gesundheitsgedanken die Sauna besuchen.

#### Literatur

- [1] Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006. ABl. EG (2008) Nr. L 353, S. 1-1355.
- [2] Technische Regel für Gefahrstoffe: Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900). Ausg. 1/2006. BArBl. (2006) Nr. 1, S. 41-55; zul. geänd. GMBL. (2016) Nr. 24, S. 474.
- [3] *Assenmacher-Maiworm, H.; Hahn, J. U.*: Gefährdungsermittlung bei chemischen und biologischen Einwirkungen. Aldehyde (Kennzahl 6045). In: IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 39. Lfg. XI/07. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. Erich Schmidt, Berlin 1989 – Losebl.-Ausg. [www.ifa-arbeitsmappdigital.de/6045](http://www.ifa-arbeitsmappdigital.de/6045)
- [4] Richtlinien zur Durchführung von Saunaaufgüssen in öffentlichen Saunanlagen. R26.30. Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für das Badewesen. Essen 2011.
- [5] *Wilke, O.; Wiegner, K.; Jann, O.; Brödner, D.; Scheffer, H.*: Emissionsverhalten von Holz und Holzwerkstoffen. BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung im Auftrag des Umweltbundesamtes. Texte 07/2012. Hrsg.: Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau 2012. [www.uba.de/uba-info-medien/4262.html](http://www.uba.de/uba-info-medien/4262.html)
- [6] *Tappler, P.; Damberger, B.; Twardik, F.; Schmöger, C.*: Formaldehyd in Saunen. Ergebnisse des 9. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) am 23. und 24. September 2010 in Nürnberg. S. 84-90.
- [7] *Kalkowsky, B.; Kampmann, B.*: Arbeitsmedizinische Beurteilung der Belastungen heutiger Aufgusspraxis. *Sauna & Bäderpraxis* (2008) Nr. 1, S. 25-28.
- [8] *Gensow, H.-J.*: Aufguss heute – Wirkungen und Praxis. *Sauna & Bäderpraxis* (2016) Nr. 1, S. 27-29.
- [9] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. November 2010. BGBl. I, S. 1643-1676; zul. geänd. durch Art. 148 des Gesetzes vom 29. März 2017. BGBl. I, S. 626.
- [10] Technische Regel für Gefahrstoffe: Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen (TRGS 400). Ausg. 12/2010. GMBL. (2011) Nr. 2, S. 19-32; zul. geänd. GMBL. (2012) Nr. 40, S. 715.
- [11] Technische Regel für Gefahrstoffe: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition (TRGS 402). Ausg. 2/2010. GMBL. (2010) Nr. 12, S. 231-253; zul. geänd. GMBL. (2016) Nr. 43, S. 843-846.
- [12] Technische Regel für Gefahrstoffe: Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen (TRGS 401). Ausg. 6/2008; zul. geänd. GMBL. (2011) Nr. 9, S. 175.
- [13] Technische Regel für Gefahrstoffe: Expositionsverzeichnis bei Gefährdung gegenüber krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorien 1A oder 1B (TRGS 410). Ausg. 6/2015. GMBL. (2015) Nr. 30, S. 587-595.