

***Vergleichende Untersuchungen zu
Formaldehydemissionen in
öffentlichen Saunakabinen***

Dr. Karsten Gröning
Soester Str. 17
59329 Wadersloh
www.saunameister.de
info@saunameister.de

1. Auflage: Mai 2019

Herausgeber:

Dr. Gröning, Soester Str. 17, 59329 Wadersloh

www.saunameister.de

Urheber/Autor/Redaktion:

Dr. Karsten Gröning

Der Inhalt dieses Buches ist urheberrechtlich geschützt. Jede vom Urhebergesetz nicht ausdrücklich zugelassene Verwertung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung von Dr. Gröning. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigung, Bearbeitung, Wiedergabe in Datenbanken oder elektronischen Medien und Systemen. Fotokopien oder Ausdrucke dürfen nur als Einzelkopie und ausschließlich für den persönlichen Gebrauch hergestellt werden.

In diesem Dokument wird im Interesse der besseren Lesbarkeit grundsätzlich die männliche Form von Funktionsbezeichnungen verwendet; dies schließt die weibliche Form ein.

1	Vorwort	7
2	Zusammenfassung	8
3	Das zentrale Dogma des gesundheitsorientierten Saunabades	11
3.1	Das zentrale Dogma des gesundheitsorientierten Saunabades	11
3.2	Negative Einflüsse auf das gesundheitsorientierte Saunabad	13
4	Notwendigkeit des Leitfadens	14
4.1	Mögliche Schadstoffquellen in Saunakabinen	14
4.1.1	Pyrolyse von Holz	15
4.1.2	Pyrolyse von Aufgussmitteln	16
4.1.3	Reinigungs- und Desinfektionsmittel	16
5	Raumluftbelastung von Saunakabinen	18
5.1	Relevante Klimafaktoren in Saunakabinen	18
5.1.1	Das idealtypische Saunaklima der finnischen Sauna	19
5.1.2	Das Klima im feuchten Warmluftbad	21
5.2	Raumluftbelastung von Saunakabinen	22
5.2.1	Flüchtige organische Verbindungen	22
5.2.2	Aldehyde und Ketone – Sonderfall Formaldehyd	23
5.2.3	Kohlendioxid und Luftwechselzahl	24
5.2.4	Relative Luftfeuchte und Wasserdampfdruck	25
5.2.5	Sonderfall Menthol bzw. Mentholkristalle	26
6	Formaldehyd: Eigenschaften, Toxikologie und Symptomatik	30
6.1	Eigenschaften von Formaldehyd	30
6.2	Toxikologie und Symptomatik von Formaldehyd	31
6.3	Vorkommen von Formaldehyd in der Umgebungsluft	32
6.4	Wann gilt welcher Grenzwert für Formaldehyd?	33
6.4.1	Safe Level	34
6.4.2	Arbeitsplatzgrenzwerte	35
7	Orientierende Schadstoffmessungen in Saunakabinen	38
7.1	Auswahl der Saunakabinen, Datenerhebung und Messtechnik	38

7.1.1	Auswahl der Saunakabinen	38
7.1.2	Durchführung der Datenerhebung	39
7.1.3	Eingesetzte Messtechnik	41
7.1.3.1	Größe der Saunakabinen	41
7.1.3.2	Kohlendioxid	41
7.1.3.3	Relative Luftfeuchte und Lufttemperatur	41
7.1.3.4	Flüchtige organische Substanzen und Formaldehyd	42
7.2	Oberflächen-Volumen-Verhältnis der Saunakabinen	42
7.3	Flüchtige organische Verbindungen in den Saunakabinen	44
7.4	Formaldehydkonzentrationen in den Saunakabinen	46
7.4.1	Formaldehydkonzentrationen in öffentlichen Saunakabinen	46
7.4.2	Korrelation Formaldehydkonzentration und Temperatur	51
7.4.3	Korrelation Formaldehydkonzentration und rel. Luftfeuchte	52
7.4.4	Korrelation Formaldehydkonzentration und Oberflächen-Volumen-Verhältnis	54
7.4.5	Korrelation Formaldehyd- und Kohlendioxidkonzentration	56
7.4.6	Korrelation Formaldehydkonzentrationen und flüchtige organische Verbindungen	59
7.4.7	Formaldehydkonzentrationen in Warmluftbädern	62
7.4.8	Formaldehydkonzentrationen nach Saunaaufgüssen	64
7.5	Formaldehyd aus Reinigungsmitteln und Textilien	65
8	Schlussfolgerungen und Diskussion der Ergebnisse	66
8.1	Ergebnisse der Untersuchung	66
8.2	Quellen der Raumluftbelastung	72
8.2.1	Grundbelastung - Materialemission	72
8.2.2	Zusatzbelastung - Saunaaufgussmittel	74
8.2.2.1	Sind Saunaaufgussmittel gesundheitsfördernd?	77
8.2.2.2	Der Aufguss im gesundheitsorientierten Saunabad	86
8.3	Forderung nach einer Überwachung der Raumluftqualität	89
9	Qualifikation der Mitarbeiter	91
9.1	Sauna-Fachkraft	91
9.2	Sauna-Meister	92
9.3	Inhouse-Schulungen	93
10	Literaturempfehlungen	94
10.1	Leitfaden zur Durchführung sicherer Saunaaufgüsse	94

10.2	Leitfaden zur Durchführung eines gesundheitsorientierten Saunabades	95
10.3	Leitfaden zur Reduzierung von Formaldehydemissionen in Saunakabinen	96
10.4	Fachwissen für Sauna-Meister	97
11	Abbildungsverzeichnis	98

Das gesundheitsorientierte Saunabad hat sich in den letzten Jahrzehnten einen festen Platz im Freizeit- und Wellnessverhalten der Bundesbürger erobert und zeigt unbestritten zahlreiche positive Gesundheitseffekte. Im diametralen Gegensatz zu diesen gesundheitsfördernden Effekten steht die Emission von gesundheitsschädlichen Aldehyden und Ketonen in Saunakabinen mit teilweise drastischen Grenzwertüberschreitungen, die hauptsächlich im deutschsprachigen Raum zu beobachten ist. Da nicht sein kann, was nicht sein darf, wird die Formaldehydproblematik in der Branche weitgehend ignoriert oder bagatellisiert, anstatt sich mit der Problematik auseinander zu setzen und nach sinnvollen Lösungen zu suchen. Die Belastung der Saunakabinen resultiert zum einen aus der Emission von Formaldehyd aus den verbauten Holzwerkstoffen der Saunakabine (Grundbelastung) und zum anderen aus der thermischen Zersetzung der verwendeten Saunaaufgussmittel (Zusatzbelastung). Welche dieser beiden Quellen die entscheidende ist, ist bisher nicht untersucht worden. Erste Hinweise deuten jedoch darauf hin, dass im Wesentlichen die Aufgussmittel für die Formaldehydbelastungen verantwortlich sind.

Natürlich ist es möglich, die Grundbelastung einer Saunakabine aus Formaldehydemissionen durch geeignete Maßnahmen unter die in Deutschland geltenden Richtwerte von 100 mg/m^3 zu senken. Genauso wie es ohne Probleme möglich ist, auf potenziell gesundheitsschädliche Saunaaufgussmittel vollständig zu verzichten und damit eine Zusatzbelastung auszuschließen. Die Formaldehydproblematik ist somit in Saunaanlagen sehr gut zu beherrschen und deshalb ist es umso erstaunlicher, dass über die Anhebung der Grenzwerte diskutiert wird, anstatt die tatsächlich hausgemachten Probleme der Branche aus Eventaufgüssen mit dem Einsatz von potenziell gefährlichen Aufgussmitteln nachhaltig zu lösen. Oft gewinnt man in den Diskussionen mit den Vertretern der Branche den Eindruck, dass man lieber die Gesundheitsorientierung des Saunabades opfert und die Gäste in belasteten Kabinen baden lässt, anstatt die vorhandene Formaldehydproblematik zu lösen.

Die vorliegende „Vergleichende Untersuchung zu Formaldehydemissionen in öffentlichen Saunakabinen“ soll zum einen den Umfang des Problems dokumentieren und zum anderen verdeutlichen, welche Ursachen die Formaldehydemissionen haben, um anschließend Lösungsvorschläge erarbeiten zu können.

Dr. Karsten Gröning

Im Untersuchungszeitraum von Oktober 2018 bis März 2019 wurden in insgesamt 100 öffentlichen Saunakabinen verdeckte, orientierende Messungen zum Innenraumklima und möglichen Schadstoffbelastungen der Saunakabinen mit dem Ziel durchgeführt, die tatsächliche IST-Situation abzubilden und mögliche Korrelationen und Wechselbeziehungen als Grundlage für Verbesserungsvorschläge identifizieren zu können. Gemessen wurden die Innenraumluftkonzentration von Formaldehyd, die Belastung mit flüchtigen organischen Verbindungen, die Kohlendioxidkonzentration als Indikator für die Luftqualität, die Temperatur und relative Feuchte als Indikator für das Saunaklima und die Größe zur Berechnung des Oberflächen-Volumen-Verhältnisses.

Als wesentliche Ergebnisse der Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass in **94,72 %** der untersuchten Saunakabinen die Formaldehydkonzentrationen in den Saunakabinen um mehr als $0,05 \text{ mg/m}^3$ höher waren als in der Außenluft. In **88,15 %** der Saunakabinen wurde der Grenzwert für Formaldehyd von **$0,124 \text{ mg/m}^3$** überschritten. Auch wenn es sich in Bezug auf die Formaldehydkonzentrationen lediglich um sog. orientierende Messungen handelt (verdeckte Messungen), ist festzustellen, dass die Belastung der Innenraumluft von Saunakabinen offenkundig ein weit verbreitetes und ebenso ignoriertes Problem darstellt. In **11,84 %** der Saunakabinen lag die Formaldehydkonzentration unter dem verbindlichen Richtwert. Daraus ergibt sich zwangsläufig, dass es natürlich möglich ist, Saunakabinen ohne gesundheits-schädliche Formaldehydemissionen zu betreiben, und es stellt sich die Frage nach der Quelle der Formaldehydemissionen.

Auf der Basis der in dieser Untersuchung festgestellten Messwerte und Korrelationen lässt sich weiter schlussfolgern, dass die Saunakabinen selbst mit ihren hölzernen Bauteilen und den daraus resultierenden Materialemissionen vermutlich **nicht** für die hohen Formaldehydkonzentrationen in den Saunakabinen verantwortlich sind, da sich **keine Abhängigkeiten der Formaldehydkonzentrationen vom Oberflächen-Volumen-Verhältnis und der Temperatur** der Saunakabinen finden ließen.

Die Hauptursache für die in öffentlichen Saunakabinen gemessenen hohen Formaldehydkonzentrationen sind mit hoher Wahrscheinlichkeit

die in den Kabinen eingesetzten Saunaaufgussmittel, die vermutlich entweder selbst bereits Formaldehyd enthalten, oder nach der Ausbringung auf die heißen Oberflächen der Saunaöfen Formaldehyd pyrolytisch abspalten.

Für die untersuchten Saunakabinen konnte eine durchschnittliche – **hygienisch bedenkliche** - Konzentration an flüchtigen organischen Substanzen in Höhe von **6,02 mg/m³** gemessen werden. Der Kohlendioxidgehalt in der Innenraumlufte betrug in der Gesamtgruppe der Saunakabinen (>80°C) durchschnittlich **1.291 ppm** (Kontrollmessung außerhalb der Kabinen 695 ppm) und muss als „mäßig“ bewertet werden. Nur **13,15 %** der untersuchten Saunakabinen zeigten eine relative Luftfeuchte im erwarteten bzw. empfohlenen Bereich. In weiteren **23,68 %** der Saunakabinen war die relative Luftfeuchte zwar zu hoch, lag aber umgerechnet noch unter 6,3 kPa. **In insgesamt 63,17 % der Saunakabinen lag die Luftfeuchtigkeit umgerechnet deutlich höher als 6,3 kPa.** Insgesamt muss deshalb das Raumluftklima in den untersuchten öffentlichen Saunakabinen als **mangelhaft** bezeichnet werden.

In den letzten 15 bis 20 Jahren hat sich das Saunabadeverfahren aus dem physikalisch-medizinischen Bereich immer mehr und mehr in den Freizeit- oder Wellnessbereich verschoben, und auch die Durchführung von Saunaaufgüssen ist dieser Entwicklung gefolgt. Die Konsequenzen dieser Veränderungen wurden mit dieser Studie dokumentiert. Beschränkte sich der Saunaaufguss vor ca. 15 Jahren noch auf eine Korrektur der Luftfeuchte durch die Zugabe von 10 bis 15 g Wasser pro m³ Rauminhalt der Saunakabine und einer Dauer von ca. 2-3 Minuten am Ende eines Saunaganges, so stehen heute oft Aspekte der Kundenbindung, des Entertainments und des Marketings im Vordergrund, und gesundheitsorientierte Aspekte des Saunabades werden weitgehend vernachlässigt. Auch wenn das Saunabad inkl. Aufguss heute eindeutig im Freizeitbereich stattfindet und physikalisch-medizinische Aspekte nur noch eine untergeordnete Rolle spielen, ist mit Blick auf die Gesundheitsorientierung des Saunabades zu fordern, dass alle Handlungen, die gesundheitliche Risiken für den Saunagast oder den Saunamitarbeiter (und damit Haftungsrisiken für den Betreiber) darstellen, vollständig unterbunden werden müssen. Grundsätzlich gilt das zentrale Dogma des gesundheitsorientierten Saunabades: **„Das Saunabad ist gesundheitsorientiert und frei von sämtlichen schädlichen Einflüssen, sowie sicher für alle Gäste und Mitarbeiter.“**

Da die Grundbelastung einer Saunakabine durch geeignete Maßnahmen deutlich unter dem gewünschten „save level“ gehalten werden kann, resultieren überhöhte Formaldehydemissionen und hygienisch bedenkliche Klimafaktoren in Saunakabinen im Wesentlichen aus der – eigentlich überflüssigen -

Verwendung von Saunaaufgussmitteln und stellen damit ein „hausgemachtes Problem“ der Branche dar. Im Umkehrschluss bedeutet diese Feststellung aber auch, dass durch den Verzicht auf Saunaaufgussmittel und die Umsetzung einiger lufthygienischer Maßnahmen die Formaldehydemissionen in Saunakabinen unter dem „safe level“ gehalten werden können. Eine Anhebung des Grenzwertes – wie er insbesondere in Österreich angeregt wird – widerspricht nicht nur dem Grundprinzip eines gesundheitsorientierten Saunabades, sondern ist schlicht überflüssig.

3.1 Das zentrale Dogma des gesundheitsorientierten Saunabades

Auch wenn sich in den letzten 20 Jahren das Verhalten der Saunagäste und insbesondere die Durchführung der Aufgüsse in den meisten öffentlichen Saunabädern grundlegend verändert hat, dient das Saunabad immer noch vorwiegend gesundheitsfördernden Zwecken. Um gesundheitliche Risiken möglichst auszuschließen wurden deshalb die Saunabaderegeln entwickelt (Siehe: „Leitfaden zur Durchführung eines gesundheitsorientierten Saunabades“). Auch wenn die Baderegeln für fast jeden Saunagast den optimalen Badeablauf beschreiben, handelt es sich dabei nicht um exakte einzuhaltende Vorgaben, sondern um allgemeingültige Empfehlungen. Grundsätzlich sollte jeder Saunagast die Reaktionen seines Organismus während des Bades selbst beobachten und bei Beschwerden oder Zweifeln das Bad ggf. abbrechen und Fachpersonal um Rat fragen. Innerhalb der Leitplanken dieser Baderegeln hat sich das Badeverfahren und hier insbesondere die Durchführung von Saunaaufgüssen in den letzten 20 Jahren grundlegend verändert. Ursprünglich basierend auf persönlichen Erfahrungen und den Wünschen der Badegäste, werden die Aufgüsse heute oft durch eingewiesenes Personal oder ausgebildete Fachkräfte durchgeführt. Ziel dieser Vorgehensweise ist es vermutlich nicht nur, die Aufgüsse sicherer zu machen, sondern auch den Gästen ein zusätzliches Dufterlebnis im Zusammenhang mit dem Saunaaufguss zu bieten und dadurch wirtschaftliche Erfolge zu erzielen.

Wie in vielen anderen ökonomisierten Lebensbereichen auch ist dabei festzustellen, dass andere Aspekte des Saunabades – hier der gesundheitlich orientierte Badeablauf mit seinen medizinischen und biopositiven Wirkungen – mehr und mehr in den Hintergrund gedrängt werden. Aus dem Verhalten der meisten Saunagäste lässt sich dabei leider schließen, dass den Saunagästen schlicht die notwendigen Kenntnisse zur Durchführung eines gesundheitsorientierten Saunabades fehlen. Das Verhalten der Gäste bei einem Aufguss und dessen Durchführung verdeutlicht das Problem: Während der Saunaaufguss ursprünglich primär zur Aufrechterhaltung des trocken-heißen Raumklimas in der Saunakabine und sekundär als zusätzlicher, kurzer Wärmereiz am Ende eines Saunaganges diente, werden heute mit dem Aufguss vorwiegend ökonomische Zwecke im Rahmen der Kundenunterhaltung verbunden. Im Regelfall betritt der Saunagast heute die Saunakabine bereits lange vor dem Aufguss (um noch einen Platz zu bekommen) und verbringt dann oft über 20 Minuten in einer Saunakabine, die durch die Verwendung viel zu großer Wassermengen und Aufgussmittel weit davon entfernt ist, ein trocken-heißes

Badeklima zu besitzen. Im Ergebnis ist ein gesundheitsorientierter Saunagang unter diesen zeitlichen und klimatischen Bedingungen sowie der Nutzung von Saunaaufgussmitteln nur schwer vorstellbar. Sofern die Saunagäste ihre eigene Gesundheit und Leistungsfähigkeit bei diesem zweifelhaften Verhalten ausreichend genau abschätzen und beurteilen können, ergibt sich daraus noch kein Hinderungsgrund für derartige Verhaltensweisen. Grundsätzlich anders stellt sich die Situation dar, wenn die Veränderungen des Badeverfahrens als gesundheitsschädlich bewertet werden müssen und/oder der Saunagast nicht mehr dazu in der Lage ist – aus welchem Grund auch immer – die negativen Faktoren erkennen zu können und/oder entsprechend angemessen reagieren zu können. Dies liegt dann vor, wenn z.B. gesundheits-schädliche Substanzen in den Saunakabinen freigesetzt werden oder die klimatischen Bedingungen in den Kabinen bedenklich werden. Grundsätzlich lässt sich als zentrale Forderung oder Dogma des gesundheitsorientierten Saunabades formulieren:

„Das Saunabad ist gesundheitsorientiert und frei von sämtlichen schädlichen Einflüssen, sowie sicher für alle Gäste und Mitarbeiter.“

Gesundheitsorientiert bedeutet, dass im Vordergrund des Saunabades die Verbesserung und/oder Erhaltung der Gesundheit und der körperlichen Leistungsfähigkeit zur Bewältigung der Anforderungen des täglichen Lebens stehen. Gesundheitsorientiert bedeutet für den Saunabadbetreiber, dass er über ganzheitliche Möglichkeiten zur Verbesserung der Gesundheit seiner Gäste verfügt, bei denen schädliche Nebenwirkungen ausgeschlossen sind.

Aus dieser Definition des gesundheitsorientierten Saunabades folgt aber auch, dass die Belastung von Saunagästen während eines angeblich gesundheitsfördernden Saunabades mit hochgiftigen Chemikalien wie Formaldehyd – warum auch immer und in welcher Konzentration auch immer - als absolut inakzeptabel bewertet werden muss. **Inbesondere die völlig unsinnige Diskussion über die Erhöhung von Grenzwerten für Formaldehyd in öffentlichen Saunakabinen von 0,124 mg/m³ auf bis zu 0,5 mg/m³ ist rigoros abzulehnen und führt das zentrale Dogma des gesundheitsorientierten Saunabades vollumfänglich ad absurdum.** Dies besonders vor dem Hintergrund, dass man mit einfachen technischen und organisatorischen Maßnahmen die derzeit gültigen Grenzwerte für Saunakabinen problemlos einhalten kann (Siehe: „Leitfaden zur Reduzierung von Formaldehydemissionen in Saunakabinen“).

3.2 Negative Einflüsse auf das gesundheitsorientierte Saunabad

Auch wenn praktisch jeder Saunagast und Saunabetreiber der Ansicht ist, die üblichen Verhaltensweisen in einer Sauna zu kennen und zu beachten, ist trotzdem festzustellen, dass sich nicht nur überregional, sondern auch regional im Laufe der Zeit relativ unterschiedliche Verhaltensweisen in Bezug auf das jeweilige Badeverfahren herausgebildet haben. So ist es beispielsweise in Skandinavien und im deutschsprachigen Raum üblich, textiltfrei in der Sauna zu baden, während dies in den meisten anderen Ländern nicht nur verpönt, sondern teilweise sogar verboten ist. Gleiches gilt für das gemeinsame Saunabad von Männern und Frauen. Allein aus diesem Grund sollte man sich vor dem Besuch einer Sauna – z.B. im Urlaub – mit den jeweiligen Bräuchen und Gepflogenheiten vertraut machen. Neben der Standardfrage, ob man bekleidet oder unbekleidet und getrennt- oder gleichgeschlechtlich saunabaden sollte, existiert eine Fülle von weiteren Fragen, die regional unterschiedlich und oft sogar falsch beantwortet werden. Bei aller Kulanz für den Ablauf des gesundheitsorientierten Badeablaufs ergeben sich immer dann natürliche Grenzen, wenn aus dem eigentlich gesundheitsfördernden Badeablauf eine Gesundheitsschädigung zu erwarten ist.

Typische Fehler im Badeablauf in Saunaanlagen lassen sich unter dem Sammelbegriff „menschliches Fehlverhalten“ zusammenfassen und betreffen nicht nur die Gäste der Saunaanlagen und die Aufgussdurchführung, sondern de facto alle am gesamten Saunabad beteiligten Personen sowie den gesamten Badevorgang. Bei der Untersuchung der Ursachen für ein menschliches Fehlverhalten ist festzustellen, dass dies im Regelfall auf die Unkenntnis der Beteiligten zu den Abläufen und potenziellen Risiken des Saunabades und des Aufgusses beruht. Auch wenn das menschliche Fehlverhalten als Oberbegriff ein weites Feld umspannt, lassen sich innerhalb dieser Betrachtung mehrere Gruppen von Verhaltensauffälligkeiten beschreiben, die immer wieder auftreten und zu „typischen“ Fehlern in Saunaanlagen führen:

- Konsum von Alkohol oder Drogen mit daraus resultierendem Fehlverhalten.
- Durchführung des Saunabades trotz gesundheitlichen Einschränkungen (Herz-Kreislauf-System, Temperaturregulation, orthostatische Dysregulation) und/oder Fehleinschätzungen der eigenen Leistungsfähigkeit und/oder falsche Durchführung des Badeablaufes (Dauer, Frequenz etc.).
- Durchführung von Aufgüssen durch Saunagäste.
- Einsatz von gesundheitsschädlichen Substanzen.

4.1 Mögliche Schadstoffquellen in Saunakabinen

Die Emission von Formaldehyd in den Innenraum von Saunakabinen ist sicher kein neu auftretender Effekt, sondern gewinnt nur deshalb Aktualität, weil er durch Messungen in Österreich und Deutschland mehrfach nachgewiesen wurde und die Gefährlichkeit von Formaldehyd durch die WHO neu bewertet wurde. In 10 von 26 stichprobenhaft in Österreich untersuchten Saunakabinen wurden Formaldehydkonzentrationen von deutlich mehr als 0,1 mg/m³ (als Halbstundenmittelwert) gemessen, in einem Fall sogar 0,5 mg/m³. Ähnliche Ergebnisse finden sich in einer Studie der DGUV, die in drei stichprobenhaft ausgewählten Saunakabinen in Deutschland eine Formaldehyd-Grundbelastung vor dem Aufheizen zwischen 0,012 und 0,018 mg/m³ und nach dem Aufheizen zwischen 0,18 und 0,37 mg/m³ finden. Messungen nach der Durchführung von Saunaaufgüssen zeigten sogar Spitzenbelastungen von bis zu 2,2 mg/m³. Eine bis zu 20fache Überschreitung des regulatorisch bindenden Richtwertes in Deutschland von 0,1 ppm.

Vor dem Hintergrund der Neubewertung der Gefährlichkeit von Formaldehyd durch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) und das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) mit der Festsetzung eines „safe levels“ für Formaldehydemissionen in Innenräumen stellt sich die Frage, wie die Formaldehydbelastung in Saunakabinen für Mitarbeiter und Gäste auf ungefährliche Werte gesenkt werden kann. In einem ersten Schritt gilt es deshalb herauszufinden, ob sich die in Rede stehenden Formaldehydemissionen nur in wenigen Saunaaanlagen finden lassen, oder ob es sich um ein grundsätzliches Problem handelt. In einem weiteren Schritt ist dann zu prüfen welches die primären Quellen der Formaldehydemissionen darstellen, um auf der Basis dieser Erkenntnisse praktikable Gegenmaßnahmen entwickeln zu können. Als mögliche Quellen von Formaldehydemissionen kommen in Frage:

1. Thermolyse des Holzes in den hochtemperierten Kabinen.
2. Pyrolyse der verwendeten Saunaaufgussmittel, wobei es keine Rolle spielt, ob es sich um natürliche oder künstliche Aufgussmittel handelt.
3. Reinigungs- und Desinfektionsmittel.

4.1.1 Pyrolyse von Holz

Die Saunakabine dient in der Zweckbestimmung der Erwärmung und dem Schwitzen der Badenden. Saunakabinen zeichnen sich deshalb durch hohe Temperaturen und eine geringe relative Luftfeuchtigkeit aus. Damit sich die Badegäste nicht an den heißen Oberflächen innerhalb der Saunakabine verbrennen, wird die Saunakabine im Regelfall aus Holz gebaut, einem porigen natürlichen Werkstoff mit günstigen Eigenschaften in Bezug auf die Berührungsfähigkeit, den Wärmetransport (Wärme- und Temperaturleitfähigkeit), die Aufnahme von Wasserdampf (Sorptionsfähigkeit) und die Formbeständigkeit bei 100 °C. Entsprechend der schlechten Wärmeleitung des Holzes – bedingt durch die hohen Lufteinschlüsse in den Zellen des Holzes – kann der Mensch auch Holz mit Temperaturen von 90 bis 100 °C berühren und anfassen, ohne sich zu verbrennen. Dies ist bei vielen anderen Werkstoffen wie beispielsweise bei Metallen nicht möglich.

Als organischer Werkstoff verändert das Holz allerdings im Laufe der Zeit seine Eigenschaften. Wesentlichen Einfluss auf die Eigenschaften des Holzes haben auch hier die beiden Faktoren Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Holz nimmt in Abhängigkeit von der umgebenden Luftfeuchte Wasser auf oder gibt es ab. Bei Feuchtigkeitsaufnahme quillt es, bei Wasserabgabe schwindet es. Resultierend aus den hohen Temperaturen innerhalb der Saunakabine wird das Holz zusätzlich thermisch zersetzt. Diese thermische Zersetzung ist Abhängig von Temperatur und Zeit. Beginnend bei ca. 60 - 80 °C steigen mit zunehmender Temperatur Zersetzungsgrad und Zersetzungsgeschwindigkeit. Entsprechend kann Holz in gewöhnlichen Wohnräumen ohne Probleme verwendet werden, in spezifischen Räumen mit Temperaturen oberhalb von 60-80 °C wie z.B. Saunakabinen, ist wegen der einsetzenden thermischen Zersetzung des Holzes mit dem Aufkommen von Abbauprodukten zu rechnen. Wegen der Gefährlichkeit und dem geringen „save level“ kommt dabei dem Abbauprodukt Formaldehyd die größte Bedeutung zu.

Bedingt durch die Feststellung, dass die thermische Zersetzung des Holzes erst bei Temperaturen von ca. 60-80°C beginnt, wurden in die Untersuchung zahlreiche „Biosaunen“ und feuchte Warmluftbäder mit hoher Luftfeuchte und geringen Temperaturen (unter 80°C) aufgenommen. Diese Kabinen fungieren als Kontrolle, da zu erwarten ist, dass in diesen Kabinen zumindest aus der Pyrolyse des Holzes nur mit geringen Formaldehydwerten zu rechnen ist. Sofern die primäre Quelle der Formaldehydemissionen in öffentlichen Saunakabinen die hölzernen Baumaterialien identifiziert werden können, müssten diese Emissionen eine Koinzidenz zur Temperatur und zum Oberflächen-Volumen-Verhältnis der Kabinen zeigen. Auf der Basis dieser Überlegung wurden zahlreiche kleine Hotelsaunen mit hohen Temperaturen in die Untersuchung aufgenommen.

4.1.2 Pyrolyse von Aufgussmitteln

Bei den gängigen Saunaaufgussmitteln handelt es sich um konzentrierte ätherische Öle, die zumeist in Ethanol oder 2-Propanol (Isopropanol) gelöst werden und in mehr oder weniger definierten Mengen dem Saunaaufgusswasser zugesetzt werden. Dieses verdünnte, aromatisierte Aufgusswasser wird durch die Mitarbeiter der Sauna in Gegenwart der Saunagäste auf den heißen Ofensteinen des Saunaofens verteilt, um den Gästen ein besonderes Wärme- und Dufterlebnis zu vermitteln.

Durch die hohen Temperaturen der Oberflächen des Ofens (zwischen 250 und 500°C) kommt es dabei zu einer sog. Pyrolyse der organischen Bestandteile des Aufgussmittels und es entstehen – in Abhängigkeit von der Temperatur – unterschiedliche Mengen von Aldehyden und Ketonen. Wegen der Einstufung als Humankarzinogen, dem Verdacht auf mutagene Wirkung, wegen seiner hautsensibilisierenden Wirkung und dem niedrigen Grenzwert kommt der Freisetzung von Formaldehyd dabei die größte Bedeutung zu.

Erste Untersuchungen deuten darauf hin, dass die gerade im deutschsprachigen Raum sehr beliebten und häufig verwendeten Saunaaufgussmittel als Quelle erheblicher, gesundheitsschädlicher Formaldehydemissionen in Frage kommen. Um diese Hinweise zu überprüfen wurden in diesen Untersuchungen unterschiedliche Gruppen von Saunakabinen untersucht: Hotelsaunen, in denen im Regelfall keine Aufgüsse gemacht werden, „normale“ Saunakabinen in denen teilweise exzessive Aufgüsse durchgeführt wurden und ausgezeichnete Saunaaanlagen die angeben, sich an die Aufgussrichtlinien des Deutschen Sauna-Bundes zu halten und von diesem mit 5 Sternen ausgezeichnet wurden.

Als weitere Kontrollen wurden in diesen Kabinen Messungen vor und nach Aufgüssen durchgeführt und Saunakabinen untersucht, in denen automatische Beduftungen erfolgten.

4.1.3 Reinigungs- und Desinfektionsmittel

Als mögliche Quelle von Formaldehydemissionen kommen grundsätzlich auch Reinigungs- und Desinfektionsmittel sowie Textilien und mikrobielle Belastungen der Kabinen in Betracht. So können z.B. bis zu 8 % des Textilienwarengewichtes aus Mitteln zur Verbesserung des Knitterverhaltens bestehen. Das sind hauptsächlich Kunstharze auf Formaldehydbasis. Da Formaldehyd ein Kontaktallergen ist, ist die erlaubte Menge in Textilien begrenzt

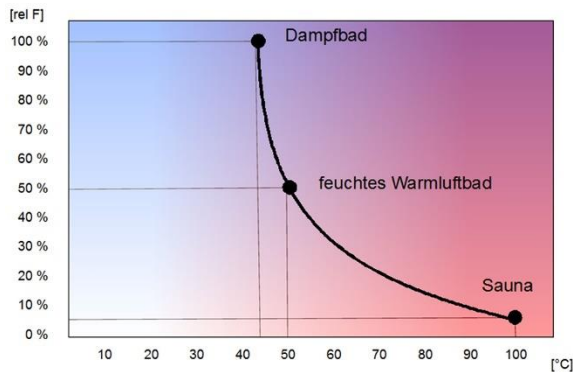
auf 0,15 % des Massegewichtes (Bedarfsgegenständeverordnung). Da in Saunakabinen im Regelfall textilfrei gebadet wird, beschränkt sich der Eintrag von möglicherweise belasteten Textilien auf die Saunaliegetücher bzw. Handtücher. Da hier das Knitterverhalten von untergeordneter Bedeutung ist, wird zunächst grundsätzlich davon ausgegangen, dass diese Materialien weitgehend frei von Formaldehyd sind und als Emissionsquelle vernachlässigt werden können.

Ähnliche Überlegungen lassen sich für die Reinigungsmittel anstellen, die in Saunakabinen zum Einsatz kommen. Da Reinigungs- und Pflegemittel, die mehr als 0,1 % Formaldehyd als Desinfektionsmittel enthalten, gekennzeichnet werden müssen, lässt sich eine Belastung der Kabinen durch derartige Reinigungsmittel leicht ausschließen. Da als Hauptursachen für hohe Formaldehydemissionen in Saunakabinen vor allem die Materialemission aus Holz und die Saunaaufgussmittel in der Diskussion stehen, konzentriert sich diese Studie auf diese beiden Punkte.

5.1 Relevante Klimafaktoren in Saunakabinen

Das klassische finnische Saunabad gehört in die Gruppe der sog. wechselwarmen Bäder (heterothermale Badeverfahren), bei denen sich Kalt- und Warmreize abwechseln und zwingend zusammengehören. Diese Form des Badeablaufes lässt sich bei vielen anderen Badeverfahren ebenfalls beobachten, so dass eine weitere Untergliederung angebracht erscheint. Da der Mensch sich nur in einer Kombination von ganz bestimmten Temperatur- und Feuchtebereichen wohl fühlt, bietet sich eine Klassifikation auf der Basis von Temperatur und relativer Luftfeuchte an. Die beiden äußeren Leitplanken des Wohlfühlbereiches werden dabei durch die finnische Sauna (100°C, 2-5 % relative Feuchte) und das Dampfbad (max. 50 °C, 100 % relative Feuchte) festgelegt. Zwischen diesen beiden Badeformen ist das feuchte Warmluftbad anzusiedeln, mit einer Temperatur von ca. 50°C und einer relativen Luftfeuchte von ca. 50 %. Verbindet man diese drei unterschiedlichen Bäderarten, so ergibt sich eine Kurve, die dem klassischen Wohlfühlbereich des Menschen in Bezug auf Temperatur und Luftfeuchte sehr ähnlich sieht. In vereinfachter Darstellung lassen sich jetzt de facto alle Badeformen auf der Basis von Temperatur und Luftfeuchte direkt auf dieser Linie oder zumindest sehr nahe an dieser Linie einordnen. Kombinationen aus ungewöhnlichen Temperaturen und Luftfeuchten werden im Regelfall als sehr unangenehm empfunden. Das Beispiel des kochenden Wassers (100°C, 100 % rel. Feuchte) verdeutlicht dies. Während man 100°C in der Sauna als wohltuend empfindet, stellen 100°C heißes Wasser eine lebensbedrohliche Umgebung dar.

Abbildung 1: Unterschiedliche wechselwarme Badeformen in Abhängigkeit von Temperatur und Luftfeuchte.



Ausgehend von den Hauptfaktoren Temperatur und Luftfeuchte wurden von unterschiedlichen Teilnehmern des Badesektors unzählige Spielarten des Bades erfunden. Neben geringen Veränderungen bei Temperatur und Feuchte konzentriert man sich hier zunächst auf die unterschiedlichen Baumaterialien und deren Architektur. Häufig werden solche Abwandlungen der ursprünglichen Badeformen mit schönen Phantasienamen belegt, um eine Einzigartigkeit oder einen Neuigkeitswert zu suggerieren. Deutlich seltener findet man Bäder, bei denen das Badeverfahren – mehr oder weniger sinnvoll - geändert wurde. Insbesondere aus wirtschaftlicher Sicht ist eine Diversifikation der unterschiedlichen Angebote zu begrüßen. Eine natürliche Beschränkung findet sich in der Gesundheitsorientierung des Bades. Bei der naturwissenschaftlichen Bewertung der unterschiedlichen Badeformen muss auch berücksichtigt werden, dass das Saunabad im Freizeitbereich stattfindet und de facto jeder Gast die Sauna nach seinen persönlichen Vorstellungen nutzt, die nicht immer den Empfehlungen eines gesundheitsorientierten Badeablaufs entsprechen.

Im Rahmen dieser Betrachtung werden auf der Basis von Temperatur und Luftfeuchte lediglich drei unterschiedliche Badeverfahren unterschieden:

- Finnische Sauna
- Feuchtes Warmluftbad
- Dampfbad

5.1.1 Das idealtypische Saunaklima der finnischen Sauna

Die finnische Sauna gehört zu den sog. trocken-heißen Badeverfahren und zeichnet sich durch die nachfolgenden Charakteristika aus:

Beschreibung:

- Raum aus Holz
- Aufsteigende Stufenbänke mit unterschiedlichen Temperaturen
- Lattenroste als Liegeflächen
- Saunaofen mit Aufgusssteinen
- Festgelegtes Raumklima
- 5-10facher Luftwechsel pro Stunde

Klima:

- Temperatur: ca. 90 - 100°C in der Badezone

- Luftfeuchte: ca. 2 - 5 % relative Luftfeuchte, entspricht ca. 1,5 bis 5 kPa Wasserdampfdruck

Zweck:

- Dient der Erwärmung und dem Schwitzen
- Eingeschränkt auch der Körperreinigung

Badeverfahren:

- 8-10 min (max. 15 min) Verweildauer bei ca. 90°C in der Badezone
- Abkühlung durch Luft (Freiluftbereich) und Kaltwasseranwendungen

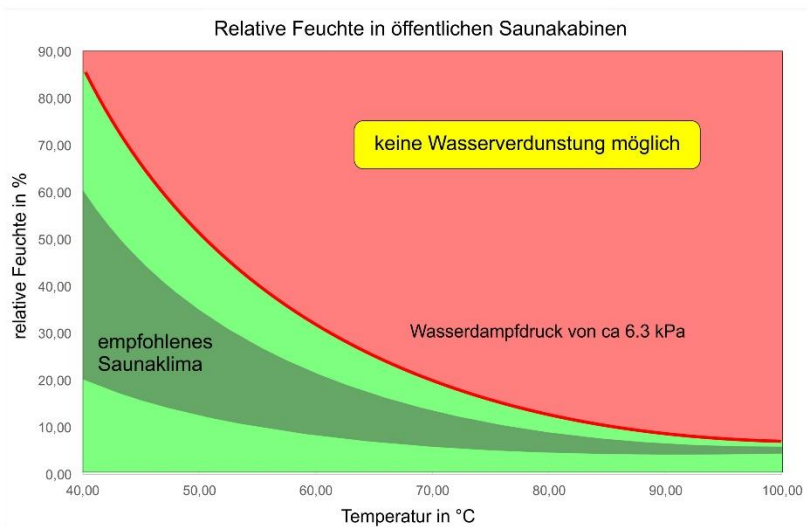


Abbildung 2: Empfohlenes Saunaklima in Bezug auf Temperatur und relativer Luftfeuchte

Saunakabinen zeichnen sich durch hohe Temperaturen (90 – 100 °C an der Raumdecke, ca. 60-80 °C in Höhe der mittleren Bank) und eine geringe relative Luftfeuchtigkeit (2-5 % rel. Feuchte an der Raumdecke, 8-25 % rel. Feuchte in Höhe der mittleren Bank) aus. Innerhalb der Saunakabine besteht eine natürliche, vertikale Temperaturschichtung dahingehend, dass an der Decke die höchsten Temperaturen herrschen, in Fußbodennähe die niedrigsten Temperaturen. In Bezug auf die Luftfeuchtigkeit sind die Verhältnisse gerade umgekehrt. In den einzelnen horizontalen Temperaturschichten ist die

Lufttemperatur im Regelfall weitgehend konstant mit geringen Abweichungen im Bereich des Ofens.

Die Abbildung 2 zeigt das empfohlene Klima des trocken-heißen Saunabades (graues Feld) und verdeutlicht die Bedeutung des Wasserdampfdruckes für die Thermoregulation des Menschen bzw. das Klima in einer finnischen Saunakabine. Im grünen Bereich und damit dem idealen Klima der finnischen Sauna können Menschen thermoregulatorisch effektiv schwitzen. Die rote Linie markiert den kritischen Wasserdampfdruck der schweißbedeckten Haut bei 37°C. Oberhalb dieses Wasserdampfdruckes (rotes Feld) ist eine Verdunstung von Wasser physikalisch nicht möglich.

5.1.2 Das Klima im feuchten Warmluftbad

Warmluftbäder als Ergänzung zur finnischen Sauna findet man heute praktisch in jeder größeren Saunaanlage. Wegen der deutlich geringeren Temperatur (bis 50°C) dehnen sich die Aufenthaltszeiten in der Kabine auf bis zu 25 min aus. Dies ist häufig eine deutlich stärkere Kreislaufbelastung als der Besuch der finnischen Sauna für 15 min, was von den Nutzern jedoch völlig anders empfunden. Das Badeverfahren entspricht dem der Sauna oder des Dampfbades.

Beschreibung:

- Raum aus Holz oder keramischen Werkstoffen
- Aufsteigende Stufenbänke, Lattenroste, Sitzbänke
- Festgelegtes Raumklima
- Thermische Desinfektion mit 75°C (bei Holzkabinen)
- 5facher Luftwechsel pro Stunde

Klima:

- Temperatur: ca. 50°C in der Badezone
- Luftfeuchte: ca. 50 % relative Luftfeuchte, entspricht ca. 6,1 kPa Wasserdampfdruck

Zweck:

- Dient der Erwärmung und dem Schwitzen

Badeverfahren:

- 20 bis 25 min (max. 15 min) Verweildauer bei ca. 50°C und 50 % rel. Feuchte in der Badezone

- Abkühlung durch Luft (Freiluftbereich) und Kaltwasseranwendungen

5.2 Raumlufbelastung von Saunakabinen

5.2.1 Flüchtige organische Verbindungen

Unter sog. flüchtigen organischen Verbindungen (engl. VOC für Volatile Organic Compounds) versteht man eine Gruppe gas- und dampfförmiger Stoffe organischen Ursprungs in der Luft. Dazu gehören zum Beispiel Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Aldehyde, organische Säuren, Lösemittel, Flüssigbrennstoffe, synthetisch hergestellte Stoffe und zahlreiche organische Verbindungen, die in biologischen Prozessen gebildet werden. Viele hundert verschiedene Einzelverbindungen können in der Luft gemeinsam auftreten. Die Summe der Konzentrationen sämtlicher VOC bezeichnet man als TVOC-Wert (Total Volatile Organic Compounds). Als mögliche Quellen in Innenräumen kommen die nachfolgenden Stoffe in Frage: Fußboden-, Wand- und Deckenmaterialien, Farben, Lacke, Klebstoffe, Möbel, Dekormaterialien, Pflege-, Reinigungs- und Hobbyprodukte, Duftstoffe und Tabakrauchen. Da sich Menschen im deutschsprachigen Raum überwiegend in Gebäuden aufhalten und der Abstand zu den potenziellen VOC-Quellen in Innenräumen gering ist, kommt den Innenraumquellen eine größere Bedeutung zu als den Außenluftquellen. Im Rahmen dieser Untersuchung liegt der Focus auf der sog. Materialemission. Darunter versteht man die kontinuierliche Freisetzung von Begleitstoffen aus unterschiedlichen Materialien und deren Oberflächen. Die Stoffe werden dabei über die Materialoberfläche an die Umgebung abgegeben und kontinuierlich aus dem Materialinneren nachgeliefert. Typische flüchtige organische Verbindungen die aus Holz freigesetzt werden sind Terpene und Formaldehyd. Mit Ausnahme von Formaldehyd sind die einzelnen VOC-Konzentrationen sehr gering und gesundheitliche Beeinträchtigungen nicht zu befürchten.

Bei höheren VOC-Konzentrationen kann es aber durch unsachgemäße Verarbeitung oder – wie in der Sauna – durch massiven Einsatz von Saunaaufgussmitteln – zu Geruchsbelästigungen, Reizungen der Augen und der Schleimhäute der Nase bzw. des Nasen-Rachenraums, Kopfschmerzen, Schwindelgefühl und Müdigkeit kommen. Häufig treten auch Symptome auf, die sich nicht einer einzelnen Krankheit zuordnen lassen.

In Innenräumen sollte die Gesamtkonzentration an flüchtigen organischen Verbindungen unter $0,3 \text{ mg/m}^3$ liegen. Einzelrichtwerte wie z.B. die Grenzwerte von Formaldehyd – dürfen dabei nicht überschritten werden. Im Regelfall erfolgt die Bewertung der Qualität von Innenräumen dem nachfolgenden Schema:

Stufe	TVOC-Wert	Bewertung
1	$< 0,3 \text{ mg/m}^3$	Hygienisch unbedenklich. In der Regel keine Beschwerden.
2	$0,3\text{--}1 \text{ mg/m}^3$	Hygienisch noch unbedenklich, soweit keine Richtwertüberschreitungen für Einzelstoffe bzw. Stoffgruppen vorliegen.
3	$1\text{--}3 \text{ mg/m}^3$	Hygienisch auffällig. Nutzung bei Räumen, die regelmäßig genutzt werden, nur befristet akzeptabel (< 12 Monate). Innerhalb von ca. 6 Monaten sollte TVOC-Konzentration deutlich unter den anfangs gemessenen TVOC-Wert abgesenkt werden.
4	$3\text{--}10 \text{ mg/m}^3$	Hygienisch bedenklich. Nutzung bei Räumen, die regelmäßig genutzt werden, nur befristet akzeptabel (< 1 Monat). Die TVOC-Konzentration sollte innerhalb eines Monats unter 3 mg/m^3 abgesenkt werden.
5	$10\text{--}25 \text{ mg/m}^3$	Hygienisch inakzeptabel. Raumnutzung möglichst vermeiden. Ein Aufenthalt ist allenfalls pro Tag stundenweise/zeitlich befristet zulässig. Bei Werten oberhalb von 25 mg/m^3 ist eine Raumnutzung zu unterlassen. Die TVOC-Konzentration sollte innerhalb eines Monats unter 3 mg/m^3 abgesenkt werden.

Quelle: www.lgl.bayern.de

5.2.2 Aldehyde und Ketone – Sonderfall Formaldehyd

Aus verschiedenen Untersuchungen und Messungen im deutschsprachigen Raum (Österreich, Deutschland) ist lange bekannt, dass das Holz in Saunakabinen – in Abhängigkeit von der Temperatur – geringfügige Materialemissionen (Terpene, Formaldehyd) zeigt. Zusätzlich zu dieser de facto unvermeidlichen Grundbelastung der Saunakabinen lässt sich eine deutlich größere Zusatzbelastung der Kabinen mit Aldehyden und Ketonen aus der Pyrolyse der

Verwendung der im deutschsprachigen Raum sehr beliebten Saunaaufgussmittel feststellen. Bei der Pyrolyse der Saunaaufgussmittel auf den heißen Oberflächen des Saunaofens entstehen unter anderem:

- Formaldehyd
- Acetaldehyd
- Butyraldehyd
- 2-Propenal
- Propionaldehyd
- Aceton

In diesem Zusammenhang ist auch noch festzustellen, dass in vielen Saunaaufgussmittel hohe Konzentrationen an Allergie auslösenden Stoffen enthalten sind und sich in einigen Saunaaufgussmittel sogar Formaldehyd oder Formaldehyd absplattende Stoffe befinden (vergl. Ökotest). Wegen des niedrigen Grenzwertes und der „Neubewertung“ der Gefährlichkeit von Formaldehyd durch die WHO und das BfR als allergene, mutagene und karzinogene Substanz, kommt dem Formaldehyd damit eine besondere Stellung und Bedeutung zu.

5.2.3 Kohlendioxid und Luftwechselzahl

Kohlendioxid (CO_2) ist ein farbloses, geruchloses und nicht reizendes Gas, dass man in einer Konzentration von ca. 400 ppm als natürlichen Bestandteil der Außenluft findet. Es regelt über Rezeptoren die Atmung und führt bei einer deutlichen Konzentrationserhöhung zu einer erhöhten Atemfrequenz und des Atemvolumens. In Innenräumen, die von Menschen genutzt werden, resultiert die vorhandene Kohlendioxidkonzentration im Wesentlichen aus diesen Faktoren:

- Anzahl der Personen im Raum
- Aktivität der Personen im Raum (Atemfrequenz)
- Aufenthaltsdauer der Personen im Raum
- Raumvolumen
- Luftwechsel im Raum
- Ggf. Verbrennungsvorgänge im Raum (Kamin, Kerzen)

Ein Anstieg der Kohlendioxidkonzentration in einem Innenraum ist im Regelfall die Folge der Anwesenheit zahlreicher Personen in vergleichsweise

kleinen Räumen bei schlechtem Luftwechsel. Typische Beispiele sind Klassenräume, Sitzungsräume und Saunakabinen. Da sich die Kohlendioxidkonzentration in Luft relativ einfach messen lässt und die Anwesenheit von höheren Kohlendioxidkonzentrationen im Regelfall mit der Anwesenheit anderer, die Luftqualität beeinflussender Stoffe einhergeht (Schweiß, Parfüm, Mikrobiologische Belastung etc.), gilt die Kohlendioxidkonzentration als Indikator für die Qualität der Innenraumluft. Für die Bewertung der Luftqualität in Innenräumen gilt die nachfolgende Tabelle:

Raumluftqualität	Erhöhung der CO ₂ -Konzentration gegenüber der Außenluft (in ppm)	Absolute CO ₂ -Konzentration in der Innenraumluft (in ppm)
hoch	< 400	< 800
Mittel	400 - 600	800-1.000
mäßig	600-1.000	1.000 – 1.400
Niedrig	ab 1.000	ab 1.400

Nach dieser Tabelle gelten Kohlendioxidkonzentrationen unter 1.000 ppm als unbedenklich, zwischen 1.000 und 1.400 als auffällig und über 1.400 als inakzeptabel. Bei einer Überschreitung der 1.000 ppm-Marke sollte deshalb das Lüftungsverhalten überprüft und verbessert werden, denn immerhin besuchen die Saunagäste diese Saunaanlagen um im Rahmen eines gesundheitsorientierten Badeablaufes etwas für ihre Gesundheit zu tun. Bei Überschreitung der 1.400 ppm-Marke sollten weitere Maßnahmen in Betracht gezogen werden.

5.2.4 Relative Luftfeuchte und Wasserdampfdruck

Menschen versuchen als sog. gleichwarme Lebewesen ihre Körperkerntemperatur - auch während des Saunabades - in engen Grenzen konstant zu halten. Bei Umgebungstemperaturen die oberhalb der Körperkerntemperatur liegen (37°C) verbleibt als einzige thermoregulatorische Maßnahme das Schwitzen (die sog. Evaporation), da es sich dabei um einen aktiven, biologischen Prozess handelt. Eine Wärmeabgabe über physikalische Mechanismen (Wärmeleitung, Wärmemitführung oder Wärmestrahlung) ist in einer Umgebung mit Temperaturen oberhalb der Körpertemperatur physikalisch

nicht möglich. Im Gegenteil, durch die physikalischen Wärmeübertragungsmechanismen wird sogar Wärme aufgenommen. Aus diesem Grund erscheint es sinnvoll, die drei unterschiedlichen Badeformen (Sauna, Dampfbad und feuchtes Warmluftbad) eben nicht nur in Bezug auf die Badetemperatur zu vergleichen, sondern auch - oder besser gesagt besonders - in Bezug auf die in der jeweiligen Badeform herrschenden Luftfeuchtigkeit. Diese Betrachtung ist deshalb notwendig, weil die Effektivität der Evaporation – die Effektivität des thermoregulatorischen Schwitzens – hauptsächlich vom Wasserdampfgehalt der Umgebungsluft abhängt, oder wissenschaftlich ausgedrückt vom Wasserdampfdruck. Die Verdunstung von Wasser auf der Hautoberfläche zur Erzeugung von Verdunstungskälte ist tatsächlich nur möglich, wenn der Wasserdampfdruck der ca. 37°C warmen Haut höher ist als der Wasserdampfdruck der Umgebungsluft. Der Wasserdampfdruck der schweißbedeckten Haut liegt bei einer Hauttemperatur von ca. 37°C bei ca. 6,3 kPa.

In einer finnischen Saunakabine (10°C, 2-5% rel. Feuchte, ohne Aufguss) bewegt sich der Wasserdampfdruck - in Abhängigkeit von der jeweiligen Kabine - rechnerisch zwischen 1,5 und 5,1 kPa und damit deutlich unterhalb des Wasserdampfdruckes der schweißbedeckten Haut. Entsprechend ist unter diesen Bedingungen die thermoregulatorische Verdunstung von Wasser möglich. Vollkommen anders stellt sich allerdings die Situation dar, wenn in der Saunakabine ein Aufguss mit zusätzlich ca. 10-30 g Wasser pro Kubikmeter Rauminhalt durchgeführt wird. In diesem Fall steigt der Wasserdampfdruck rechnerisch auf bis zu 9,1 kPa und liegt damit deutlich oberhalb des Wasserdampfdruckes der Haut. Unter diesen Bedingungen ist die Verdunstung von Wasser/Schweiß nicht mehr möglich und der Schweiß tropft, thermoregulatorisch ineffizient, von der Haut ab anstatt zu verdunsten. Unter diesem Aspekt sind die heute meist viel zu „langen“ und zu „feuchten“ Saunaaufgüsse sehr kritisch zu betrachten.

5.2.5 Sonderfall Menthol bzw. Mentholkristalle

Menthol ist chemisch betrachtet ein sog. zyklischer Monoterpenalkohol, der aus den ätherischen Ölen von Pflanzen der Gattung „Mentha“ – also z.B. Pfefferminzblättern - gewonnen wird. In geringen Konzentrationen (bis ca. 1 %) ist Menthol in zahlreichen Arzneimitteln enthalten, die zur Behandlung von Hautkrankheiten, Infektionen und Sportverletzungen eingesetzt werden. Neben der schmerzlindernden und juckreizstillenden Wirkung vermittelt Menthol eine kühlende Wirkung, die dazu geführt hat, dass Mentholkristalle

in Saunananlagen während des Aufgusses durch zumeist falsch oder unzureichend ausgebildete Saunamitarbeiter auf die heißen Ofensteine gegeben wird. Das in der Luft gelöste Menthol schlägt sich auf der Haut der Saunagäste nieder und führt zu einem intensiven Kältereiz auf der Haut des Saunagastes innerhalb der heißen Saunakabine. Das entstehende Kältegefühl empfinden viele Saunagäste als angenehm wenngleich es dabei nicht physikalisch, sondern pharmakologisch erzeugt wird. Das freigesetzte Menthol dringt in die Haut der Saunagäste ein und binden an die Kationenkanäle der Kälterezeptoren (TRPM8), die normalerweise durch physiologische Kaltreize ausgelöst werden. Diese Kaltrezeptoren sind für das Empfinden von Kälte von zentraler Bedeutung. Ähnlich wie durch Menthol werden diese Kaltrezeptoren auch durch z.B. Eucalyptol und Icilin aktiviert, die dadurch vergleichbare Hautreaktionen erzeugen. Das in scharfen Speisen enthaltene Capsaicin bindet übrigens an die TRP-Kanäle von Wärmerezeptoren und löst im Gegensatz zu Menthol ein intensives Wärmegefühl aus.

Auch wenn diese kühlende Hautreaktion von vielen Saunagästen als überraschend, irritierend oder angenehm empfunden wird, ist von der Verwendung von Mentholkristallen in Saunakabinen aus den unterschiedlichsten Gründen dringend abzuraten, und von Betreiberseite der Einsatz von Mentholkristallen rigoros zu untersagen.

1. Reines Menthol liegt in nadelförmigen Kristallen vor und ist praktisch unlöslich in Wasser. Die Herstellung eines stark verdünnten und damit ungefährlichen Aufgusswassers ist somit nicht möglich. Die Kristalle werden deshalb oft direkt auf die Aufgusssteine gegeben, was sich wegen des geringen Flammpunktes der Mentholkristalle von ca. 101 °C von selbst verbietet, da die Ofensteine im Regelfall Temperaturen zwischen 100 und 120°C aufweisen (bis zu 250°C). Die Entstehung offener Flammen ist damit in der heißen und trockenen Saunakabine unvermeidlich. Das Brandrisiko ist extrem hoch und vollständig unkalkulierbar. Der Einsatz von Mentholkristallen vor diesem Hintergrund muss deshalb als „grob fahrlässig“ bis „vorsätzlich“ bewertet werden.

2. Ein ungeschulter – oder falsch geschulter – Saunamitarbeiter könnte auf die Idee kommen, die Mentholkristalle in Ethanol zu lösen und daraus eine Gebrauchslösung herzustellen. Wegen der leichten Entflammbarkeit von Ethanol führt dieser Ansatz zum gleichen Ergebnis wie der Einsatz von reinen Kristallen.

3. Hohe Mentholkonzentrationen – ab 1,25 % (!!!) – und reines Menthol wirken reizend auf Haut und Augen. Es ist davon auszugehen, dass die Mitarbeiter in Saunaaanlagen nicht über die notwendigen Fähigkeiten, Kenntnisse und Analysewerkzeuge verfügen, um „Gebrauchslösungen“ von 0,1 bis 1,0 % erstellen zu können. Nur in diesen Konzentrationen wirkt Menthol auf der Haut kühlend. Ab 1,25 % kippt dieser Effekt und es wird ein brennendes, reizendes und schmerzendes Gefühl erzeugt. Gleichzeitig kann es zu einer erhöhten Empfindlichkeit gegen Kälte kommen.

4. Die Anwendung von Menthol bei Säuglingen, Kleinkindern und in der Schwangerschaft ist kontraindiziert.

5. Menthol zeigt einige unerwünschte Nebenwirkungen:

- a. Allergische Hautreaktionen (Kontaktdermatitis).
- b. Augenreizungen
- c. Atemstillstand und/oder Kollaps, vorwiegend bei Säuglingen und Kleinkindern.
- d. Hautreizung bei hohen Konzentrationen (1,5 bis 15%)

6. Durch die Bindung an die Kaltrezeptoren und die freien Nervenendigungen in der Haut des Saunagastes kommt es zu einer Gefäßweitstellung. Da die Gefäße in der Saunakabine sowieso weit gestellt werden, erhöht sich das Risiko einer orthostatischen Dysregulation. Mit Blick auf die nach der Warmanwendung anstehenden Kaltanwendungen mit einhergehenden Vaso-konstriktion (Blutgefäße verengen sich), stellt sich vor dem Hintergrund der Dauer des Effektes der Gefäßweitstellung natürlich die Frage nach der Sinnhaftigkeit der Anwendung von Mentholkristallen in einer Saunakabine. Der Saunagast möchte im Rahmen des gesundheitsorientierten Saunabades gerne das sog. Gefäßspiel seiner peripheren Blutgefäße trainieren und der unkundige Saunamitarbeiter vereitelt durch die Gabe von Mentholkristallen diese Wirkung.

7. Den Sicherheitsdatenblättern für den Umgang mit Mentholkristallen lässt sich entnehmen, dass präventiv wegen der Hautreizungen, schweren Augenschäden und der Reizung der Atemwege Schutzhandschuhe und Augenschutz getragen werden müssen. Da normalerweise Labormitarbeiter nicht textilfrei arbeiten – anders als Saunamitarbeiter während eines Aufgusses - empfiehlt sich auch das Tragen eines Kittels. Auf die Argumentationskette, warum der Saunamitarbeiter den Aufguss mit Mentholkristallen mit persön-

licher Schutzausrüstung durchführen muss und dabei gleichzeitig von den angeblich positiven Wirkungen der Mentholkristalle berichtet, darf man gespannt sein.

8. Auf in Apotheken käuflich zu erwerbenden Mentholkristallen befindet sich inzwischen häufig der Warnhinweis: „Nicht für Saunaaufgüsse geeignet!“ Aus den dargestellten Gründen kann man Mentholkristalle deshalb auch nicht bei seriösen Saunafachhändlern und Aufgusslieferanten/Zulieferern kaufen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es wirklich keinen einzigen rationalen Grund dafür gibt, potenziell gesundheitsgefährdende Wirkstoffe wie Mentholkristalle oder Formaldehydemittierende Saunaaufgussmittel im Rahmen eines angeblich gesundheitsfördernden Saunabades durch die absolut unzulänglich oder falsch geschulten Mitarbeiter einer Saunaanlage anzubieten oder anzuwenden. Leider ist immer wieder festzustellen, dass durch die fehlende fachliche Qualifikation von Saunamitarbeitern und Saunabetreibern gravierend negativ in den Badeablauf eingegriffen wird und die positiven Wirkungen des gesundheitsfördernden Saunabades ad absurdum geführt werden. Aus unserer Sicht ein zwingender Grund, die fachlich korrekte Schulung von Mitarbeitern in einer Saunaanlage durch neutrale Schulungsträger zu fordern.

6.1 Eigenschaften von Formaldehyd

Um die Problematik von Formaldehydmissionen in Innenräumen zu bewerten – und anschließend verändern zu können - ist es zunächst notwendig, die möglichen Quellen, Eigenschaften und Wirkungen von Formaldehyd im Rahmen eines Saunabades darzustellen.



Abbildung 3: Strukturformel von Formaldehyd

Bei Formaldehyd handelt es sich um ein farbloses, brennbares, stechend riechendes Gas, dessen Geruchsschwelle unterhalb des sog. „safe level“ von 0,1 ppm (0,125 mg/m³) liegt. Sofern man also den Geruch von Formaldehyd wahrnimmt, ist dies immer mit einer Überschreitung des Grenzwertes verbunden und der stechende Geruch muss deshalb als Warnsignal des Organismus betrachtet werden. Mit einem Molekulargewicht von 30,03 ist der Dampf von Formaldehyd geringfügig schwerer als Luft und sammelt sich deshalb am Boden. Daraus lässt sich ableiten, dass die Entlüftung von Innenräumen möglichst auf der Höhe des Fußbodens erfolgen sollte. Das polare Molekül mit der Formel H₂C=O ist leicht löslich in Wasser, Alkoholen und polaren Lösungsmitteln. Aus der leichten Löslichkeit in Wasser zusammen mit der hohen Reaktionsfreudigkeit des Formaldehyds lässt sich ableiten, dass die Zielorgane des Formaldehyds neben der Haut die feuchten Oberflächen der Augen, des Nasen-Rachen-Raumes und des Magen-Darm-Traktes sind. Nach dem Einatmen werden wegen der hohen Reaktionsfreudigkeit des

Gases nur noch 5 % wieder abgeatmet. Der weitaus größte Teil des Formaldehyds reagiert in den oberen Atemwegen (Nase, Rachen, Kehlkopf, Luftröhre und Bronchen), dringt dort schnell in das Gewebe ein und verursacht vorwiegend lokale Wirkungen. Nur ein kleiner Teil wird ins Blut aufgenommen, weshalb der Nachweis von Formaldehyd im Blut nicht zielführend ist.

Wenig hilfreich ist auch die immer wieder vorgetragene Argumentation, dass Formaldehyd auf natürlichem Wege im sog. C1-Stoffwechsel des Menschen selbst gebildet wird – und deshalb ja ungefährlich sein muss –, denn die Bildung von natürlichem Formaldehyd erfolgt in dafür vorgesehenen Kompartimenten in der Zelle mit entsprechenden Schutzmechanismen, die in anderen Bereichen der Zellen schlicht fehlen.

6.2 Toxikologie und Symptomatik von Formaldehyd

Entscheidend ist bei der toxikologischen Bewertung von Formaldehyd nicht nur die einwirkende Konzentration, sondern auch das potenzielle Zielorgan. Der toxikologische Wirkungsmechanismus besteht deshalb zunächst in einer lokalen Reizung der Haut- und Schleimhäute, später in Entzündungen und Verätzungen. Bei der oralen Aufnahme einer ca. 35-40%igen Formaldehydlösung (Formalin) beträgt die letale Dosis ca. 10-40 ml.



Abbildung 4: Aufnahmewege von Formaldehyd

Nach Kontakt mit Formaldehyd lassen sich an den unterschiedlichen Zielorganen akute und chronische Reaktionen unterscheiden. Zu den akuten Reaktionen der Augen nach Exposition mit Formaldehyd gehören: Brennen, Rötung, Tränenfluss und Fremdkörpergefühl. Mit steigender Dosis Lidkrampf, Abblassen der Bindehaut und schlussendlich eine Trübung der Hornhaut. Nach der Inhalation von Formaldehyd zeigen sich unterschiedliche Stufen einer Vergiftung. Bei leichten Vergiftungen zeigt der Betroffene Hustenreiz, Übelkeit und/oder Erbrechen. Bei mittelschweren Vergiftungen kommen Brustschmerzen und Atemnot hinzu, während schließlich bei schweren Vergiftungen Kehlkopf- und Lungenödeme auftreten, sowie ein tödlicher Atem- und Herz-Kreislauf-Stillstand eintritt. Bei Menschen mit bestehender Sensibilisierung gegen Formaldehyd (Formaldehyd-Allergie) können bereits bei sehr niedrigen Konzentrationen Atemnot und Krämpfe der Bronchien auftreten. Zu den akuten Hautreaktionen auf Formaldehyd gehören bei leichten Vergiftungen: Brennen, Schmerzen und Rötung am Ort der Einwirkung. Bei mittelschweren Vergiftungen kommt eine Blasenbildung dazu und bei schweren Vergiftungen geht das Gewebe unter und heilt unter Narbenbildung ab. Bei wiederholtem Hautkontakt zeigt Formaldehyd als bedeutendes Kontaktallergen ein hohes Sensibilisierungspotenzial für allergische Reaktionen, die bereits bei Kontakt mit 0,05%iger Lösung auftreten können. Neben den akuten Reaktionen auf Formaldehyd lassen sich als chronische Reaktionen an den Zielorganen Entzündungen feststellen (Augenbindehaut, Nasen-Rachen-Raum) und krebserzeugende, erbgutverändernde und fortpflanzungsgefährdende Wirkungen. Die krebserzeugende Wirkung beim Menschen ist konzentrationsabhängig und das BfR gibt einen „safe level“, bei dem auch nach wiederholter Exposition keine gesundheitsschädlichen Wirkungen zu befürchten sind, von $0,1 \text{ ppm} = 124 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ an}$.

6.3 Vorkommen von Formaldehyd in der Umgebungsluft

Formaldehyd wird in der Troposphäre durch sog. photochemische Reaktionen gebildet, reichert sich wegen seiner kurzen Halbwertszeit von wenigen Stunden aber nicht an, so dass auf natürlichem Weg keine hohen Konzentrationen erreicht werden. Tatsächlich stammen ca. 70% des in der Außenluft vorkommenden Formaldehyds aus Autoabgasen und unvollständigen Verbrennungsprozessen. In Innenräumen sind die hauptsächlichen Emissionsquellen Holzwerkstoffe (Möbel, Holz, Holzplatten), Tabakrauch, Verbrennungsprozesse und Reinigungs- und Pflegemittel. Der Rauch einer Zigarette setzt z.B. ca. 1,5 mg Formaldehyd frei. Der Rauch von 6 Zigaretten in Innenräumen führt innerhalb von 15 min bei einem einfachen Luftwechsel zu einer

Überschreitung des Grenzwertes von $0,124 \text{ mg/m}^3$. Das ist einer der Gründe für das bekannte Rauchverbot in Innenräumen.

6.4 Wann gilt welcher Grenzwert für Formaldehyd?

Für viele Gefahr- und Giftstoffe existieren unterschiedliche Grenzwerte, die aus nachvollziehbaren Gründen auf unterschiedliche Lebensbereiche oder Lebensabschnitte angepasst wurden. Auch für Formaldehyd findet man in der Literatur sehr schnell mindestens drei Grenzwerte:

- | | |
|------------------------------------|------------------------|
| 1. Einen Grenzwert für Innenräume: | $0,124 \text{ mg/m}^3$ |
| 2. Einen Arbeitsplatzgrenzwert: | $0,37 \text{ mg/m}^3$ |
| 3. Einen Arbeitsplatzmaximalwert: | $0,74 \text{ mg/m}^3$ |

Bevor man in die Diskussion einsteigt, welcher Grenzwert in Saunakabinen für Mitarbeiter und/oder Gäste angewendet werden soll, lohnt es sich darüber nachzudenken, ob man als Saunagast oder Saunamitarbeiter grundsätzlich dazu bereit ist, in einem angeblich der Gesundheit förderlichen Badeverfahren die Anwesenheit von gesundheitsgefährdenden Giftstoffen – in welcher Konzentration auch immer – zu akzeptieren.

Grundsätzlich gilt, dass ein gesundheitsorientiertes Saunabad nicht nur positive Wirkungen für die menschliche Gesundheit entfalten sollte, sondern auch, dass ein der Gesundheit dienendes Saunabad zwingend frei sein muss von gesundheitsgefährdenden oder sogar nachweislich gesundheitsschädigenden Einflüssen. Dieses zentrale Dogma des gesundheitsorientierten Saunabades gilt sicher für die Saunagäste, und es ist tatsächlich kein belastbares Argument vorstellbar, warum dieses Dogma nicht auch für die Mitarbeiter in Saunakabinen gelten sollte. Vor diesem Hintergrund muss man sich tatsächlich die Frage stellen, ob der Einsatz von Saunaaufgussmitteln, die - außer vielleicht gut zu riechen - keine messbaren oder reproduzierbaren physiologischen Wirkungen besitzen und bestenfalls über das limbische System die Affektlage der Gäste beeinflussen, im Rahmen eines gesundheitsorientierten Saunabades eingesetzt werden sollten. Das in diesem Zusammenhang immer wieder vorgetragene Argument, dass auf die Aufgussmittel nicht verzichtet werden kann, weil die Gäste diese Mittel unbedingt „haben“ wollen, ist wenig stichhaltig, da den Gästen ja die zweifelsohne wichtige Information, dass durch die Pyrolyse der Aufgussmittel allergene, mutagene und karzinogene

Abbauprodukte (Formaldehyd) entstehen, die die Gäste dann einatmen, vor-
enthalten wird. Wie würden wohl die auf ihre Gesundheit bedachten Saunagäste reagieren, die die Sauna besuchen um etwas für ihre Gesundheit zu tun, wenn ihnen mitgeteilt werden würde, dass während der Aufgüsse unstrittig krebserregende Substanzen freigesetzt und von den Gästen eingeatmet werden?

Letztendlich muss sich jeder Saunabetreiber und Saunagast selber fragen, ob er den unbewiesenen Versprechungen der auf hochtönen laufenden Marketingstrategien der Hersteller von Aufgussmitteln Glauben schenken will, und seine eigene bzw. die Gesundheit seiner Gäste den ökonomischen Interessen dieser Hersteller opfern möchte. **Aus naturwissenschaftlicher Sicht ist die Belastung von Saunagästen während eines angeblich gesundheitsfördernden Saunabades mit hochgiftigen Chemikalien wie Formaldehyd absolut inakzeptabel und führt das zentrale Dogma des gesundheitsorientierten Saunabades vollumfänglich ad absurdum.** Auf der Basis dieser Feststellung lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass die nachfolgenden Überlegungen dazu, welcher Grenzwert für Formaldehyd – oder andere Giftstoffe - in einer öffentlichen Saunakabine anzuwenden ist, von rein akademischen Interesse ist. Seriöse, auf das Wohlergehen ihrer Gäste und Mitarbeiter bedachte Saunabadbetreiber werden grundsätzlich keine gesundheitsschädlichen Substanzen im Saunabadeverfahren einsetzen. Gleiches gilt für Saunagäste, die die Sauna besuchen um etwas für – und nicht gegen – ihre Gesundheit zu tun.

6.4.1 Safe Level

Der Ausschuss für Innenraumrichtwerte von Bund und Ländern hat 2016 für Formaldehyd einen Innenraumrichtwert von 100 µg/m³ abgeleitet. Dieser Grenzwert soll auch kurzzeitig, das bedeutet für einen Messzeitraum von 30 min, nicht überschritten werden.

Dieser Grenzwert entspricht dem WHO-Grenzwert für Formaldehyd aus dem Jahre 2000 und entspricht fast dem Grenzwert für Formaldehyd, der der Chemikalien-Verbotsverordnung zu Grunde liegt: 0,1 ppm (124 µg/m³).

Das Bundesamt für Risikobewertung hat diesen Grenzwert 2006 als sog. „save level“ bestätigt:

„Jegliches Risiko im Konzentrationsbereich des so definierten „sicheren“ Wertes und in niedrigeren Konzentrationen ist äußerst gering, kann nicht vom Hintergrundrisiko unterschieden werden und ist damit „praktisch nicht existent.“ (BfR 2006)

Aus der Feststellung des Bundesamtes für Risikobewertung ergibt sich, dass bei Formaldehydbelastungen von weniger als $0,124 \text{ mg/m}^3$ bei einer Belastung von bis zu 30 Minuten Dauer kein erhöhtes Risiko zu erwarten ist. Aus diesem Grenzwert ergibt sich aber auch, dass bei Belastungen von mehr als 30 Minuten und/oder über $0,124 \text{ mg/m}^3$ ein erhöhtes Risiko besteht. **Für die Gäste einer Saunaanlage ist dieser Grenzwert von $0,124 \text{ mg/m}^3$ verbindlich!** Da der Aufenthalt in einer Saunakabine im Regelfall ca. 15 min nicht überschreitet, ist aus praktischen Überlegungen nur noch die Überschreitung des Grenzwertes der Höhe nach interessant. Mit Blick auf die Gesundheitsorientierung des Saunabadbesuchers sind demnach Formaldehydkonzentrationen von mehr als $0,124 \text{ mg/m}^3$ auch kurzfristig abzulehnen.

6.4.2 Arbeitsplatzgrenzwerte

Bei der Ableitung von Grenzwerten für Formaldehyd in der Innenraumluft werden nicht die gleichen Maßstäbe angelegt, wie für Arbeitsplatzgrenzwerte. Dies begründet sich darin, dass bei vielen Tätigkeiten in Industrie und Handwerk prozessbedingt Schadstoffe entstehen, deren Konzentration – warum auch immer – nicht auf die allgemeingültigen Innenraumluftwerte reduziert werden können. Entsprechend dieser Voraussetzung gelten **Arbeitsplatzgrenzwerte nur für Arbeitende an Industriearbeitsplätzen und im Handwerk**, bei denen aufgrund der Verwendung oder Erzeugung bestimmter Arbeitsstoffe eine erhöhte Belastung zu erwarten ist. Da der Betrieb von Saunakabinen im Bereich der Dienstleistungen anzusiedeln ist, und nicht im Bereich von Industrie und Handwerk, sind die Grenzwerte der Industrie und des Handwerks grundsätzlich **nicht** auf Arbeitsplätze in der Sauna anzuwenden.

Zusätzlich haben die Arbeitsplatzgrenzwerte einen anderen Personen- und Zeitbezug als der Grenzwert für die Innenraumluft. Der Arbeitsplatzgrenzwert gilt

- nur für gesunde Arbeitende
- an acht Stunden täglich (gewichteter Mittelwert)
- und für maximal 40 Stunden in der Woche (5 Tage x 8 Std.)

Grundsätzlich wird auch unterstellt, dass Arbeitnehmer, die berufsbedingt Schadstoffen ausgesetzt sind, zusätzlich eine arbeitsmedizinische Betreuung

erhalten und deshalb unter einer engmaschigeren Beobachtung als die Allgemeinbevölkerung stehen. Der Grenzwert für Innenräume, die nicht zu Arbeitsplätzen der Industrie und des Handwerks gehören wie z.B. Arbeitsplätze in Saunakabinen oder Büroräumen, wird aufgrund bevölkerungsbezogener Studien abgeleitet, die auch empfindliche Personengruppen und empfindliche Zeiträume des Lebens einbeziehen (kranke Personen, Kinder, Jugendliche, schwangere Personen, ältere und alte Menschen). Der zentrale Unterschied besteht darin, dass bei Arbeiten mit Gefahrstoffen gesunde Erwachsene betrachtet werden, die in einer definierten Zeit - fünf Tage pro Woche maximal acht Stunden pro Tag - diesen Substanzen ausgesetzt sein „dürfen“. Der viel niedrigere Wert für die Innenraumluft hingegen gilt für alle Menschen und bezieht besonders auch die Schwächsten mit ein, die man übrigens auch beim gesundheitsorientierten Saunabad findet.

Für Arbeitsplätze in Deutschland und natürlich auch für Saunaanlagen gilt ganz allgemein die Arbeitsstättenverordnung und davon ausgehend die "Arbeitsstättenregeln". In Sachen Luftqualität ergibt sich daraus:

„In umschlossenen Arbeitsräumen muss gesundheitlich zuträgliche Atemluft in ausreichender Menge vorhanden sein. In der Regel entspricht dies der Außenluftqualität“.

Die Arbeitsstättenverordnung verlangt für Arbeitsräume demnach eine Luftqualität die „gesundheitlich zuträglich“ sein muss und „im Regelfall“ der Außenluft entspricht – die mit Blick auf diese Betrachtung hier kein Formaldehyd enthält. Die beiden wenig konkreten Formulierungen „gesundheitlich zuträglich“ bzw. „im Regelfall“ bieten einen gewissen Spielraum, der den Arbeitgeber im Falle von Abweichung dazu verpflichtet, eine Gefährdungsbeurteilung zum Einsatz seiner Mitarbeiter unter den gewählten Raumluftbedingungen durchzuführen. Die Gefährdungsbeurteilung für den Arbeitsplatz Saunakabine und hier insbesondere die Durchführung von Saunaaufgüssen zeigt eine Besonderheit: Im Rahmen der Dienstleistung Saunabaden wird der Aufguss nur in der Gegenwart der Saunagäste und tatsächlich für die Saunagäste durchgeführt. Da Saunagäste keine Mitarbeiter sind, die einer besonderen medizinischen Kontrolle unterliegen, gilt während des Aufgusses für diese Gäste – die übrigens aus gesundheitlichen Motiven Saunabaden – der Innenraumluftwert von $0,124 \text{ mg/m}^3$. Da logischerweise die Innenraumluft der Saunakabine nicht für unterschiedliche Nutzer separat betrachtet werden kann, gilt natürlich auch für die Mitarbeiter der Grenzwert von $0,124 \text{ mg/m}^3$.

Löst man aus dieser Betrachtung – warum auch immer – die Mitarbeiter der Saunaanlagen heraus, ergibt sich mit Blick auf die Pyrolyse der Saunaaufgussmittel während des Aufgusses und der Freisetzung von Formaldehyd das nächste Problem. Der Arbeitgeber ist natürlich dazu verpflichtet, durch technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen – in dieser Reihenfolge – die Gesundheit der Mitarbeiter zu schützen. Da die Ausbringung von ätherischen Ölen nachweislich keinen physiologisch reproduzierbaren Effekt hat, stellt sich dem Naturwissenschaftler sofort die Frage nach dem rationalen Grund, warum derartige Chemikalien überhaupt auf dem Saunaofen ausgebracht werden „müssen“? Da ein Saunabad seine volle gesundheitliche Wirkung auch ohne einen Aufguss entfaltet, ist weder die Durchführung von Saunaaufgüssen noch die Verwendung von Saunaaufgussmitteln notwendig. Entsprechend kann durch eine einfache organisatorische Maßnahme, nämlich den Verzicht auf Saunaaufgussmittel, das Problem vollumfänglich gelöst werden. Alternativ muss sichergestellt werden, dass die Saunaaufgussmittel kein Formaldehyd enthalten und nicht pyrolytisch zersetzt werden können.

7.1 Auswahl der Saunakabinen, Datenerhebung und Messtechnik

7.1.1 Auswahl der Saunakabinen

Im Untersuchungszeitraum von Oktober 2018 bis März 2019 wurden in insgesamt 100 öffentlichen Saunakabinen verdeckte Messungen zu Formaldehydemissionen, flüchtigen organischen Verbindungen, relativer Luftfeuchte, Temperatur, Größe und Kohlendioxidbelastung durchgeführt. Die Auswahl der öffentlichen Saunakabinen erfolgte dabei nach folgenden Kriterien:

1. Zentrales Anliegen der vorliegenden Untersuchungen war die Erfassung und Abbildung der tatsächlichen Ist-Situation der klimatischen Bedingungen in öffentlichen Saunaanlagen und zwar genau so, wie jeder Badegast – auch ggf. gesundheitlich angeschlagene, Schwangere, Kinder, Kranke - sie jeden Tag erleben kann oder muss. Um auszuschließen, dass durch die Ankündigung der Messungen in den einzelnen Betrieben Korrekturen im Verhalten oder organisatorischen Ablauf vorgenommen werden können, erfolgten alle Messungen ohne Vorankündigung und ohne Wissen der jeweiligen Betreiber und/oder Mitarbeiter. Alle in Rede stehenden Saunakabinen wurden als normaler Gast während der normalen Öffnungszeiten besucht und die Messungen im laufenden Betrieb und damit absolut realitätsbezogen durchgeführt.
2. Da mit den Messungen durch Vergleiche mögliche Abhängigkeiten, Koinzidenzen und Verhältnismäßigkeiten ermittelt werden sollten, wurde die Probengröße der zu messenden öffentlichen Saunakabinen auf 100 Kabinen festgesetzt. Mögliche Abhängigkeiten müssten sich bei dieser Probengröße zuverlässig nachweisen lassen.
3. Bei einer Probengröße von 100 Saunakabinen muss ebenfalls davon ausgegangen werden, dass statistische Effekte durch „Ausreißer“ oder Messungenauigkeiten vernachlässigt werden können, und im Ergebnis eine repräsentative und belastbare Abbildung der tatsächlichen Ist-Situation in öffentlichen Saunakabinen entsteht.
4. Um möglichst zuverlässig Zusammenhänge und Abhängigkeiten messen und ermitteln zu können, wurden unterschiedliche Arten von öffentlichen Saunaanlagen ausgewählt, die mutmaßlich unterschiedlich betrieben werden.

- a. Ungefähr 25% der ausgewählten Saunakabinen waren Hotelsaunen, die sich im Regelfall durch eine kleine Größe und fehlende Aufgüsse/Aufgussmittel auszeichnen.
 - b. Ungefähr 25% der ausgewählten Saunakabinen waren öffentliche Saunakabinen in denen regelmäßige Aufgüsse durchgeführt werden.
 - c. Ungefähr 25% der Saunakabinen standen in Betrieben, die vom Deutschen Sauna-Bund wegen der angeblich hohen Qualität auch bei der Durchführung von Saunaaufgüssen mit 5-Sternen (Sauna-Premium) ausgezeichnet wurden.
 - d. Ungefähr 25% der Saunakabinen wurden bei Temperaturen unterhalb von 80°C betrieben. Diese Saunakabinen fungieren als interne Kontrolle.
5. Um mögliche geographische oder regional-organisatorische Besonderheiten grundsätzlich auszuschließen, die vielleicht die Messergebnisse beeinflussen könnten, wurden willkürlich öffentliche Saunakabinen verteilt über die gesamte Bundesrepublik ausgewählt.

7.1.2 Durchführung der Datenerhebung

Bedingt durch den Schwerpunkt dieser Untersuchung mit dem Ziel, die tatsächliche Ist-Situation der klimatischen Bedingungen und deren Belastungen in öffentlichen Saunakabinen zu erfassen und abzubilden, ergeben sich für die eingesetzte Messtechnik und die Durchführung der Datenerhebung einige Besonderheiten:

1. Um verdeckte Messungen durchführen zu können, ist der Einsatz kleiner und handlicher Messinstrumente notwendig. Der Aufbau von umfangreichen Messapparaturen ist im laufenden Betrieb einer Saunakabine unmöglich.
2. Die eingesetzten Messinstrumente müssen innerhalb von kurzen Messzeiträumen (maximal 15 min) zu ausreichend genauen Messergebnissen führen.
3. Die eingesetzten Messinstrumente müssen in den in Saunakabinen vorherrschenden Klimabedingungen (Temperaturbereich) noch zuverlässige Messwerte ermitteln.
4. Messungen „im Feld“ unterscheiden sich von Messungen im Labor immer durch eine geringere Messgenauigkeit, da Standardbedingungen wie im Labor im Feld natürlich nicht erreicht werden können.

5. Die spezifischen Bedingungen in den einhundert unterschiedlichen Saunakabinen sind natürlich ebenfalls in vielen Faktoren unterschiedlich. Neben der Nutzungsfrequenz, der Betriebstemperatur, den verwendeten Aufgussmitteln, der verwendeten Hölzer, der verwendeten Aufgusswassermengen, der Geometrie der Kabinen, der Wärmequellen, der eingesetzten Reinigungsmittel, des Alters, der Betriebsdauer etc. waren die Messpunkte der einzelnen Messungen natürlich nicht identisch. Diese Unterschiede beeinflussen natürlich die Genauigkeit der Messergebnisse. Da das Ziel der Untersuchung jedoch nicht die Erhebung exakter Messergebnisse, sondern die Bildung von Verhältnismäßigkeiten und Koinzidenzen ist, kann die verwendete Messtechnik und die Durchführung der Messungen als vollumfänglich ausreichend bewertet werden.
6. Für die Messung von Formaldehydkonzentrationen, flüchtigen organischen Verbindungen und Kohlendioxid wurden vor den Feldmessungen Probemessungen in einigen Saunakabinen vorgenommen, um zu prüfen, ob innerhalb einer Saunakabine unterschiedliche Konzentrationen festgestellt werden können. Dazu wurden an zehn unterschiedlichen Punkten in einer Kabine Messungen vorgenommen. Die nachfolgende Abbildung (Abbildung 5) zeigt die typischen Messergebnisse aus einer Hotelsaunakabine für Formaldehyd.

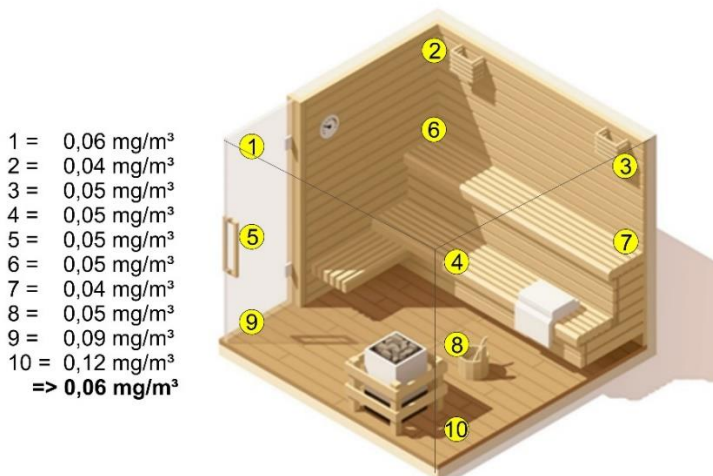


Abbildung 5: Kontrolle der Messpunkte für Formaldehydmessungen

Die Messergebnisse verdeutlichen, dass es unerheblich ist, an welchem der 10 unterschiedlichen Messpunkte die Messungen vorge-

nommen werden. Um eine höchstmögliche Genauigkeit der Messungen zu erreichen, wurden in jeder Saunakabine für jeden Datensatz jeweils drei Messungen durchgeführt und der rechnerische Mittelwert bestimmt.

7. Die Messung der relativen Luftfeuchte in Prozent ist abhängig von der Temperatur. Entsprechend wurde an jedem Messpunkt neben der jeweiligen relativen Luftfeuchte auch die Temperatur gemessen. Um eine größtmögliche Vergleichbarkeit der Messwerte zu gewährleisten, wurde soweit möglich versucht, in Höhe der mittleren Bank in ungefähr der Mitte der Saunakabine zu messen.

7.1.3 Eingesetzte Messtechnik

7.1.3.1 Größe der Saunakabinen

Die Erfassung der Größen der Saunakabinen erfolgte mit Hilfe eines handelsüblichen Trotec Laserentfernungsmessers mit einer Messgenauigkeit von +/- 2 mm und einer Reichweite von 0,05 bis 70 Metern

7.1.3.2 Kohlendioxid

Das Kohlendioxidmessgerät hat eine Messgenauigkeit von 1 ppm bei einer Messreichweite von 0 bis 9.999 ppm in einem Temperaturbereich von -10 bis +60°C

7.1.3.3 Relative Luftfeuchte und Lufttemperatur

Die Temperatur und Luftfeuchtigkeit am Messpunkt wurde mit einem VOLTcraft PL-100TRH Thermo/Hygrometer gemessen. Das Messgerät zeigt eine Auflösung von 0,1°C und 0,1% im Temperaturbereich von -10 bis +60°C.

7.1.3.4 Flüchtige organische Substanzen und Formaldehyd

Für die Messung von Formaldehyd und flüchtiger organischer Verbindungen wurden zwei Geräte eingesetzt, ein Formaldehydmeter von EXTECH Model VFM200 sowie ein Messgerät von HalTech Model HFX205. Beide Geräte werden kalibriert ausgeliefert und zeigen eine Messgenauigkeit von 0,01 mg/m³ in einem Temperaturbereich von bis zu 40°C. Wegen der niedrigen Betriebstemperatur wurden die Formaldehydkonzentrationen in Höhe der Auftrittsbank gemessen.

Die Brennstoffzellenmesstechnik zeigt eine Querempfindlichkeit gegen Isopropanol, Methanol und Ethanol. Jeweils 100 ppm Isopropanol, Methanol und Ethanol führen zu einem Messwert von ca. 0,5 ppm. Um mögliche Querempfindlichkeiten gegen leichtflüchtige Alkohole weitgehend auszuschließen wurden die Messungen jeweils vor den Aufgüssen durchgeführt, da zu diesem Zeitpunkt flüchtige Alkohole weitgehend aus den Kabinen entfernt worden sein sollten. Kontrollversuche mit der Ausbringung von reinem Isopropanol auf Saunaöfen mit stufenweisen Folgemessungen zeigten, dass unter diesen Bedingungen ausreichend genaue Aussagen für die Formaldehydmissionen getroffen werden können.

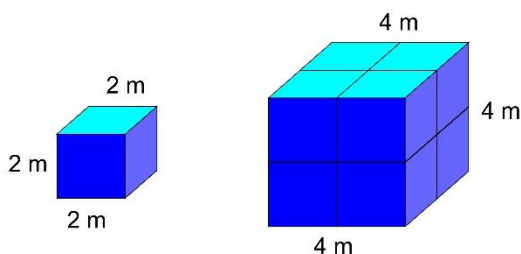
Kontrollmessungen vor den jeweiligen Saunakabinen bestätigten diese Einschätzung und erlauben den Vergleich der Innenraumluftwerte mit denen der Außenluft. Da laut Arbeitsstättenverordnung gesundheitlich zuträgliche Luft im Regelfall der Außenluft entspricht, reicht es für orientierende Messungen in Saunakabinen aus, die relativen Messwerte in und außerhalb der Saunakabinen miteinander zu vergleichen.

Weitere Kontrollen mit reinen ätherischen Ölen (ohne Isopropanol) vor und in Aufgüssen zeigten deutliche Konzentrationssteigerungen von Formaldehyd während der Aufgüsse.

7.2 Oberflächen-Volumen-Verhältnis der Saunakabinen

Aus mehreren Untersuchungen in Österreich und Deutschland ist bekannt, dass die in Saunakabinen verwendeten Hölzer durch die hohen Temperaturen pyrolytisch zersetzt und dadurch Formaldehyd in die Saunakabinen freigesetzt wird. Der freigesetzte Formaldehyd verteilt sich gleichmäßig in den Innenraum der Saunakabinen, und die Konzentration des Formaldehyds kann

in der Raumluft in mg/m^3 gemessen werden. Da sich das freigesetzte Formaldehyd im gesamten zur Verfügung stehenden Raumvolumen gleichmäßig ausbreitet, ist zu erwarten, dass das Verhältnis der Größe der emittierenden Oberflächen zur Größe des zur Verfügung stehenden Rauminhaltes (Volumen) die Raumluftkonzentration von Formaldehyd beeinflusst. Dieses Verhältnis wird ausgedrückt im sog. Oberflächen-Volumen-Verhältnis. Das Oberflächen-Volumen-Verhältnis (A/V-Verhältnis) errechnet sich aus dem Quotienten aus der Oberfläche eines geometrischen Körpers durch das Volumen des geometrischen Körpers. Mit ansteigendem Volumen nimmt das Oberflächen-Volumen-Verhältnis bei allen Körpern ab, da die Oberfläche quadratisch, das Volumen jedoch kubisch wächst. Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht das Verhältnis:



Oberfläche:	$6 \times a^2$	24 m^2	96 m^2
Volumen:	$6 \times a^3$	48 m^3	384 m^3
Oberflächen-Volumen-Verhältnis:	$\frac{\text{Oberfläche}}{\text{Volumen}}$	0,5	0,25

Abbildung 6: Veränderung des Oberflächen-Volumen-Verhältnisses

Die Konsequenzen dieser Beziehung sind ausgesprochen weitreichend, denn die physikalischen Eigenschaften eines Systems (sofern sie von Oberflächen oder dem Volumen beeinflusst werden), ändern sich allein dadurch, dass man das System vergrößert. Sofern die hölzernen Oberflächen einer Saunakabine die Hauptquelle für die Freisetzung von Formaldehyd sein sollten, müsste sich eine positive Korrelation zum Oberflächen-Volumen-Verhältnis finden lassen, wenn man eine ausreichende Zahl von Saunakabinen untersucht. In kleinen Saunakabinen mit einem großen Oberflächen-Volumen-Verhältnis würde man dabei sehr hohe Konzentrationen an Formaldehyd erwarten, in großen Saunakabinen mit kleinem Oberflächen-Volumen-Verhältnis würde

man sehr niedrige Konzentrationen an Formaldehyd erwarten. Dies begründet sich in der Überlegung, dass das von den Oberflächen freigesetzte Formaldehyd sich in einer großen Saunakabine in einem größeren Volumen verteilen kann und deshalb eine geringere Konzentration pro m³ erreicht.

Sollten die hölzernen Oberflächen der Saunakabinen hingegen nicht die Hauptquelle der Formaldehydemissionen sein, so würde man erwarten, dass sich keine oder eine negative Korrelation zwischen der Größe der Kabinen und der Formaldehydemissionen herstellen lässt. Da die Größe der Kabinen jedoch positiv korreliert ist mit der Aufgusstätigkeit in Saunaaanlagen – Aufgüsse werden im Regelfall in großen Kabinen durchgeführt – lässt sich auch noch eine andere Korrelation erwarten: Sofern die Saunaaufgussmittel die Hauptquelle der Formaldehydemissionen sein sollten, würde man erwarten, dass mit steigender Aufgusstätigkeit in steigender Kabinengröße zu rechnen ist, und deshalb in diesem Fall mit einer negativen Korrelation zwischen Oberflächen-Volumen-Verhältnis und Formaldehydkonzentration zu rechnen ist.

7.3 Flüchtige organische Verbindungen in den Saunakabinen

Ein weiteres Kriterium zur Beurteilung der Innenraumluftqualität ist die Konzentration der sog. flüchtigen organischen Verbindungen im Siedebereich von 50 bis 260°C, die als sog. TVOC (total volatile organic compounds) bezeichnet werden und sich ebenfalls relativ einfach (orientierend) messen lassen. Auch wenn gesicherte Dosis-Wirkungs-Beziehungen fehlen, lassen sich auf der Basis der TVOC-Konzentrationen Beeinträchtigungen bewerten. So ist z.B. festzustellen, dass die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Reizwirkungen mit steigenden TVOC-Konzentrationen zunimmt.

Als potenzielle Quellen für flüchtige organische Verbindungen in Saunakabinen lassen sich grundsätzlich drei Kategorien aufzählen:

- Das Baumaterial der Saunakabinen (gebäudebezogene Quellen),
- Aufgussmittel (menschliche Aktivitäten),
- Außenluftbezogene Quellen.

Baumaterialien

Bei der Verdunstung von Lösungsmitteln ist es offensichtlich und schnell nachvollziehbar, dass zahlreiche flüchtige organische Verbindungen in die Raumluft freigesetzt werden. Weniger offensichtlich ist die langsame Frei-

setzung von Verbindungen aus den Oberflächen von Produkten. Diesen Prozess bezeichnet man als Materialemission, und die flüchtigen organischen Verbindungen werden dabei aus dem Inneren des Materials an die Oberfläche transportiert und von dort freigesetzt. Typische Kandidaten für die Freisetzung von flüchtigen organischen Verbindungen aus Holz sind die sog. Terpene, die regelmäßig in unterschiedlicher Menge aus unterschiedlichen Hölzern freigesetzt werden.

Aufgussmittel

Aufgussmittel – egal ob künstliche, naturidentische oder ätherische Öle – enthalten eine hohe Konzentration an organischen Verbindungen, die bei der Ausbringung dieser Mittel auf heiße Oberflächen pyrolytisch abgebaut werden zu flüchtigen organischen Verbindungen.

Außenluftbezogene Quellen

Ein Eintrag von flüchtigen organischen Verbindungen durch die Außenluft in den Innenraum von Saunakabinen ist immer dann vorstellbar, wenn die Saunaaanlagen in der Nähe von z.B. Industriebetrieben stehen oder Belastungen durch den örtlichen Straßenverkehr zeigen. Um derartige Faktoren auszuschließen, wurden Saunakabinen in der gesamten Bundesrepublik untersucht.

Bei der Messung von flüchtigen organischen Verbindungen in öffentlichen Saunakabinen würde man – in Abhängigkeit von der potenziellen Quelle – die gleichen Korrelationen erwarten wie bei den Formaldehydkonzentrationen:

- In kleinen Saunaaanlagen würde man eine positive Korrelation mit dem Oberflächen-Volumen-Verhältnis erwarten, wenn die hölzernen Oberflächen die potenzielle Quelle darstellen würden.
- Sollten die Saunaaufgussmittel die Hauptquelle der Emission sein, müsste sich eine positive Korrelation zur Luftfeuchte und eine negative zur Größe der Saunakabinen finden lassen.

7.4 Formaldehydkonzentrationen in den Saunakabinen

7.4.1 Formaldehydkonzentrationen in öffentlichen Saunakabinen

Die Arbeitsstättenverordnung verlangt für Arbeitsräume eine Luftqualität die „gesundheitlich zuträglich“ sein muss und „im Regelfall“ der Außenluft entspricht – die mit Blick auf diese Betrachtung hier also kein Formaldehyd enthält bzw. den Grenzwert der WHO von $0,124 \text{ mg/m}^3$ nicht überschreiten darf. Um die Qualität der Messwerte und die Differenz zwischen den Konzentrationen in der Außenluft und der jeweiligen Saunakabine zu messen wurde sowohl **vor** (Außenluft) als auch **in** (Innenraumluft) den Saunakabinen die jeweilige Formaldehydkonzentration gemessen. Unabhängig von den absoluten Messwerten kann aus der Differenz der beiden Messwerte die Qualität der Innenraumluft der Saunakabinen bewertet werden. Immer dann, wenn die Messwerte in der Saunakabine die der Außenluft (vor der Saunakabine) überschreiten, liegt nach dem Grundsatz der Arbeitsstättenverordnung eine minderwertige oder – sofern der Grenzwert überschritten wird – unbrauchbare Innenraumluft vor.

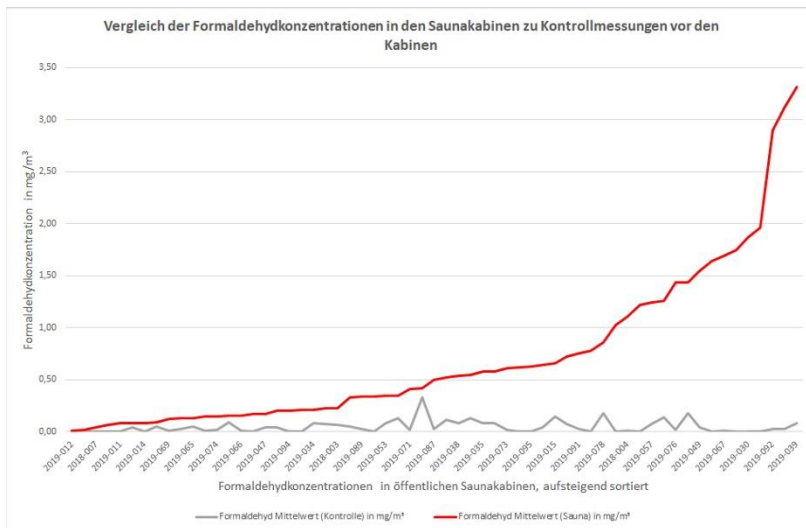


Abbildung 7: Formaldehydkonzentrationen innerhalb und außerhalb der Saunakabinen

Messungen ein starkes brennen der Augen protokolliert werden (Auch bei den Gästen!), was auf Nachfrage bei den verantwortlichen Mitarbeitern einer „Überdosierung von Saunaaufgussmitteln“ zugeschrieben wurde.

In der Gruppe der neun Saunakabinen, die die Grenzwerte einhielten, befanden sich sechs Hotelsaunakabinen und eine Saunakabine, die mit 5 Sternen ausgezeichnet wurde. **In allen neun Saunakabinen wurden keine Aufgüsse durchgeführt!** Ein sehr starkes Argument dafür, dass die Formaldehydbelastungen in den Saunakabinen tatsächlich nicht primär aus den Hölzern resultiert, sondern vermutlich aus den verwendeten Aufgussmitteln.

In der Gruppe der Saunakabinen, deren Formaldehydkonzentrationen den Messbereich der Messgeräte sprengten, befanden sich keine Hotelsaunakabinen, aber 4 Saunakabinen, die vom Deutschen Sauna-Bund mit 5 Sternen zertifiziert wurden, und die sich angeblich an die Aufgussrichtlinien des Verbandes halten. Auch dies ist wiederum ein sehr starkes Indiz für die Aufgussmittel als primäre Quelle von Formaldehyd.

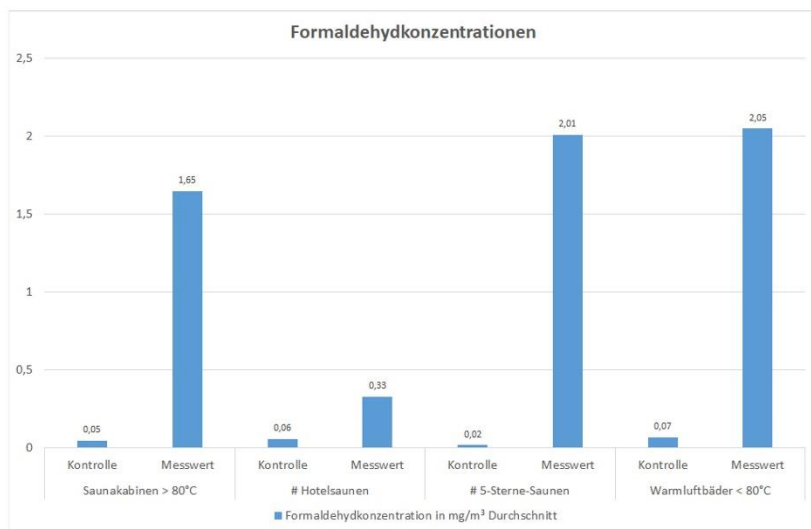


Abbildung 9: Formaldehydkonzentrationen in Saunakabinen unterschiedlicher Betriebsformen

In der Gesamtgruppe der untersuchten Saunakabinen konnte eine **durchschnittliche Formaldehydkonzentration von 1,65 mg/m³** gemessen werden, bei einer Spannweite von 0,01 bis 6,13 mg/m³. In der Außenluft vor diesen Saunakabinen konnte lediglich eine durchschnittliche Formaldehydkonzentration von 0,05 mg/m³ gemessen werden, bei einer Spannweite von 0,00

bis $0,33 \text{ mg/m}^3$. Rechnerisch lag die Formaldehydkonzentration in den Saunakabinen damit durchschnittlich um **$1,60 \text{ mg/m}^3$ über den Kontrollwerten** vor den Saunakabinen. Das ist sicher nicht mit der Arbeitsstättenverordnung vereinbar.

Die **Kontrollmessungen vor und in** den Saunakabinen verdeutlichen – unabhängig von der Präzision der Messungen und der Genauigkeit der Messinstrumente – eine **signifikant höhere Formaldehydkonzentration in den Saunakabinen**. Insbesondere vor dem Hintergrund vergleichende oder orientierende Messungen durchführen zu wollen, muss die Untersuchung deshalb als aussagefähig bewertet werden.

In der Untergruppe der kleineren Hotelsaunakabinen mit einem Oberflächen-Volumen-Verhältnis von 2,0 konnte eine durchschnittliche Formaldehydkonzentration von $0,33 \text{ mg/m}^3$ gemessen werden (Spannweite $0,01$ bis $1,23 \text{ mg/m}^3$). Vor diesen Saunakabinen lediglich ein Durchschnittswert von $0,06 \text{ mg/m}^3$ (Spannweite $0,00$ bis $0,33 \text{ mg/m}^3$). Rechnerisch lag die durchschnittliche Formaldehydkonzentration **in den kleinen Hotelsaunakabinen damit nur um $0,27 \text{ mg/m}^3$ über den Kontrollwerten** vor den Saunakabinen. Gerade in diesen Saunakabinen würde man wegen der geringen Größe und des ungünstigen Oberflächen-Volumen-Verhältnisses eine sehr hohe Formaldehydkonzentration erwarten – sofern die Materialemission der Hölzer die Hauptursache der Formaldehydemissionen sein sollten. Umgekehrt werden in diesen kleinen Saunakabinen meist gar keine Aufgüsse durchgeführt. Aus der Form des Betriebes (de facto keine Verwendung von Saunaaufgussmitteln) und des ungünstigen Oberflächen-Volumen-Verhältnisses bei praktisch nur sehr geringen Formaldehydemissionen ergibt sich wiederum ein sehr starker Hinweis darauf, dass die Materialemission der Hölzer eben **nicht primär für die Formaldehydemissionen verantwortlich ist**.

In der Untergruppe der größeren 5-Sterne-Saunakabinen mit einem Oberflächen-Volumen-Verhältnis von 1,24 konnte eine durchschnittliche Formaldehydkonzentration von $2,01 \text{ mg/m}^3$ gemessen werden (Spannweite $0,112$ bis $6,13 \text{ mg/m}^3$). Der Kontrollwert vor diesen Saunakabinen lag bei nur $0,02 \text{ mg/m}^3$ (Spannweite $0,00$ bis $0,08 \text{ mg/m}^3$). Rechnerisch lag die durchschnittliche Formaldehydkonzentration **in diesen Saunakabinen demnach $1,99 \text{ mg/m}^3$ über dem Kontrollwert** vor den Kabinen. Gerade in diesen großen Kabinen würde man wegen des geringen Oberflächen-Volumen-Verhältnisses jedoch eine geringe Formaldehydkonzentration in der Innenluft erwarten. Ein weiterer Hinweis darauf, dass die Materialemission der Hölzer nicht für die hohen Formaldehydemissionen verantwortlich ist. In den großen Saunakabinen werden im Regelfall Saunaaufgüsse durchgeführt. Gerade diese

mit 5-Sternen ausgezeichneten Saunaaanlagen haben sich freiwillig dazu verpflichtet, die Aufgüsse entsprechend des Regelwerkes des Verbandes durchzuführen. Angeblich wird dies auch durch den Verband kontrolliert. Aus den hier vorgestellten Messwerten ergibt sich allerdings ein sehr starker Hinweis darauf, dass durch die Aufgusstätigkeit und die **Verwendung von Saunaaufgussmitteln in diesen Saunakabinen die hohen Formaldehydkonzentrationen entstehen**.

In der Kontrollgruppe der Warmluftbäder konnte eine durchschnittliche Formaldehydkonzentration von $2,05 \text{ mg/m}^3$ gemessen werden (Spannweite $0,22$ bis $6,13 \text{ mg/m}^3$). Auch hier lagen die Messwerte in den Saunakabinen durchschnittlich rechnerisch $1,98 \text{ mg/m}^3$ und damit signifikant über den Kontrollwerten vor den Saunakabinen (Messwert $0,07$, Spannweite $0,00$ bis $0,33 \text{ mg/m}^3$). Die feuchten Warmluftbäder wurden als Kontrollgruppe für mögliche Materialemissionen gewählt, da wegen der geringeren Temperaturen zu erwarten war, dass in diesen Kabinen nur geringe Materialemissionen auftreten würden (Die Materialemission von Formaldehyd ist Temperaturabhängig). Leider wird in fast allen feuchten Warmluftbädern die Luft mit Duftstoffen versetzt, die durch diese Studie als Hauptquelle der Formaldehydemissionen identifiziert werden konnten. **Diese Messergebnisse lassen sich entsprechend nur dann plausibel erklären, wenn nicht die Materialien, sondern die Duftstoffe die Verursacher der Formaldehydemissionen sind.**

Die durchschnittliche Formaldehydkonzentration lag in den kleinen **Hotelsaunakabinen** mit rechnerisch $0,33 \text{ mg/m}^3$ **signifikant unter den Messwerten der Gesamtgruppe ($1,65 \text{ mg/m}^3$)**. Wiederum ein Hinweis gegen die Materialemissionen.

Die durchschnittliche Formaldehydkonzentration lag in den großen **5-Sterne Saunakabinen** mit rechnerisch $2,01 \text{ mg/m}^3$ **signifikant über den Messwerten der Gesamtgruppe ($1,65 \text{ mg/m}^3$)**. Wiederum ein Hinweis gegen die Materialemissionen.

Die festgestellten Korrelationen liefern erste, sehr eindeutige Hinweise dahingehend, dass die bereits lange bekannte Materialemission des organischen Baustoffes Holz nicht primär für die hohen Formaldehydkonzentrationen verantwortlich ist. Tatsächlich deuten die festgestellten Korrelationen darauf hin, dass der Einsatz der – angeblich gesundheitsfördernden - Saunaaufgussmittel primär für die hohen Formaldehydkonzentrationen in den Saunakabinen verantwortlich ist. Weitere Untersuchungen sollten diese Hypothese beweisen.

7.4.2 Korrelation Formaldehydkonzentration und Temperatur

Die Pyrolyse von organischen Verbindungen zu Formaldehyd ist unstrittig Abhängig von der Temperatur. Aus dieser Abhängigkeit ergibt sich die Erwartung, dass mit steigender Temperatur in den Saunakabinen die Materialemission zunehmen müsste.

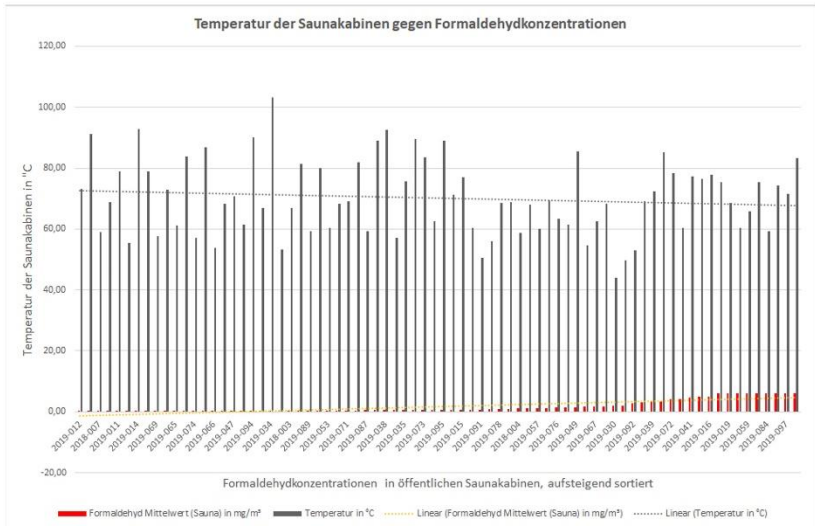


Abbildung 10: Korrelation zwischen Formaldehydkonzentrationen und der Temperatur

Da die Pyrolyse von Holz eindeutig Temperaturabhängig ist und erst bei Temperaturen von ca. 60 bis 80°C beginnt und dann mit steigender Temperatur ebenfalls ansteigt, ist unter der Annahme, dass das Holz der Kabinen die Hauptquelle von Formaldehydemissionen darstellt, eine **Korrelation** der Formaldehydkonzentrationen in den Kabinen und der Höhe der **jeweiligen Temperatur** zu erwarten. Um diese Korrelation verifizieren oder falsifizieren zu können, wurde die Temperatur in den Saunakabinen bestimmt und in **Abbildung 10** aufgetragen gegen die aufsteigend sortierten Formaldehydemissionen in den Saunakabinen. Die ermittelten Trendlinien zeigen deutlich, dass eine **negative Korrelation zwischen der Temperatur und der Formaldehydkonzentration** in den Saunakabinen besteht. Mit steigender Formaldehydkonzentration in den Saunakabinen nimmt die gemessene Temperatur an den Messpunkten ab. Auch dies muss als Hinweis gegen die Materi-

alemission des Holzes als Ursache für die hohen Formaldehydkonzentrationen in den Saunakabinen bewertet werden. Wäre das Holz die Hauptquelle der Formaldehydkonzentrationen, würde man eine positive Abhängigkeit von der Temperatur erwarten.

7.4.3 Korrelation Formaldehydkonzentration und rel. Luftfeuchte

Unter der alternativen Annahme, dass die Hauptquelle der Formaldehydemissionen die Zersetzung von Aufgussmitteln (ätherische Öle) auf den heißen Oberflächen der Saunaöfen darstellt, müsste sich eine mögliche Korrelation der Formaldehydemissionen mit der relativen Luftfeuchte in den Saunakabinen finden lassen, denn die Aufgussmittel werden in Wasser gelöst und dann auf den Ofen ausgebracht. Entsprechend steigt die relative Luftfeuchte in diesen Kabinen an.

In den untersuchten Saunakabinen mit einer Betriebstemperatur von über 80°C konnte an den unterschiedlichen Messpunkten – meist in der Mitte der Kabine auf Höhe der mittleren Bank – eine durchschnittliche Temperatur von 70,18°C gemessen werden (MIN: 44,10°C; MAX: 106,3°C). An exakt diesen Messpunkten betrug die relative Luftfeuchtigkeit durchschnittlich 28,28 % (MIN: 8,53%; MAX: 76,53%). In einer richtig temperierten und belüfteten Saunakabine sollte die Luftfeuchtigkeit bei dieser Temperatur allerdings nur zwischen 5 und 15 % liegen. **Ein Hinweis darauf, dass die durchschnittliche relative Luftfeuchte in öffentlichen Saunaanlagen viel zu hoch ist,** vermutlich durch eine viel zu hohe Aufgussfrequenz und/oder viel zu große Aufgusswassermengen.

In der Untergruppe der Hotelsaunakabinen war die Temperatur mit durchschnittlich 77,14°C fast sieben Grad höher (MIN: 58,80°C; MAX: 103,3°C) und die relative Luftfeuchte in den Hotelsaunakabinen lag bei durchschnittlich 22,9% mit einer Spannweite von 8,53% bis 44,37%. Trotz der hohen Temperaturen konnten in diesen Saunakabinen die geringsten Formaldehydkonzentrationen gemessen werden. Da gleichzeitig in diesen Kabinen keine regelmäßigen Aufgüsse mit Aufgussmitteln erfolgen, ergibt sich daraus ein starker Hinweis auf die Saunaaufgussmittel als Quelle von Formaldehyd.

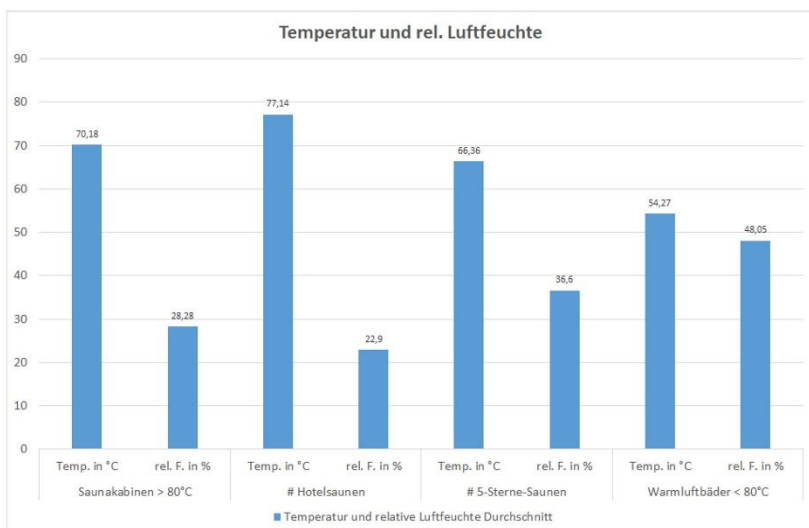


Abbildung 11: Temperatur und relative Luftfeuchte in Saunakabinen mit unterschiedlichen Betriebsformen

In den 5-Sterne-Saunakabinen konnte eine durchschnittliche Temperatur von 66,36°C an den Messpunkten festgestellt werden (MIN: 44,10°C; MAX: 90,23°C). Die durchschnittliche relative Luftfeuchte konnte in den 5-Sterne-Saunakabinen auf 36,6% festgestellt werden (MIN: 15,13%; MAX: 66,1%). In diesen Kabinen sollte man wegen der geringen Temperatur tatsächlich auch die geringsten Formaldehydkonzentrationen vermuten. Das Gegenteil ist der Fall. Da in den großen Saunakabinen viele Aufgüsse durchgeführt werden, findet sich eine hohe Luftfeuchte und damit ein starker Hinweis auf die Aufgussmittel als Quelle der Formaldehydemissionen.

In der Kontrollgruppe der Warmluftbäder betrug die durchschnittliche Temperatur wie erwartet nur 54,27°C (MIN: 40,47°C; MAX: 66,4°C). Die durchschnittliche relative Luftfeuchte bei den feuchten Warmluftbädern betrug 48,05% mit einer Spannweite von 13,13% bis 74,33%). In diesen Saunakabinen würde man wegen der geringen Temperaturen gar keine Formaldehydemissionen erwarten. Allerdings finden sich hier ziemlich starke Raumluftbelastungen. Erneut ein starker Hinweis auf die Saunaaufgussmittel, die auch in diesen Anlagen zur Raumbeduftung eingesetzt werden.

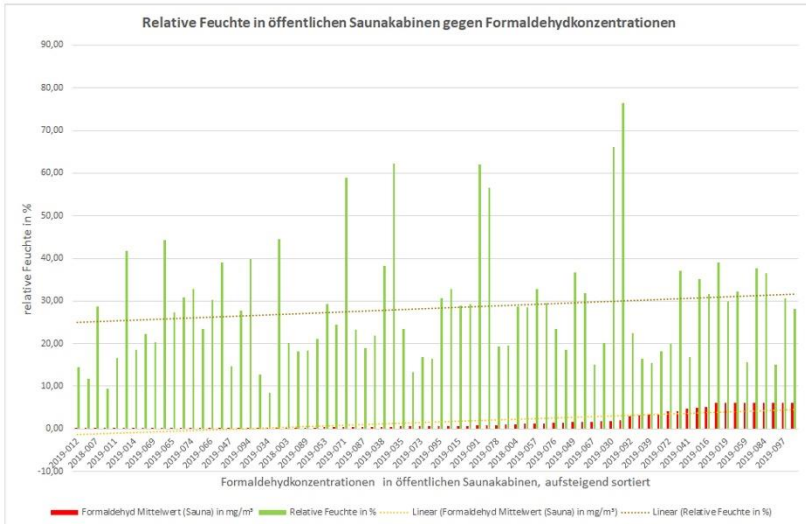


Abbildung 12: Korrelation zwischen rel. Luftfeuchte und Formaldehydkonzentration

Setzt man die relative Luftfeuchte in der Gesamtgruppe der öffentlichen Saunakabinen ins Verhältnis zu Konzentration von Formaldehyd in den Saunakabinen, so zeigt sich eine sehr **eindeutige, positive Korrelation**: Mit steigender Formaldehydkonzentration steigt auch die relative Luftfeuchte in diesen Kabinen. Dies lässt sich plausibel durch die Aufgusstätigkeit mit der Pyrolyse von Saunaaufgussmitteln erklären.

Zusammen mit den oben aufgeführten Beobachtungen der Kontrollgruppen Hotelsaunen, 5-Sterne-Saunen und Warmluftbäder ergibt sich daraus ein sehr starker Hinweis auf die Aufgussmittel als Hauptquelle für die zu findenden Formaldehydkonzentrationen.

7.4.4 Korrelation Formaldehydkonzentration und Oberflächen-Volumen-Verhältnis

Unter der Hypothese, dass die zu messenden Formaldehydkonzentrationen in öffentlichen Saunakabinen auf eine Materialemission der hölzernen Oberflächen der Saunakabinen resultieren, müsste sich eine eindeutige Korrelation zwischen der Größe der Oberfläche und der Formaldehydkonzentration in den Saunakabinen finden lassen. Je größer die Oberfläche ist, desto höher müsste die Formaldehydkonzentration in der Kabine sein. Die Größe der

Oberfläche einer Saunakabine lässt sich leicht im Oberflächen-Volumen-Verhältnis ausdrücken. Entsprechend wurde in den untersuchten Saunakabinen die Größe bestimmt, dann das Oberflächen-Volumen-Verhältnis errechnet und dieses dann gegen die Formaldehydkonzentrationen aufgetragen.

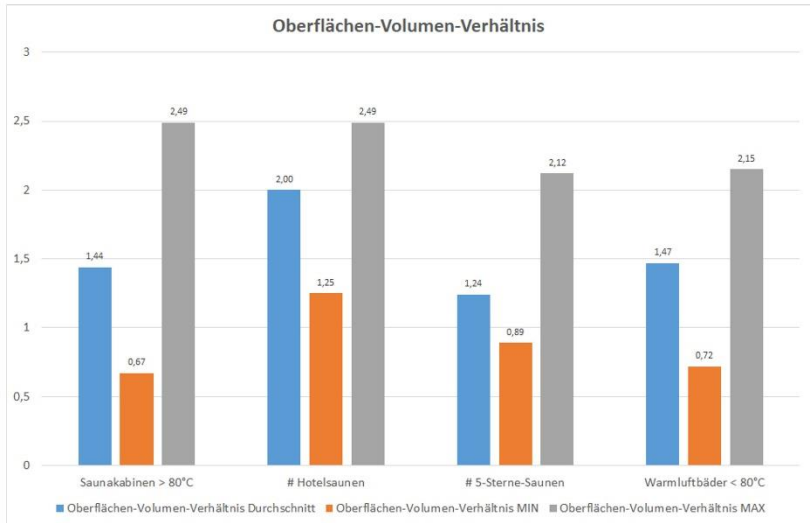


Abbildung 13: Oberflächen-Volumen-Verhältnis in Saunakabinen unterschiedlicher Betriebsformen

Unter der Annahme, dass als Quelle der Formaldehydemissionen hauptsächlich die sich in der Saunawärme **pyrolytisch zersetzenden hölzernen Oberflächen** der Kabinen verantwortlich sind, würde man eine Korrelation zwischen der Größe der Kabinen und den Formaldehydemissionen erwarten. Kleine Kabinen mit einem hohen **Oberflächen-Volumen-Verhältnis** sollten in diesem Fall tendenziell höhere Formaldehydkonzentrationen zeigen als große Kabinen mit einem kleinen Oberflächen-Volumen-Verhältnis. Um Aussagen zu möglichen Korrelationen und damit der Hauptquelle für Formaldehydemissionen in Saunakabinen treffen zu können, wurde deshalb das Oberflächen-Volumen-Verhältnis der untersuchten Saunakabinen bestimmt. Die untersuchten Saunakabinen zeigten ein durchschnittliches Oberflächen-Volumen-Verhältnis von 1,44 bei einer Spannweite von minimal 0,67 und maximal 2,49.

Die Untergruppe der **Hotelsaunakabinen** bestand erwartungsgemäß aus **kleineren Saunakabinen** mit einem durchschnittlichen Oberflächen-Volumen-Verhältnis von 2,00 bei einer Spannweite vom 1,25 bis 2,49.

Die Untergruppe der **5-Sterne-Saunakabinen** bestand - ebenfalls erwartungsgemäß - aus **größeren Saunakabinen** mit einem durchschnittlichen Oberflächen-Volumen-Verhältnis von 1,24 mit einer Spannweite von 0,89 bis 2,12.

Die **Kontrollgruppe** der feuchten **Warmluftbäder** zeigte mit einem Oberflächen-Volumen-Verhältnis von 1,47 bei einer Spannweite von 0,72 bis 2,15 fast die gleichen Größenverhältnisse wie die Gesamtgruppe der Saunakabinen.

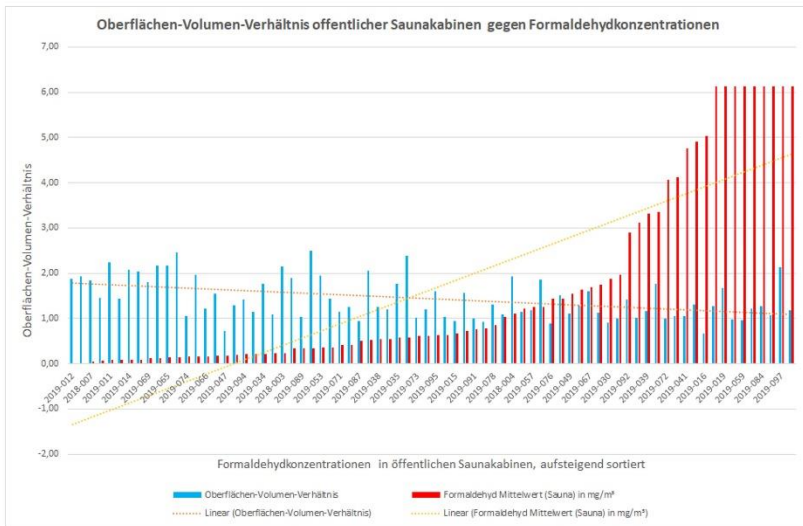


Abbildung 14: Korrelation zwischen dem Oberflächen-Volumen-Verhältnis und der Formaldehydemissionen.

Die Trendlinien in der Abbildung 14 zeigen eine eindeutig negative Korrelation zwischen dem Oberflächen-Volumen-Verhältnis und der Höhe der Formaldehydemissionen in diesen Saunakabinen. Mit anderen Worten nimmt die Formaldehydkonzentration in den Kabinen mit steigender Größe zu, was nicht plausibel durch eine Materialemission erklärt werden kann. **Aus dieser Korrelation ergibt sich ein weiterer sehr starker Hinweis darauf, dass die hölzernen Oberflächen kausal nicht verantwortlich sind für die hohen Formaldehydkonzentrationen in den Saunakabinen.**

7.4.5 Korrelation Formaldehyd- und Kohlendioxidkonzentration

Für Saunakabinen wird ein 5-10facher Luftwechsel pro Stunde empfohlen, um „verbrauchte“ Luft und pyrolytische Abbauprodukte des Holzes und der Aufgussmittel aus der Kabine zu entfernen. Unter der Annahme, dass hohe Formaldehydkonzentrationen in einer Saunakabine auf eine potenziell unzureichende Entlüftung zurück zu führen sind, wurde stellvertretend für die Qualität der Raumluft der Kohlendioxidanteil in der Saunaluft gemessen und mit der dem Kohlendioxidgehalt der Außenluft verglichen. Sofern eine mangelhafte Entlüftung ursächlich ist für hohe Formaldehydkonzentrationen in den Saunakabinen müsste sich eine Korrelation zwischen der Höhe der Formaldehydkonzentrationen und des Kohlendioxidgehaltes finden lassen.

Der Kohlendioxidgehalt in der Luft betrug in der Gesamtgruppe der Saunakabinen (>80°C) durchschnittlich 1.291 ppm (Kontrollmessung vor den Kabinen 695 ppm). In den Hotelsaunakabinen durchschnittlich 918 ppm (Kontrolle 423 ppm) und in 5-Sterne Saunakabinen 1.447 ppm (Kontrolle 864 ppm).

Bei der Kontrollgruppe der feuchten Warmluftbädern konnte ein durchschnittlicher Kohlendioxidgehalt von 1.547 ppm gemessen werden (Kontrolle 855 ppm).

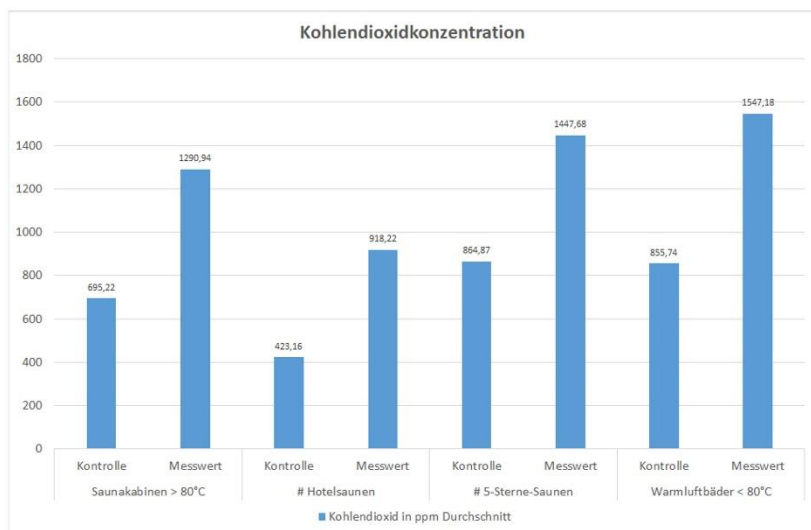


Abbildung 15: Kohlendioxidkonzentrationen in unterschiedlichen Saunakabinen

Die Innenraumluftqualität in den untersuchten Saunakabinen muss deshalb als „mäßig“ bewertet werden, wobei sich wiederum deutliche Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Betriebstypen finden lassen:

In Hotelsaunakabinen konnte mit durchschnittlich 918 ppm noch die „beste“ Raumluftqualität gemessen werden.

In den 5-Sterne-Saunakabinen musste mit durchschnittlich 1.447 ppm eine inakzeptable Luftqualität festgestellt werden, ebenso in den feuchten Wärmeluftbädern mit 1.547 ppm. Die Möglichkeit der Durchführung eines gesundheitsorientierten Badeablaufes muss in diesen Saunakabinen deutlich in Frage gestellt werden. Vor dem Hintergrund dieser Messwerte stellt sich auch die Frage, ob ein 5-10facher Luftwechsel in diesen – vermutlich sehr stark frequentierten Saunakabinen – grundsätzlich noch ausreichend ist, und welche technischen und organisatorischen Maßnahmen zur Verbesserung des Raumluftklimas in diesen Saunakabinen zwingend notwendig werden? Zu den in der nachfolgenden Abbildung ausgewiesenen Spitzenwerten von über 7.000 ppm erübrigt sich jeder Kommentar.

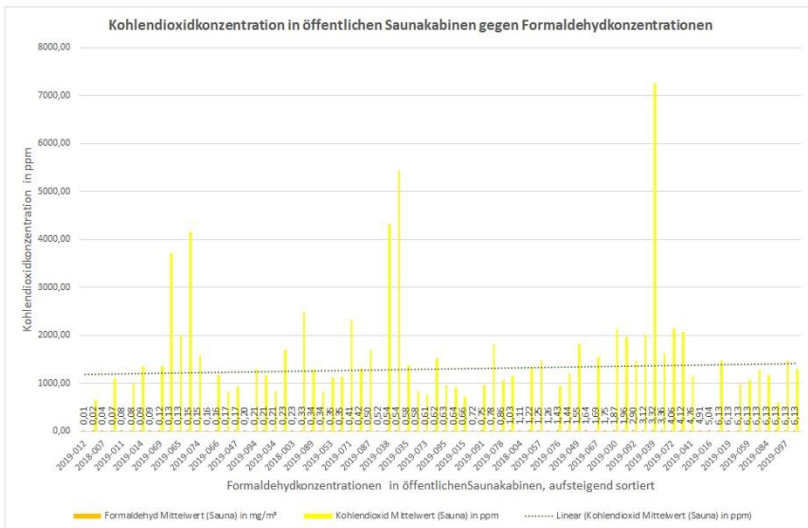


Abbildung 16: Korrelation zwischen Kohlendioxid- und Formaldehydkonzentration.

Um Aussagen zu möglichen Korrelationen zwischen der Qualität der Be- und Entlüftung der Saunakabinen und der Höhe der Formaldehydkonzentrationen in den Saunakabinen treffen zu können, wurde weiterhin die gemessene Kohlendioxidkonzentration in den Saunakabinen gegen die aufsteigend sortierten Formaldehydkonzentrationen in den Saunakabinen aufgetragen. Grundsätzlich lässt sich eine wenig überzeugende, leicht positive Korrelation zwischen der Kohlendioxidkonzentration und der Formaldehydkonzentration finden. Die Messreihe wird leider dominiert durch mehrere Anlagen, bei denen die Kohlendioxidkonzentrationen sehr weit über dem Durchschnitt liegen und das Ergebnis möglicherweise verfälschen. Vor diesem Hintergrund ist allerdings auch festzustellen, dass zumindest in einigen Anlagen, in denen Kohlendioxidkonzentrationen von über 7.000 ppm gemessen werden konnten, die Qualität der Be- und Entlüftung ungenügend ist.

7.4.6 Korrelation Formaldehydkonzentrationen und flüchtige organische Verbindungen

Da Saunaaufgussmittel aus ätherischen Ölen bestehen, ist als Abbauprodukt der Pyrolyse auf den Saunaöfen nicht nur Formaldehyd zu erwarten, sondern eine bunte Sammlung aus Aldehyden und Ketonen. Um zu überprüfen, ob neben Formaldehyd noch weitere Abbauprodukte in den Saunakabinen feststellbar sind, wurde deshalb nach sogenannten flüchtigen organischen Verbindungen gesucht. Unter der Annahme, dass die Saunaaufgussmittel für die hohen Formaldehydkonzentrationen in den Saunakabinen verantwortlich sind, würde man erwarten, eine positive Korrelation zum Vorkommen von flüchtigen organischen Substanzen zu finden, die ebenfalls bei der Pyrolyse der Saunaaufgussmittel entstehen müssten.

Abbildung 17 zeigt eine eindeutig positive Korrelation zwischen der Konzentration von flüchtigen organischen Substanzen und der Formaldehydkonzentration in diesen Saunakabinen. Auch dies kann als **Hinweis für die Saunaaufgussmittel als Quelle der Formaldehydemissionen bewertet werden.**

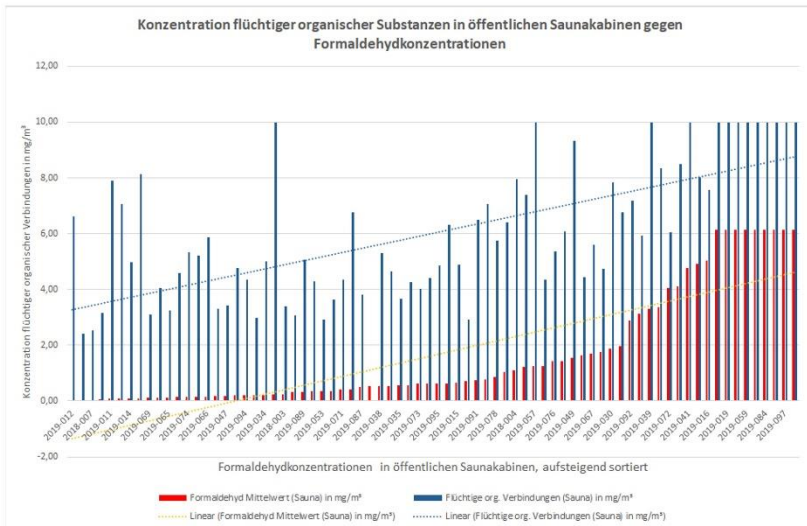


Abbildung 17: Korrelation zwischen Formaldehydkonzentration und flüchtigen organischen Verbindungen.

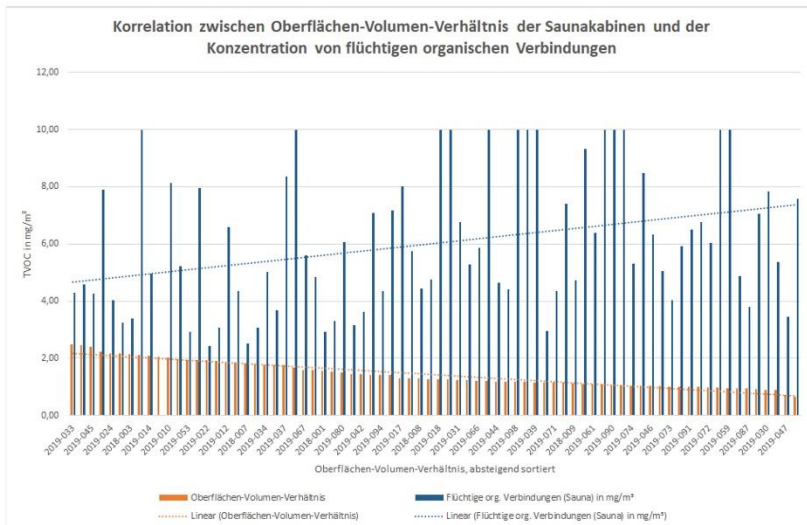


Abbildung 18: Korrelation zwischen Oberflächen-Volumen-Verhältnis und flüchtigen organischen Verbindungen.

Natürlich ist es auch denkbar, dass die positive Korrelation zwischen der Konzentration von Formaldehyd und flüchtigen organischen Verbindungen zufällig vorliegt und die flüchtigen organischen Verbindungen aus dem hölzernen Baumaterial emittieren. Entsprechend wurde überprüft, ob es eine Korrelation zwischen dem Oberflächen-Volumen-Verhältnis und der Konzentration von flüchtigen organischen Verbindungen in den Saunakabinen gibt. Abbildung 18 zeigt tatsächlich eine eindeutige Korrelation zwischen der Konzentration der flüchtigen organischen Verbindungen und der Größe der Kabinen. Je größer die Kabine ist (je kleiner das Oberflächen-Volumen-Verhältnis), desto höher wird die Konzentration. Für die untersuchten Saunakabinen konnte eine durchschnittliche – hygienisch bedenkliche - Konzentration an flüchtigen organischen Substanzen in Höhe von $6,02 \text{ mg/m}^3$ gemessen werden. Dies lässt sich nicht über eine Materialemission aus den Oberflächen erklären, sondern ist wieder ein **starker Hinweis auf die Saunaufgussmittel als Quelle dieser Schadstoffkonzentrationen**.

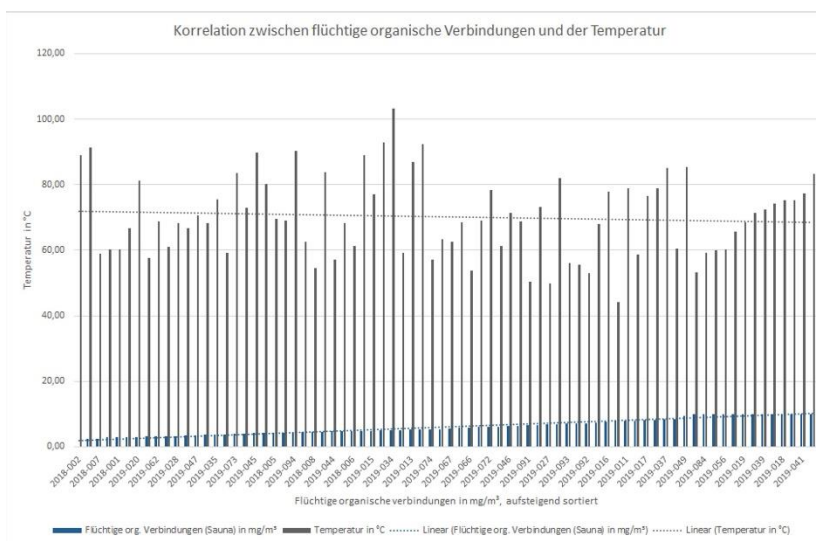


Abbildung 19: Korrelation zwischen flüchtigen organischen Verbindungen und der Temperatur.

Abschließend wurde überprüft, ob die Konzentration von flüchtigen organischen Verbindungen eine positive Korrelation zur Temperatur in den Saunakabinen zeigt. Dies würde man erwarten, wenn die Substanzen aus den

verbauten Materialien freigesetzt werden würden. Die Abbildung 19 zeigt, dass dies nicht der Fall ist. Auch hier findet sich **eine negative Korrelation zur Temperatur**. Wieder ein Hinweis auf die Saunaaufgussmittel als Quelle.

7.4.7 Formaldehydkonzentrationen in Warmluftbädern

Um weitere Hinweise zur Rolle der verbauten, hölzernen Materialien im Rahmen der Materialemissionen zu sammeln, wurde als Kontrollgruppe eine Anzahl von Saunakabinen untersucht, die bei Temperaturen unterhalb von 80°C betrieben werden. Da die Pyrolyse von Holzinhaltstoffen zu Formaldehyd abhängig ist von der Temperatur, würde man in diesen Saunakabinen nur geringe Konzentrationen von Formaldehyd erwarten. Trifft hingegen die alternative Hypothese zu, dass die Saunaaufgussmittel für die hohen Formaldehydkonzentrationen verantwortlich sind, so würde man auch in diesen Saunakabinen hohe Formaldehydkonzentrationen erwarten, denn im Regelfall wird die hohe Luftfeuchte in diesen feuchten Warmluftbädern durch automatische Verdampfer erzeugt, deren Wasserquellen im Regelfall Duftstoffe zugesetzt werden.

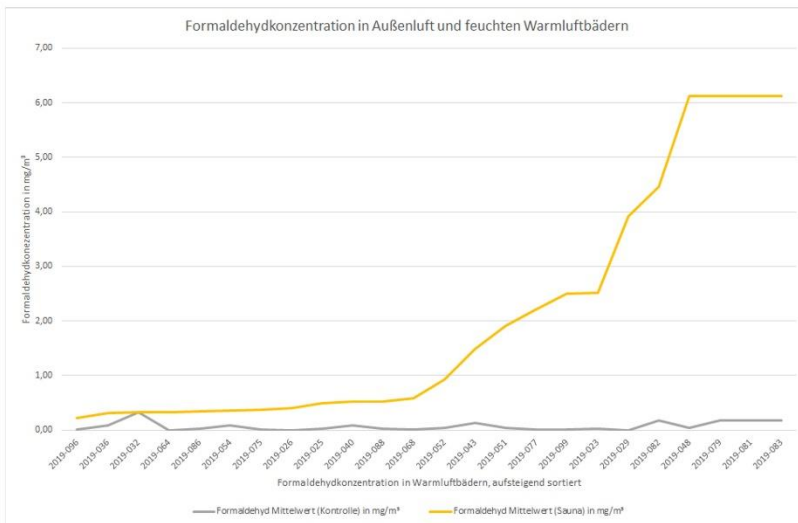


Abbildung 20: Vergleich der Formaldehydkonzentrationen von Außenluft und Innenraumluft der Saunakabinen.

In strenger Analogie zu den durchgeführten Messungen bei der Gesamtgruppe der Saunakabinen wurde zunächst die Formaldehydkonzentration außerhalb und innerhalb der Kabinen gemessen. Abbildung 20 zeigt, dass nur in einer einzigen Saunakabine beide Werte identisch waren. In allen anderen Saunakabinen lagen die Messwerte in der Saunakabine signifikant oberhalb der Messwerte der Außenluft. Im Durchschnitt konnte außerhalb der Warmluftkabinen eine Formaldehydkonzentration von $0,07 \text{ mg/m}^3$ gemessen werden. In den Warmluftkabinen musste die höchste durchschnittliche Konzentration von Formaldehyd in der gesamten Untersuchungsgruppe festgestellt werden mit $2,05 \text{ mg/m}^3$. Allein diese Beobachtung lässt sich nur schwer durch Materialemissionen bei diesen Temperaturen erklären. Dies ist allein deshalb vollkommen unwahrscheinlich, weil auch in Warmluftkabinen mit Temperaturen von unter 60°C deutliche Formaldehydkonzentrationen gemessen wurden.

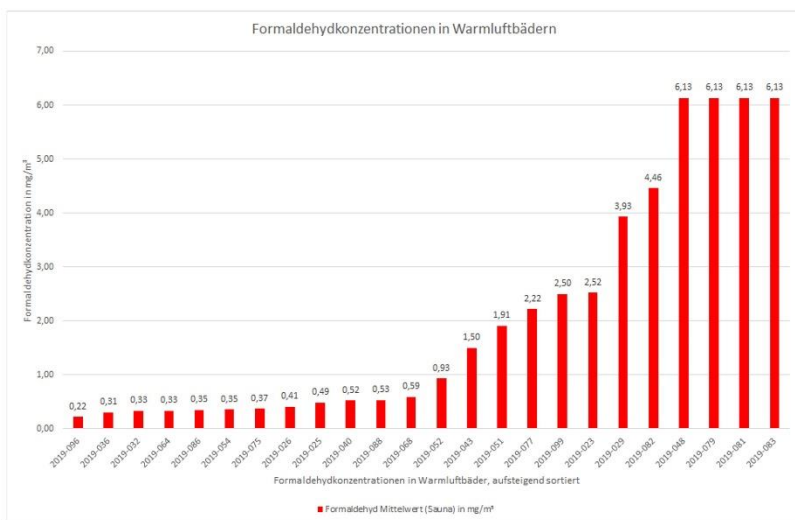


Abbildung 21: Formaldehydkonzentrationen in Warmluftbädern

In vier der untersuchten Warmluftbäder war die Konzentration an Formaldehyd so hoch, dass die Grenzen der Messgeräte überschritten wurden. Weiterhin ließ sich in diesen Warmluftkabinen eine eindeutige, positive Korrelation zu flüchtigen organischen Verbindungen finden.

Die Kontrollmessungen in den feuchten Warmluftbädern liefern einen weiteren Hinweis darauf, dass die Duftstoffe die Hauptquelle für die Formaldehydkonzentrationen darstellen.

7.4.8 Formaldehydkonzentrationen nach Saunaaufgüssen

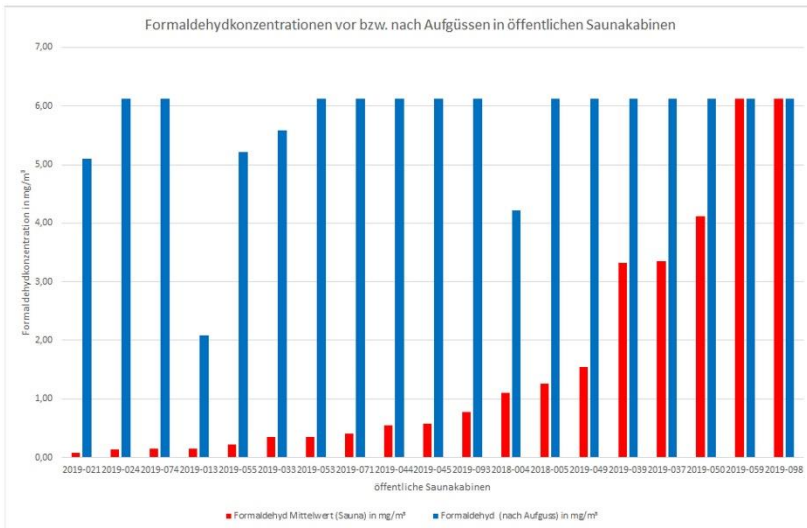


Abbildung 22: Formaldehydkonzentrationen nach Saunaaufgüssen

In insgesamt 19 Saunakabinen war es möglich, die Formaldehydkonzentrationen in den Saunakabinen direkt vor und direkt nach einem Aufguss zu messen. Die Abbildung 22 zeigt, dass in allen Fällen nach einem Aufguss die Konzentration an Formaldehyd in den Saunakabinen signifikant angestiegen ist. In 14 Fällen stieg die Formaldehydkonzentration nach dem Aufguss so stark an, dass der Messbereich des Messgerätes überschritten wurde. Im Durchschnitt konnte vor den Aufgüssen eine Formaldehydkonzentration von $1,67 \text{ mg/m}^3$ gemessen werden, und nach den Aufgüssen eine Formaldehydkonzentration von $5,79 \text{ mg/m}^3$.

7.5 Formaldehyd aus Reinigungsmitteln und Textilien

Als mögliche Quelle von Formaldehydmissionen kommen grundsätzlich auch Reinigungs- und Desinfektionsmittel sowie Textilien in Betracht. So können z.B. bis zu 8 % des Textilienwarengewichtes aus Mitteln zur Verbesserung des Knitterverhaltens bestehen. Das sind hauptsächlich Kunstharze auf Formaldehydbasis. Da Formaldehyd ein Kontaktallergen ist, ist die erlaubte Menge in Textilien begrenzt auf 0,15 % des Massegewichtes (Bedarfsgegenständeverordnung). Da in Saunakabinen im Regelfall textiltfrei gebadet wird, beschränkt sich der Eintrag von möglicherweise belasteten Textilien auf die Saunaliegetücher bzw. Handtücher. Da hier das Knitterverhalten von untergeordneter Bedeutung ist, wird zunächst grundsätzlich davon ausgegangen, dass diese Materialien weitgehend frei von Formaldehyd sind und als Emissionsquelle vernachlässigt werden können.

Ähnliche Überlegungen lassen sich für die Reinigungsmittel anstellen, die in Saunakabinen zum Einsatz kommen. Da Reinigungs- und Pflegemittel, die mehr als 0,1 % Formaldehyd als Desinfektionsmittel enthalten, gekennzeichnet werden müssen, lässt sich eine Belastung der Kabinen durch derartige Reinigungsmittel leicht ausschließen.

8.1 Ergebnisse der Untersuchung

Die durchgeführten, vergleichenden Messungen führen zu zahlreichen Ergebnissen und Schlussfolgerungen:

1. Unter der Annahme, dass als Quelle der Formaldehydemissionen hauptsächlich die sich in der Saunawärme **pyrolytisch zersetzenden hölzernen Oberflächen** der Kabinen verantwortlich sind, würde man eine Korrelation zwischen der Größe der Kabinen und den Formaldehydemissionen erwarten. Kleine Kabinen mit einem hohen **Oberflächen-Volumen-Verhältnis** sollten in diesem Fall tendenziell höhere Formaldehydkonzentrationen zeigen als große Kabinen mit einem kleinen Oberflächen-Volumen-Verhältnis. Um Aussagen zu möglichen Korrelationen und damit der Hauptquelle für Formaldehydemissionen in Saunakabinen treffen zu können, wurde deshalb das Oberflächen-Volumen-Verhältnis der untersuchten Saunakabinen bestimmt. Die untersuchten Saunakabinen zeigten ein durchschnittliches Oberflächen-Volumen-Verhältnis von 1,44 bei einer Spannweite von minimal 0,67 und maximal 2,48.
2. Die Untergruppe der **Hotelsaunakabinen** bestand erwartungsgemäß aus **kleineren Saunakabinen** mit einem durchschnittlichen Oberflächen-Volumen-Verhältnis von 2,00 bei einer Spannweite vom 1,25 bis 2,49.
3. Die Untergruppe der **5-Sterne-Saunakabinen** bestand - ebenfalls erwartungsgemäß - aus **größeren Saunakabinen** mit einem durchschnittlichen Oberflächen-Volumen-Verhältnis von 1,24 mit einer Spannweite von 0,89 bis 2,12.
4. Die **Kontrollgruppe** der feuchten **Warmluftbäder** zeigte mit einem Oberflächen-Volumen-Verhältnis von 1,47 bei einer Spannweite von 0,72 bis 2,15 fast die gleichen Größenverhältnisse wie die Gesamtgruppe der Saunakabinen.
5. In der Gesamtgruppe der untersuchten Saunakabinen mit einer Betriebstemperatur von mehr als 80°C befanden sich insgesamt **76 Saunakabinen**. In dieser Gruppe zeigten nur neun Saunakabinen eine Formaldehydkonzentration von weniger als 0,124 mg/m³ und damit einen Wert unterhalb des Grenzwertes für Innenräume. Das entspricht einem Anteil von 11,84 %. **Anders formuliert musste in**

88,15 % der untersuchten Saunakabinen eine erhöhte Formaldehydkonzentration festgestellt werden. Insgesamt ebenfalls neun Saunakabinen zeigten eine so hohe Formaldehydbelastung, dass der Messbereich des Messgerätes überschritten wurde. In diesen Kabinen musste während der Messungen ein starkes brennen der Augen protokolliert werden (Auch bei den Gästen!). In der Gruppe der neun Saunakabinen, die die Grenzwerte einhielten, befanden sich sechs Hotelsaunakabinen und eine Saunakabine, die mit 5 Sternen ausgezeichnet wurde. **In allen neun Saunakabinen wurden keine Aufgüsse durchgeführt!** In der Gruppe der Saunakabinen, deren Formaldehydkonzentrationen den Messbereich der Messgeräte überschritten, befanden sich keine Hotelsaunakabinen aber 4 Saunakabinen, die vom Deutschen Sauna-Bund mit 5 Sternen zertifiziert wurden, und die sich angeblich an die Aufgussrichtlinien des Verbandes halten.

6. In der Gesamtgruppe der untersuchten Saunakabinen konnte eine **durchschnittliche Formaldehydkonzentration von 1,65 mg/m³** gemessen werden bei einer Spannweite von 0,01 bis 6,13 mg/m³. Vor diesen Saunakabinen konnte lediglich eine durchschnittliche Formaldehydkonzentration von 0,05 mg/m³ gemessen werden bei einer Spannweite von 0,00 bis 0,33 mg/m³. Rechnerisch lag die Formaldehydkonzentration in den Saunakabinen damit durchschnittlich um **1,60 mg/m³ über den Kontrollwerten** vor den Saunakabinen.
7. Die **Kontrollmessungen vor und in** den Saunakabinen verdeutlichen – unabhängig von der Präzision der Messungen und der Genauigkeit der Messinstrumente – eine **signifikant höhere Formaldehydkonzentration in den Saunakabinen**. Insbesondere vor dem Hintergrund vergleichende oder orientierende Messungen durchführen zu wollen, muss die Untersuchung deshalb als aussagefähig bewertet werden.
8. In der Untergruppe der kleineren Hotelsaunakabinen mit einem Oberflächen-Volumen-Verhältnis von 2,0 konnte eine durchschnittliche Formaldehydkonzentration von 0,33 mg/m³ gemessen werden (Spannweite 0,01 bis 1,23 mg/m³). Vor diesen Saunakabinen lediglich ein Durchschnittswert von 0,06 mg/m³ (Spannweite 0,00 bis 0,33 mg/m³). Rechnerisch lag die durchschnittliche Formaldehydkonzentration **in den kleinen Hotelsaunakabinen damit nur um 0,27 mg/m³ über den Kontrollwerten** vor den Saunakabinen.
9. In der Untergruppe der größeren 5-Sterne-Saunakabinen mit einem Oberflächen-Volumen-Verhältnis von 1,24 konnte eine durchschnittliche Formaldehydkonzentration von 2,01 mg/m³ gemessen werden (Spannweite 0,112 bis 6,13 mg/m³). Der Kontrollwert vor

diesen Saunakabinen lag bei nur 0,02 mg/m³ (Spannweite 0,00 bis 0,08 mg/m³). Rechnerisch lag die durchschnittliche Formaldehydkonzentration **in diesen Saunakabinen demnach 1,99 mg/m³ über dem Kontrollwert** vor den Kabinen.

10. In der Kontrollgruppe der Warmluftbäder konnte eine durchschnittliche Formaldehydkonzentration von 2,05 mg/m³ gemessen werden (Spannweite 0,22 bis 6,13 mg/m³). Auch hier lagen die Messwerte in den Saunakabinen durchschnittlich rechnerisch 1,98 mg/m³ und damit signifikant über den Kontrollwerten vor den Saunakabinen (Messwert 0,07, Spannweite 0,00 bis 0,33 mg/m³).
11. Die durchschnittliche Formaldehydkonzentration lag in den kleinen **Hotelsaunakabinen** mit rechnerisch 0,33 mg/m³ **signifikant unter den Messwerten der Gesamtgruppe (1,65 mg/m³)**.
12. Die durchschnittliche Formaldehydkonzentration lag in den großen **5-Sterne Saunakabinen** mit rechnerisch 2,01 mg/m³ **signifikant über den Messwerten der Gesamtgruppe (1,65 mg/m³)**.
13. Selbst in der Kontrollgruppe der feuchten Warmluftbäder wurde im Verhältnis zu den Saunakabinen der Gesamtgruppe eine um durchschnittlich 0,4 mg/m³ höhere Formaldehydkonzentration gemessen.
14. Da die Pyrolyse von Holz eindeutig Temperaturabhängig ist und erst bei Temperaturen von ca. 60 bis 80°C beginnt und dann mit steigender Temperatur ebenfalls ansteigt, ist unter der Annahme, dass das Holz der Kabinen die Hauptquelle von Formaldehydemissionen darstellt, eine **Korrelation** der Formaldehydkonzentrationen in den Kabinen und der Höhe der **jeweiligen Temperatur** zu erwarten. Um diese Korrelation verifizieren oder falsifizieren zu können, wurde die Temperatur in den Saunakabinen bestimmt. Unter der alternativen Annahme, dass die Hauptquelle der Formaldehydemissionen die Zersetzung von Aufgussmitteln (ätherische Öle) auf den heißen Oberflächen der Saunaöfen darstellt, müsste sich eine mögliche Korrelation der Formaldehydemissionen mit der relativen Luftfeuchte in den Saunakabinen finden lassen, denn die Aufgussmittel werden in Wasser gelöst und dann auf den Ofen ausgebracht. In den untersuchten Saunakabinen mit einer Betriebstemperatur von über 80°C konnte an den unterschiedlichen Messpunkten – meist in der Mitte der Kabine auf Höhe der mittleren Bank – eine **durchschnittliche Temperatur von 70,18°C** gemessen werden (MIN: 44,10°C; MAX: 106,3°C).
15. An exakt diesen Messpunkten betrug die **relative Luftfeuchtigkeit durchschnittlich 28,28 %** (MIN: 8,53%; MAX: 76,53%).

16. In der Untergruppe der **Hotelsaunakabinen** war die Temperatur mit durchschnittlich **77,14°C fast sieben Grad höher** (MIN: 58,80°C; MAX: 103,3°C).
17. Die relative Luftfeuchte in den **Hotelsaunakabinen** lag bei durchschnittlich **22,9%** mit einer Spannweite von 8,53% bis 44,37%.
18. In den **5-Sterne-Saunakabinen** konnte eine durchschnittliche Temperatur von **66,36°C** an den Messpunkten festgestellt werden (MIN: 44,10°C; MAX: 90,23°C).
19. Die durchschnittliche relative Luftfeuchte konnte in den 5-Sterne-Saunakabinen auf **36,6%** festgestellt werden (MIN: 15,13%; MAX: 66,1%).
20. In der Kontrollgruppe der **Warmluftbäder** betrug die durchschnittliche Temperatur wie erwartet nur **54,27°C** (MIN: 40,47°C; MAX: 66,4°C).
21. Die durchschnittliche relative Luftfeuchte bei den feuchten Warmluftbädern betrug **48,05%** mit einer Spannweite von 13,13% bis 74,33%).
22. Für Saunakabinen wird ein 5-10facher Luftwechsel pro Stunde empfohlen, um „verbrauchte“ Luft und pyrolytisch erzeugte Abbauprodukte des Holzes und der Aufgussmittel aus der Kabine zu entfernen. Unter der Annahme, dass hohe Formaldehydkonzentrationen in einer Saunakabine auf eine unzureichende Entlüftung zurück zu führen sind, wurde stellvertretend für die Qualität der Raumluft der Kohlendioxidanteil in der Saunaluft gemessen. Sofern eine mangelhafte Entlüftung ursächlich ist für hohe Formaldehydkonzentrationen in den Saunakabinen müsste sich eine Korrelation zwischen der Höhe der Formaldehydkonzentrationen und des Kohlendioxidgehaltes finden lassen. Der Kohlendioxidgehalt in der Luft betrug in der Gesamtgruppe der Saunakabinen (>80°C) durchschnittlich **1.291 ppm (Kontrollmessung vor den Kabinen 695 ppm)**. In den **Hotelsaunakabinen durchschnittlich 918 ppm (Kontrolle 423 ppm)** und in **5-Sterne Saunakabinen 1.447 ppm (Kontrolle 864 ppm)**.
23. Bei der Kontrollgruppe der feuchten **Warmluftbädern** konnte ein durchschnittlicher Kohlendioxidgehalt von **1.547 ppm** gemessen werden (Kontrolle 855 ppm).
24. Zwischen dem **Oberflächen-Volumen-Verhältnis der Saunakabinen (>80°C)** und der **Höhe der Formaldehydkonzentration in diesen Saunakabinen besteht eine eindeutige, negative Korrelation**: Das Oberflächen-Volumen-Verhältnis nimmt bei steigender Formaldehydkonzentration tendenziell ab. Mit anderen Worten finden sich in großen Saunakabinen (kleines Oberflächen-Volumen-Verhältnis) hohe Konzentrationen von Formaldehyd und in kleinen

Kabinen umgekehrt geringe Konzentrationen von Formaldehyd. Diese Korrelation führt zu der Schlussfolgerung, dass die Hauptquelle der Formaldehydemissionen in Saunakabinen eben **nicht die hölzernen Oberflächen** und deren Pyrolyse sind, denn in diesem Fall würde man exakt die gegenteilige Korrelation erwarten. Diese Feststellung deckt sich mit der Beobachtung, dass hohe Formaldehydkonzentrationen in öffentlichen Saunakabinen vorwiegend im deutschsprachigen Raum auftreten, was bei baugleichen Saunakabinen zu der Vermutung führt, dass im deutschsprachigen Raum das Saunabad mit besonderen organisatorischen oder badeüblichen Besonderheiten belegt ist, die zu den hohen Formaldehydkonzentrationen führen könnten.

25. In der Kontrollgruppe der feuchten **Warmluftbäder** findet sich **keine Korrelation** zwischen den Formaldehydkonzentrationen und der Größe der Kabinen.
26. Bei der Pyrolyse von ätherischen Ölen entstehen zahlreiche Aldehyde und Ketone, die als sog. flüchtige organische Verbindungen nachweisbar sein sollten. Sofern als Hauptquelle für Formaldehydemissionen die Aufgussmittel verantwortlich sein sollten, müsste sich eine positive Korrelation zwischen der Höhe der Formaldehydkonzentrationen und der Höhe der Konzentration von flüchtigen organischen Verbindungen finden lassen. Gleichzeitig sollte sich in diesem Fall in Saunakabinen, in denen keine Aufgüsse mit Aufgussmitteln durchgeführt werden, diese Korrelation nicht finden lassen. In der Gesamtgruppe der Saunakabinen ($>80^{\circ}\text{C}$) findet sich eine sehr deutliche, **positive Korrelation zwischen der Höhe der Formaldehydkonzentrationen und der Höhe der Konzentration an flüchtigen organischen Verbindungen**. Tendenziell ist immer dann, wenn eine hohe Formaldehydkonzentration gemessen werden konnte, auch eine hohe Konzentration an flüchtigen organischen Verbindungen festzustellen. In **Hotelsaunakabinen, in denen keine Aufgüsse durchgeführt wurden, zeigt sich hingegen exakt die gegenteilige Korrelation**. Ein sehr starker Hinweis darauf, dass als Hauptquelle für die Formaldehydemissionen die Saunaaufgussmittel verantwortlich sind.
27. Unter der Annahme, dass hohe Formaldehydkonzentrationen in den Saunakabinen im Wesentlichen aus der Pyrolyse des Holzes der Saunakabinen stammen, müsste sich eine Abhängigkeit der Formaldehydkonzentrationen von der Temperatur der Saunakabinen finden lassen, da die Pyrolyse des Holzes eindeutig temperaturabhängig ist. Gleichzeitig sollte man erwarten, dass in feuchten Warmluftbä-

dern wegen der niedrigen Temperaturen nur geringe Formaldehydkonzentrationen zu finden sein sollten. **Die Gesamtgruppe der Saunakabinen (>80°C) zeigt tatsächlich eine negative Korrelation zwischen der Höhe der Formaldehydkonzentrationen und der Höhe der Temperatur.** Mit steigender Formaldehydkonzentration sinkt die Temperatur am Messpunkt. In der Kontrollgruppe der **Wärmeluftbäder** fällt auf, dass ebenfalls **sehr hohe Formaldehydkonzentrationen** erreicht werden. Dies lässt sich schwerlich mit einer Pyrolyse durch hohe Temperaturen erklären und deutet eher darauf hin, dass die in Wärmeluftbädern häufig verwendeten Duftstoffe aus der Raumbeduftung hier eine Rolle spielen.

28. Unter der Annahme, dass die Hauptquelle der Formaldehydemissionen die Zersetzung von Aufgussmitteln (ätherische Öle) auf den heißen Oberflächen der Saunaöfen darstellt, müsste sich eine mögliche Korrelation der Formaldehydemissionen mit der relativen Luftfeuchte in den Saunakabinen finden lassen, denn die Aufgussmittel werden in Wasser gelöst und dann auf den Ofen aufgebracht. Tatsächlich findet sich in der Gesamtgruppe der Saunakabinen (>80°C) eine eindeutige **positive Korrelation zwischen der Höhe der Formaldehydkonzentrationen und der Höhe der relativen Luftfeuchte.** Ein sehr starker Hinweis auf die Rolle der Aufgussmittel als Quelle der Formaldehydbelastungen in den Saunakabinen.
29. Eindeutige Korrelationen zwischen dem Kohlendioxidgehalt der Saunakabinen und der Höhe der Formaldehydkonzentrationen ließen sich – vermutlich wegen der sehr hohen Volatilität der einzelnen Messwerte – nicht finden.
30. Um einen weiteren Hinweis auf die entscheidende Rolle der Saunaaufgussmittel bei der Belastung der Saunakabinen mit Formaldehyd zu erhalten, wurde in insgesamt 19 Saunakabinen die Formaldehydkonzentration vor und nach einem Aufguss gemessen. **Vor den Aufgüssen konnte eine durchschnittliche Formaldehydbelastung von 1,67 mg/m³ gemessen werden, nach den Aufgüssen eine durchschnittliche Formaldehydkonzentration von 5,79 mg/m³.** Durch den Aufguss erhöhte sich rechnerisch die Belastung der Saunakabinen mit Formaldehyd um durchschnittlich 4,12 mg/m³.
31. Die Kohlendioxidkonzentration und damit die **Qualität der Innenraumluft in Saunakabine ist deutlich verbesserungsfähig.**
32. Die **Konzentration an flüchtigen organischen Verbindungen in den Saunakabinen mit mehr als 6 mg/m³ ist inakzeptabel.**

8.2 Quellen der Raumlufbelastung

8.2.1 Grundbelastung - Materialemission

Aus den in dieser Untersuchung gewonnenen Messdaten und Korrelationen lassen sich für die Schadstoffbelastung von Saunakabinen folgende Schlussfolgerungen ziehen:

1. Bei der Belastung der Innenraumluf von öffentlichen Saunakabinen in Deutschland mit Formaldehyd handelt es sich offensichtlich um ein weit verbreitetes und deutlich unterschätztes Problem. In **94,72 %** der untersuchten Saunakabinen war die Formaldehydkonzentration in der Innenraumluf mehr als $0,05 \text{ mg/m}^3$ höher als in der Außenluft. In **88,15 %** der Saunakabinen wurden Formaldehydkonzentrationen von mehr als $0,124 \text{ mg/m}^3$ (Grenzwert für Innenräume) gemessen.
2. Natürlich ist es möglich, eine öffentliche Saunakabine zu betreiben ohne den verbindlichen Richtwert von $0,124 \text{ mg/m}^3$ zu überschreiten. In immerhin **11,84 %** der Saunakabinen lag die Formaldehydkonzentration unter dem verbindlichen Richtwert. Auf der Basis dieser Feststellung stellt sich natürlich sofort die Frage, was diese 11,84 % der öffentlichen Saunakabinen von den 88,15 % der Saunakabinen mit zu hohen Formaldehydkonzentrationen unterscheidet.
 - a. In **allen** Saunakabinen, in denen der Grenzwert für Formaldehyd eingehalten wurde, wurden keine Aufgüsse durchgeführt und damit **keine Saunaaufgussmittel** eingesetzt.
 - b. Zwei Drittel dieser Saunakabinen gehört in die Gruppe der sog. **Hotelsaunakabinen**. Dabei handelt es sich im Regelfall um kleine Saunakabinen mit einem großen Oberflächen-Volumen-Verhältnis (2,0), einer hohen Temperatur ($77,14^\circ\text{C}$), einer geringen Luftfeuchte (22,9%), einer geringen Kohlendioxidkonzentration (918 ppm) und einer vergleichsweise geringen Besuchsfrequenz.

3. Auf der Basis der in dieser Untersuchung festgestellten Messwerte und Korrelationen lässt sich weiter schlussfolgern, dass die Saunakabinen selbst mit ihren hölzernen Bauteilen und den daraus resultierenden Materialemissionen vermutlich **nicht** für die hohen Formaldehydkonzentrationen in den Saunakabinen verantwortlich sind, da sich **keine Abhängigkeiten der Formaldehydkonzentrationen vom Oberflächen-Volumen-Verhältnis und der Temperatur** der Saunakabinen finden ließen. Diese Schlussfolgerung stützt sich auf die folgenden Untersuchungsergebnisse:
- a. In der Untergruppe der kleineren Hotelsaunakabinen mit einem Oberflächen-Volumen-Verhältnis von 2,0 konnte eine durchschnittliche Formaldehydkonzentration von 0,33 mg/m³ gemessen werden. Gerade in diesen Saunakabinen würde man wegen der geringen Größe und des ungünstigen Oberflächen-Volumen-Verhältnisses eine sehr hohe Formaldehydkonzentration erwarten – sofern die Materialemission der Hölzer die Hauptursache der Formaldehydemissionen sein sollten.
 - b. Die feuchten Warmluftbäder wurden als Kontrollgruppe für mögliche Materialemissionen gewählt, da wegen der geringeren Temperaturen (< 80°C) zu erwarten war, dass in diesen Kabinen nur geringe Materialemissionen auftreten würden (Die Materialemission von Formaldehyd ist Temperaturabhängig). Tatsächlich zeigten die Warmluftbäder jedoch die höchsten Formaldehydkonzentrationen.
 - c. Die durchschnittliche Formaldehydkonzentration lag in den großen 5-Sterne-Saunakabinen mit rechnerisch 2,01 mg/m³ signifikant über den Messwerten der Gesamtgruppe (1,65 mg/m³). Wegen des günstigen Oberflächen-Volumen-Verhältnisses in diesen Kabinen wiederum ein Hinweis gegen die Materialemissionen und für eine andere Quelle.
 - d. Zwischen den festgestellten Formaldehydkonzentrationen und den gemessenen Temperaturen in den Saunakabinen besteht eine negative Korrelation. Bei einer Materialemission als Quelle würde man eine positive Korrelation erwarten.

- e. In der Untergruppe der Hotelsaunakabinen war die Temperatur mit durchschnittlich 77,14°C fast sieben Grad höher als in der Gesamtgruppe. Trotz der hohen Temperaturen konnten in diesen Saunakabinen die geringsten Formaldehydkonzentrationen gemessen werden. Ein weiterer Hinweis gegen eine Abhängigkeit der gefundenen Formaldehydemissionen von der Temperatur, die allerdings bei Materialemissionen besteht.
- f. In den 5-Sterne-Saunakabinen konnte eine durchschnittliche Temperatur von 66,36°C an den Messpunkten festgestellt werden. In diesen Kabinen sollte man wegen der geringen Temperatur tatsächlich auch die geringsten Formaldehydkonzentrationen vermuten. Das Gegenteil ist der Fall. Auch das spricht gegen eine Hauptrolle der Materialemissionen bei den hohen Formaldehydkonzentrationen.

8.2.2 Zusatzbelastung - Saunaaufgussmittel

Die Schlussfolgerungen aus Kapitel 8.2.1 deuten sehr deutlich darauf hin, dass die hölzernen Saunakabinen mit ihren unvermeidlichen Materialemissionen bestenfalls für eine Grundbelastung der Saunakabinen verantwortlich sind. Die Gruppe der Hotelsaunakabinen zeigt dabei deutlich, dass es durchaus möglich ist, Saunakabinen mit sehr geringen Formaldehydkonzentrationen – unterhalb des derzeitigen Grenzwertes von 0,124 mg/m³ zu betreiben. Dies deckt sich mit der Tatsache, dass es Saunakabinenhersteller gibt, die den sog. „Blauen Engel“ als Qualitätszeichen führen und damit versprechen, Saunakabinen mit nur sehr geringen Materialemissionen herstellen zu können. Sofern die Materialemissionen in den Saunakabinen als Quelle der hohen Formaldehydkonzentrationen ausscheiden stellt sich natürlich sofort die Frage, woher die hohen Schadstoffbelastungen kommen. Auch diese Frage lässt sich auf der Basis der durchgeführten Untersuchungen leicht beantworten.

1. Die **Hauptursache für die in öffentlichen Saunakabinen gemessenen hohen Formaldehydkonzentrationen sind mit hoher Wahrscheinlichkeit die in den Kabinen eingesetzten Saunaaufgussmittel**, die entweder selbst bereits Formaldehyd enthalten oder

nach der Ausbringung auf die heißen Oberflächen der Saunaöfen Formaldehyd pyrolytisch abspalten. Diese Schlussfolgerung stützt sich auf die nachfolgenden Untersuchungsergebnisse:

- a. In **allen** Saunakabinen, in denen der Grenzwert für Formaldehyd eingehalten wurde, wurden **keine** Aufgüsse durchgeführt und damit **keine Saunaaufgussmittel** eingesetzt.
- b. In **11,83 %** der untersuchten Saunakabinen wurden so hohe Formaldehydkonzentrationen erreicht, dass der Messbereich der eingesetzten Messgeräte überschritten wurde. Bei diesen Saunakabinen handelte es sich um sog. „Aufgussaunen“, in denen mit **hoher Frequenz** und unter Einsatz von **großen Wassermengen** und **Saunaaufgussmitteln** mit **zahlreichen Gästen** Saunaaufgüsse durchgeführt wurden. Fast die Hälfte dieser Saunaanlagen behauptet, sich an die Aufgussrichtlinien des Deutschen Sauna-Bundes zu halten und sind mit 5-Sternen ausgezeichnet.
- c. In der Untergruppe der größeren 5-Sterne-Saunakabinen mit einem Oberflächen-Volumen-Verhältnis von 1,24 konnte eine durchschnittliche Formaldehydkonzentration von 2,01 mg/m³ gemessen werden (Spannweite 0,112 bis 6,13 mg/m³). Der Kontrollwert vor diesen Saunakabinen lag bei nur 0,02 mg/m³ (Spannweite 0,00 bis 0,08 mg/m³). Rechnerisch lag die durchschnittliche Formaldehydkonzentration in diesen Saunakabinen demnach 1,99 mg/m³ über dem Kontrollwert vor den Kabinen. Gerade in diesen großen Kabinen würde man wegen des **geringen Oberflächen-Volumen-Verhältnisses** jedoch eine geringe Formaldehydkonzentration in der Innenluft erwarten. In den großen Saunakabinen werden im Regelfall Saunaaufgüsse durchgeführt.
- d. In der Kontrollgruppe der Warmluftbäder konnte eine durchschnittliche Formaldehydkonzentration von 2,05 mg/m³ gemessen werden (Spannweite 0,22 bis 6,13 mg/m³). Auch hier lagen die Messwerte in den Saunakabinen durchschnittlich rechnerisch 1,98 mg/m³ und damit signifikant über den Kontrollwerten vor den Saunakabinen. Wegen der geringeren Temperaturen würde man hier nur

geringe Formaldehydkonzentrationen erwarten. Im Regelfall wird in feuchten Warmluftbädern die Luft mit Duftstoffen versetzt. Diese Duftstoffe stehen im Verdacht, der Verursacher der hohen Schadstoffbelastungen zu sein.

- e. Die relative Luftfeuchte in öffentlichen Saunakabinen ist viel zu hoch. Dies ist vermutlich auf die exzessive Aufgusspraxis zurück zu führen (Frequenz/Wassermenge). In diesen Aufgüssen werden im Regelfall Saunaaufgussmittel eingesetzt.
- f. In den 5-Sterne-Saunakabinen konnte eine durchschnittliche Temperatur von 66,36°C an den Messpunkten festgestellt. Die durchschnittliche relative Luftfeuchte konnte in den 5-Sterne-Saunakabinen auf 36,6% festgestellt werden. In diesen Kabinen sollte man wegen der geringen Temperatur tatsächlich auch die geringsten Formaldehydkonzentrationen vermuten. Das Gegenteil ist der Fall. Da in den großen Saunakabinen viele Aufgüsse durchgeführt werden, findet sich eine hohe Luftfeuchte und damit ein starker Hinweis auf die Aufgussmittel als Quelle der Formaldehydemissionen.
- g. In der Kontrollgruppe der Warmluftbäder betrug die durchschnittliche Temperatur wie erwartet nur 54,27°C (MIN: 40,47°C; MAX: 66,4°C). Die durchschnittliche relative Luftfeuchte bei den feuchten Warmluftbädern betrug 48,05%. In diesen Saunakabinen würde man wegen der geringen Temperaturen gar keine Formaldehydemissionen erwarten. Allerdings finden sich hier ziemlich starke Raumluftbelastungen. Erneut ein starker Hinweis auf die Saunaaufgussmittel, die auch in diesen Anlagen zur Raumbeduftung eingesetzt werden.
- h. Es besteht eine eindeutige, positive Korrelation zwischen der Höhe der Formaldehydkonzentrationen und der relativen Luftfeuchte in den Saunakabinen. Mit steigender Formaldehydkonzentration steigt auch die relative Luftfeuchte in diesen Kabinen. Dies lässt sich plausibel durch die Aufgusstätigkeit mit der Pyrolyse von Saunaaufgussmitteln erklären.

- i. Es besteht eine eindeutige, positive Korrelation zwischen der Höhe der Formaldehydkonzentrationen und dem Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen in den Saunakabinen. Je höher die Formaldehydkonzentration, desto höher ist auch der Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen.
- j. In insgesamt 19 Saunakabinen war es möglich, die Formaldehydkonzentrationen in den Saunakabinen direkt vor und direkt nach einem Aufguss zu messen. Die Abbildung 22 zeigt, dass in allen Fällen nach einem Aufguss die Konzentration an Formaldehyd in den Saunakabinen signifikant angestiegen ist. In 14 Fällen stieg die Formaldehydkonzentration nach dem Aufguss so stark an, dass der Messbereich des Messgerätes überschritten wurde. Im Durchschnitt konnte vor den Aufgüssen eine Formaldehydkonzentration von 1,67 mg/m³ gemessen werden, und nach den Aufgüssen eine Formaldehydkonzentration von 5,79 mg/m³.

8.2.2.1 Sind Saunaaufgussmittel gesundheitsfördernd?

Mit Blick auf die hier gezogenen Schlussfolgerungen stellt sich automatisch die Frage nach dem Grund für den Einsatz von Saunaaufgussmitteln und deren potenzielle Wirkung oder – alternativ – ob man nicht vielleicht aus gesundheitlichen Gründen auf den Einsatz von Saunaaufgussmitteln verzichten sollte.

Die Frage, ob Saunaaufgussmittel und deren auf dem Saunaofen entstehende Abbauprodukte „gesund“ sind oder eher kritisch betrachtet werden müssen, wird sehr kontrovers diskutiert. Während die Anhänger der Aromatherapien von einem positiven Nutzen der Saunaaufgussmittel überzeugt sind und von gesundheitsfördernden Effekten sprechen, wird von der Schulmedizin die Wirksamkeit der Saunaaufgussmittel nicht nur in Frage gestellt, sondern sogar auf die gesundheitsgefährdenden Aspekte der Aufgussmittel und deren thermischer Abbauprodukte hingewiesen.

Auch wenn das Saunabad eindeutig im Freizeitbereich und nicht im Bereich der physikalischen Therapie angesiedelt ist, nutzen viele Gäste die Sauna nicht nur zur Entspannung und Erholung, sondern verfolgen wie auch immer geartete, zusätzliche gesundheitliche Ziele. Vor diesem Hintergrund des „gesundheitsorientierten Saunabades“ ist die Frage zu stellen, ob der zwischenzeitlich praktizierte und propagierte gesundheitsorientierte Badeablauf diesen Namen tatsächlich noch verdient, oder ob nicht vielleicht andere Interessen den gesundheitlichen Aspekt des Saunabades überdecken. Erste Hinweise darauf, dass sich das Saunabad immer weiter von der Gesundheitsorientierung in einen kommerziellen Freizeitbereich verschiebt, lassen sich in der Branche eindeutig identifizieren. Vorläufiger Höhepunkt ist die Abschaffung der seit 1968 geltenden Umsatzsteuerermäßigung auf den Saunaeintritt im Jahr 2015. Aber auch die Ausweitung der Aufgüsse in öffentlichen Saunananlagen zu karnevalsartigen Eventveranstaltungen mit teilweise bis zu 20 Minuten Länge sprechen eine eindeutige Sprache. Wesentlicher Teil dieser Aufgüsse ist inzwischen der Einsatz von Saunaaufgussmitteln geworden, die als Zusatz dem Aufgusswasser beigemischt werden und auf den heißen Ofensteinen verdampft werden. Gleichzeitig wird den Saunagästen die potenzielle Wirkung der Saunaaufgussmittel mit wohlklingenden Adjektiven angepriesen, die von „erfrischend“, „harmonisierend“, „desinfizierend“, „ausgleichend“ über „aufheiternd“, „krampflösend“, „harntreibend“ bis hin zu „erotisierend“, „antidepressiv“ und „entzündungshemmend“ reichen. Auch wenn sofort auffällt, dass diese Adjektive wenig konkret sind, muss man sich vor diesem Hintergrund ernsthaft fragen, ob und wenn ja welche Wirkung Saunaaufgussmittel tatsächlich entfalten.

Um bewerten zu können, ob - und wenn ja dann wie – Duftstoffe eine physiologische Wirkung erzeugen können, ist die Kenntnis der physiologischen Mechanismen notwendig. Die Geruchswahrnehmung von Stoffen der eingeatmeten Luft beginnt auf der sog. Riechschleimhaut, einem ca. 1 - 5 ½ cm² großen Areal an der Decke der Nasenhöhle. Hier befinden sich ca. 3 bis 6 Millionen Riechzellen (beim Hund 230 Millionen), von denen jede auf einen bestimmten Duftstoff spezialisiert ist. Die Leistungsfähigkeit des menschlichen Geruchsinnes ist im Verhältnis zu anderen Lebewesen schlecht. Beim Seidenspinner, einer Schmetterlingsart, reichen bereits weniger als 100 Geruchsmoleküle aus, um eine Verhaltensreaktion auszulösen. Aal und Hund benötigen ca. 1.000 Geruchsmoleküle für eine Reaktion. Der Mensch benötigt bei den hochwirksamen Duftstoffen zwischen 10 bis 100 Millionen.

Die Riechzellen sind von einer wässrigen Schleimschicht bedeckt und tragen an den Enden sog. Sinneshaare, auf denen sich die Rezeptoren für die unter-

schiedlichen Duftstoffmoleküle befinden. Der Mensch besitzt ca. 1.000 unterschiedliche Geruchsrezeptoren, mit denen er bis zu 10.000 unterschiedliche Gerüche wahrnehmen und differenzieren kann. Bedingt durch die Abdeckung mit wässrigem Schleim ergibt sich, dass Duftstoffe immer zuerst in wässrige Lösung gehen müssen, bevor sie an die Duftrezeptoren binden können. Durch die Bindung an den spezifischen Rezeptor der Riechzelle wird in der Zelle ein elektrischer Impuls ausgelöst, der in der Zelle um den Faktor 1.000 verstärkt wird und dann direkt an das Gehirn weitergeleitet wird. Die Fortsätze der Riechzellen, die Axone, gehen durch das sog. Siebbein direkt in den Riechkolben. Vom Riechkolben aus werden die Nervenimpulse dann weitergeleitet an das sog. Riechhirn. Ein Weg führt vom Riechhirn direkt ins limbische System, dem Sitz der Emotionen. Hier werden die eingehenden Impulse und Duftinformationen unwillkürlich verknüpft mit bereits gelernten und gespeicherten Gefühlen (z.B. Aufmerksamkeit und Angst bei Brandgeruch). Parallel zur unbewussten Verarbeitung von Informationen laufen ausreichend intensive Gerüche über den Thalamus in die Großhirnrinde und werden jetzt in der Riechrinde umgesetzt in bewusste Geruchseindrücke. Diese bewussten Geruchseindrücke sind tatsächlich das Ergebnis eines Lernprozesses, der als sog. „olfaktorische Gestaltwahrnehmung“ bezeichnet wird. So besteht der Duft von Kaffee beispielsweise aus ca. 200 Komponenten, der Duft von Rosen sogar aus ca. 500 Komponenten. Durch diese sehr unterschiedlichen „Duftprofile“ oder „Duftmuster“ werden bestimmte Riechzellen angeregt, die ein definiertes Muster in der Riechrinde ablegen und mit dem entsprechenden Duft verknüpft und gespeichert werden. Wird dieses Muster – auch Jahre später – erneut erzeugt, erfolgt automatisch die Zuordnung zum gespeicherten Duft. Über diesen gesteuerten Lernprozess der olfaktorischen Gestaltwahrnehmung erklärt es sich, warum der Geruch von z.B. Lebkuchen mit Weihnachten gekoppelt ist und entsprechende Emotionen auslöst. Der Lernprozess erklärt auch, warum unterschiedliche Menschen Düfte unterschiedlich wahrnehmen, denn ob ein Mensch einen Duft mag oder nicht, ist nicht genetisch festgelegt, sondern wird erlernt. Die individuelle Erfahrung wird einem Duft zugeordnet.



*Abbildung 23: Aufnahme
von Geruchsstoffen*

In der Aromatherapie werden immer wieder Heilmethoden mit verschiedenen Gerüchen beschrieben, die neben psychischen auch tatsächlich physische Wirkungen entfalten sollen. Diese Duftstoffe sollen nicht nur über die Nase, sondern auch über die Haut aufgenommen werden und dann eine tatsächliche Wirkung entfalten. Manchen ätherischen Ölen – die auch als Aufgussmittel in der Sauna Verwendung finden – sollen z.B. schleimlösend, antibakteriell oder muskelentspannend wirken. Tatsächlich ist die direkte physische Wirkung von manchen Duftstoffen auf das Nervensystem über den Gesichtsnerv (N. trigeminus) lange bekannt (Tränenfluss beim Zwiebelschneiden). Auch andere Gerüche können im Gehirn nachweislich eine Kaskade von Reaktionen auslösen bis hin zur Ausschüttung von Hormonen. Die Isolation eines Geruchsmoleküls, welches anschließend in einer eindeutigen Dosis-Wirkungs-Beziehung einen physischen Effekt auslöst, ist bisher allerdings nicht gelungen, so dass die Aromatherapie von der Schulmedizin nicht anerkannt wird. Aufgussmittel in Saunaaanlagen entfalten deshalb nach heutigem Kenntnisstand keinerlei nachweisbare, positive, physische Wirkungen, sondern verändern über die olfaktorische Gestaltwahrnehmung und das limbische System bestenfalls die Affektlage (Emotionaler Zustand) des Gastes. Da dies nicht zwangsläufig schlecht sein muss, wäre gegen den Einsatz von Aufgussmitteln auf der Basis dieser Überlegungen nichts einzuwenden.

Sofern man dieser Einschätzung folgt und zu dem Ergebnis gelangt, dass Saunaaufgussmittel keine gesundheitsfördernden physiologischen Reaktionen auslösen, muss man sich als nächstes im Sinne der Gesundheit der Saunagäste fragen, ob – wenn schon keine positiven Wirkungen festzustellen sind – zumindest ausgeschlossen werden kann, dass negative Wirkungen auftreten

können. Um abschätzen zu können, ob von Saunaaufgussmittel potenzielle Gefahren für den Saunagast ausgehen, sind grundsätzlich zwei Wege möglich: 1. Die Analyse der Sicherheitsdatenblätter der Aufgussmittel und 2. Eine Recherche zu ggf. bereits aufgetretenen Komplikationen von Personen im Umgang mit Saunaaufgussmitteln oder Duftstoffen.

Einen ersten Eindruck dazu, ob von Saunaaufgussmitteln ein potenzielles gesundheitliches Risiko für die Saunagäste ausgehen könnte, liefert ein Blick in die sog. Sicherheitsdatenblätter, die den Nutzer (Saunamitarbeiter) in den sorgsamem Umgang mit dem Aufgusskonzentrat einweisen. Auch wenn angemerkt werden muss, dass die Hinweise zu möglichen Gefahren und deren Prävention im Umgang mit dem Aufgussmittel sich auf die Konzentrate und nicht die Gebrauchslösung beziehen, lassen sich doch einige Feststellungen treffen. Insgesamt wurden stichprobenhaft die Sicherheitsdatenblätter von 50 Saunaaufgussmittel unterschiedlicher Hersteller auf Eintragungen zu möglichen Gefahren und deren Prävention untersucht. Dazu fanden sich folgende Hinweise:

Gefahren:

- Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar
- Kann allergische Hautreaktionen verursachen.
- Verursacht schwere Augenreizung.
- Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.
- Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.
- Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.
- Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein.
- Verursacht Hautreizungen.
- Kann die Atemwege reizen.
- Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung



Abbildung 24: Piktogramme auf Saunaaufgussmitteln

Prävention:

- Von Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen und anderen Zündquellen fernhalten.
- Nicht rauchen.
- Einatmen von Staub/ Rauch/ Gas/ Nebel/ Dampf/ Aerosol vermeiden.
- Freisetzung in die Umwelt vermeiden.
- Schutzhandschuhe/ Augenschutz/ Gesichtsschutz tragen.
- Maßnahmen gegen elektrostatische Entladungen treffen.
- Kontaminierte Arbeitskleidung nicht außerhalb des Arbeitsplatzes tragen.

Da nach Paracelsus die Dosis das Gift macht, lassen sich zumindest einige der potenziellen Gefahren für die Saunagäste durch die vorgeschriebene Verdünnung des Konzentrates weitgehend ausschließen. Entsprechend steht nicht zu erwarten, dass eine fertige und ordnungsgemäß verdünnte Gebrauchslösung noch brennbar oder leicht entzündlich ist. Diese Annahme setzt allerdings voraus, dass das eingesetzte Saunaaufgussmittel entsprechend der Sicherheitsdatenblätter durch das Fachpersonal verdünnt wird. Dies wiederum kann nur sichergestellt werden, wenn Aufgüsse ausschließlich durch fachlich korrekt geschultes Fachpersonal durchgeführt werden.

Beim Aufguss in der Sauna kommen geringe Mengen sog. ätherischer Öle zum Einsatz. Dabei handelt es sich – sofern natürliche Substanzen verwendet werden – um einen Pflanzenextrakt, der durch Wasserdampfdestillation aus Pflanzen oder Pflanzenteilen gewonnen und in organischen Lösungsmitteln gelöst wurden. Bedingt durch die beschriebene Gewinnung der Öle bestehen diese aus einer Vielzahl unterschiedlicher chemischer Komponenten die typischerweise den charakteristischen Geruch der Ursprungspflanze besitzen. Ätherische Öle sind lipophil und haben bei Normaldruck einen Siedepunkt, der weit über dem von Wasser liegt. Anders als schwere, fette Öle enthalten sie keinerlei Fette und verdampfen deshalb unter Normalbedingungen rückstandsfrei. Da sie leichter als Wasser und nicht löslich in Wasser sind, bilden sie auf Wasser einen schwimmenden Flüssigkeitsfilm oder lediglich kleine Tropfen. Die natürliche Funktion der ätherischen Öle in Pflanzen sind im Regelfall der Schutz vor Krankheitserregern oder Fressfeinden oder das Anlocken von Insekten. Aus der Schutzfunktion der Öle lässt sich ableiten, dass die meisten ätherischen Öle stark Haut- und Schleimhautreizend sind und deshalb nur in starker Verdünnung verwendet werden dürfen. Bedingt durch ihre chemischen Eigenschaften sind die kleinen ätherischen Öle der Aufgussmittel dazu in der Lage, über die Haut und die Schleimhäute des Menschen

(Atemluft) in den Organismus eindringen zu können. Ob dabei allerdings tatsächlich Konzentrationen erreicht werden, die eine pharmakologische Wirkung auslösen könnten, muss bezweifelt werden, da die Resorptionsfläche der Haut mit max. 2 m^2 relativ begrenzt ist und die Aufenthaltsdauer in der Kabine mit max. 15 min relativ kurz ist. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass die im Aufguss eingesetzte absolute Menge des Aufgussmittels nicht dazu ausreichen wird, bei den zahlreichen Saunagästen eine Wirkkonzentration zu erreichen. Die Haut scheidet damit als Aufnahmeweg aus.

Mit Blick auf die Resorptionsfläche dürfte die Lunge mit einer Fläche von 80 bis 100 m^2 allerdings ausreichen, um ausreichende Mengen von möglichen Wirkstoffen aufzunehmen. Entsprechend sollte geprüft werden, ob es vor dem Hintergrund der eingesetzten Stoffmengen möglich ist, über die Lunge ausreichende Mengen an Chemikalien aufzunehmen. Eine einfache Plausibilitätsberechnung verdeutlicht dies:

Saunaaufgussmittel bestehen zu ca. 90 bis 95 % aus Lösungsmitteln, meist Ethanol oder Isopropylalkohol. Die ätherischen Öle als bunter Cocktail verschiedener Substanzen erreichen meist nicht einmal 0,5 % des Aufgussmittels. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass heißer Wasserdampf deutlich gefährlicher ist als flüssiges Wasser (vergl. Verbrennungen) darf die maximale Aufgussmenge ca. 30 g Wasser pro m^3 nicht überschreiten. Bei einer Saunakabine mit ca. 50 m^3 entspricht dies einer Menge von 1,5 l Wasser. Damit ist die Aufgusswassermenge festgesetzt. Nach Herstellerangaben der Sicherheitsdatenblätter für Aufgussmittel werden im Regelfall max. 30 ml Aufgussmittel pro Liter eingesetzt. Bei 1,5 l Wasser also ca. 45 ml Aufgussflüssigkeit. Davon entfallen ca. 0,5 % auf das ätherische Öl, also ca. 0,225 ml oder grob geschätzt 0,225 mg, die innerhalb von 10 min auf den Ofen gegossen werden und unter der Annahme einer vollständigen Verdunstung ohne Abbauprodukte im Raum verteilt werden (zwei Annahmen, die leider nicht zutreffen). Bereits zu diesem Zeitpunkt der Plausibilitätsbetrachtung ist klar, dass eine „Wirkstoffmenge“ von 0,225 mg verteilt auf alle Saunagäste (bis zu 30 Personen in einer Sauna dieser Größe) nicht dazu ausreichen wird, eine pharmakologische Reaktion auszulösen.

Unter der Annahme einer gleichmäßigen Verteilung in der Luft ergibt sich eine „Wirkstoffkonzentration“ des ätherischen Öls von $0,225 \text{ mg} / 50 \text{ m}^3 = 0,0045 \text{ mg/m}^3$ oder umgerechnet 0,000045mg/Liter.

Bei einem Atemvolumen von ca. 8 l pro Minute eines durchschnittlichen Menschen in Ruhe über 10 min ergibt sich eine Stoffaufnahme von $0,000045 \times 8 \times 10 = 0,00036 \text{ mg}$. Diese sehr geringe Menge wird nicht

ausreichen um eine pharmakologische Reaktion auszulösen! Aufgussmittel in Saunaanlagen entfalten deshalb keinerlei nachweisbare, physische Wirkungen, sondern verändern über die olfaktorische Gestaltwahrnehmung bestenfalls die Affektlage (Emotionaler Zustand) des Gastes. Mit anderen Worten riechen Aufgussmittel gut.

Aufgussmittel in Saunaanlagen entfalten nach heutigem Kenntnisstand keine signifikanten physischen Wirkungen, sondern verändern über die olfaktorische Gestaltwahrnehmung und das limbische System bestenfalls die Affektlage (Emotionaler Zustand) des Gastes. Auch wenn ein Saunaaufgussmittel – außer gut zu riechen – keine physiologische Wirkung besitzt, lässt sich daraus nicht grundsätzlich ableiten, den Umgang mit Saunaaufgussmitteln einzuschränken, da den Gästen – bei sachgemäßer Anwendung – zumindest kein Schaden zugefügt wird. Problematisch wird der Einsatz von Saunaaufgussmitteln jedoch dann, wenn die Gesundheit des Gastes in einem eigentlich gesundheitsorientierten Saunabad bedroht oder geschädigt wird. Da Saunaaufgussmittel als ätherische Öle im Regelfall ein hautreizendes und/oder allergisches Potenzial besitzen und bei dem Kontakt mit den heißen Flächen des Saunaofens (bis zu 500°C) nachweislich Formaldehyd als gefährliches Degradationsprodukt entstehen kann, ist grundsätzlich vom Einsatz von Saunaaufgussmitteln im Rahmen eines gesundheitsorientierten Saunabades abzuraten.

Sollen, aus welchem Grund auch immer, doch Saunaaufgussmittel eingesetzt werden, sind einige Sicherheitsvorkehrungen zu fordern:

- Auf das allergische Potenzial der Saunaaufgussmittel ist dauerhaft durch deutlich sichtbare und deutlich lesbare Warnhinweise aufmerksam zu machen.
- Inhaltsstoffe, insbesondere solche mit allergenem Potenzial, müssen zum Schutz von empfindlichen Saunagästen auch in kleinen Mengen deklariert werden.
- Auf Aufgussmittel, die Öle enthalten, die auch in geringen Konzentrationen starke Hautreaktionen auslösen, sollte vollständig verzichtet werden.
- Aufgussmittel, die Öle enthalten, die in hohen Konzentrationen hautreizend wirken, sollen nur in starker Verdünnung verwendet werden.
- Um Allergikern die Teilnahme an Saunaaufgüssen zu ermöglichen, sollten auch Aufgüsse ohne Aufgussmittel angeboten werden.
- In Saunakabinen, in denen durch die verwendeten Holzarten und/oder Aufgussmittel mit erhöhten Formaldehydkonzentrationen zu

rechnen ist, müssen die Saunagäste mindestens durch Warnhinweise informiert werden oder besser auf die Verwendung von Saunaaufgussmitteln verzichtet werden.

- Vor dem Hintergrund des Postulates, dass das Saunabad „gesundheitsfördernd“ durchgeführt werden soll, ist zu fordern, dass die Raumluftkonzentration in der Saunakabine den vom BfR aufgestellten Richtwert von $0,1 \text{ mg/m}^3$ weder in der Grundbelastung noch in der Kombination Grundbelastung und Saunaaufguss nicht überschreiten darf.
- Da unterschiedliche Aufgussmittel auch unterschiedliche Mengen von Formaldehyd freisetzen ist zu fordern, dass nur Aufgussmittel eingesetzt werden, die auch bei pyrolytischer Zersetzung nur wenig Formaldehyd freisetzen. Entsprechend ist eine vollständige Kennzeichnung der Inhaltsstoffe zu fordern. Eine Unterscheidung in z.B. natürliche, naturidentische oder synthetische Produkte ist nicht zielführend, da lediglich die Struktur der Moleküle und deren Abbauprodukte entscheidend ist (und nicht deren Herkunft). Ggf. ist auf Aufgussmittel zu verzichten.
- Die Menge des Aufgusswassers ist so zu wählen, dass bei den individuellen Ortsgegebenheiten (Kabinengröße, Bauart des Ofens) das Aufgusswasser nicht in Kontakt zu tiefer liegenden, deutlich heißeren Oberflächen kommen kann.
- Die Dosierung der Aufgussmittel ist so zu wählen, dass eine Belastung der Raumluft mit Formaldehyd aus thermischen Abbauprodukten der Aufgussmittel weitestgehend vermieden wird (Herstellerangaben). Ggf. ist auf Aufgussmittel zu verzichten.
- Da die Pyrolyse von Formaldehyd aus den Grundbestandteilen der Aufgussmittel auch in Abhängigkeit von der Zeit erfolgt, sind „schnelle“ Aufgüsse zu vermeiden (oder ohne Aufgussmittel mit reinem Aufgusswasser durchzuführen), da hier das Risiko einer Benetzung von tiefer liegenden, heißen Oberflächen deutlich steigt (Wasser tropft durch die Steine auf die Heizspiralen und verdunstet nicht bereits auf den Ofensteinen).
- Um sicher zu stellen, dass die Empfehlungen in Bezug auf Aufgusswassermenge, Konzentration des Aufgussmittels und Dauer des Aufgusses eingehalten werden ist zu fordern, dass nur speziell ausgebildete Personen Aufgüsse durchführen dürfen.
- Abschließend ist grundsätzlich festzustellen, dass auf den Einsatz von Aufgussmitteln prinzipiell verzichtet werden kann, da eine wie auch immer geartete Wirkung von Aufgussmitteln auf Saunagäste bisher nicht nachgewiesen werden konnte.

Am Ende eines Saunaganges kann durch einen Aufguss ein zusätzlicher Wärmereiz gesetzt werden. Dazu werden ca. 10 - 30 g Wasser pro Kubikmeter Saunaraumvolumen auf die heißen Ofensteine aufgegossen, wobei es schlagartig verdampft und sich – ggf. durch Unterstützung des Saunamitarbeiters – gleichmäßig in der Kabine verteilt. Ein Aufguss wird vom Saunagast als zusätzlicher Wärmereiz empfunden, der unterschiedliche Ursachen hat:

- Wegreißen der leicht isolierenden Haftschrift. Die Hautoberfläche ist mit einer dünnen Luftschicht, der sog. Haftschrift umgeben, die mit einer Dicke von ca. 4-8 mm eine Mischtemperatur zwischen der Temperatur der Hautoberfläche (32°C) und der Umgebung (100°C) einnimmt und so isolierend wirkt. Während eines Aufgusses kann die Haftschrift durch das sog. „abschlagen“ des Gastes – zufächeln von Luft mittels eines Handtuches - weggerissen und durch frische, ca. 100°C heiße Luft ersetzt werden, wodurch die Wärmeübertragung durch Wärmemitführung geringfügig gesteigert wird.
- Erhöhung der Luftfeuchte mit dem Zusammenbruch der Möglichkeit, Schweiß zu verdunsten. In einer finnischen Saunakabine (10°C, 2-5% rel. Feuchte, ohne Aufguss) bewegt sich der Wasserdampfdruck rechnerisch zwischen 1,5 und 5,1 kPa und damit deutlich unterhalb des Wasserdampfdruckes der schweißbedeckten Haut. Entsprechend ist unter diesen Bedingungen die thermoregulatorische Verdunstung von Wasser möglich. Vollkommen anders stellt sich allerdings die Situation dar, wenn in der Saunakabine ein Aufguss mit zusätzlich ca. 10-30 g Wasser pro Kubikmeter Rauminhalt durchgeführt wird. In diesem Fall steigt der Wasserdampfdruck rechnerisch auf bis zu 9,1 kPa und liegt damit deutlich oberhalb des Wasserdampfdruckes der Haut. Unter diesen Bedingungen ist die Verdunstung von Wasser/Schweiß blockiert und der Schweiß tropft, thermoregulatorisch ineffizient, von der Haut ab anstatt zu verdunsten und zu kühlen. Der Badegast nimmt dies als zusätzlichen Hitzereiz wahr.
- Kondensation von Wasserdampf auf der Haut des Badegastes. Während des Saunaaufgusses wird flüssiges Wasser auf die heißen Ofensteine des Saunaofens gegossen und verdampft dort schlagartig. Um Wassermoleküle aus der flüssigen in die gasförmige Phase zu überführen, sind große Energiemengen notwendig. Für ein Gramm Wasser werden ca. 2.500 J benötigt. Diese Energie geben die gasförmigen Wassermoleküle bei dem Auftreffen auf die kühle Haut des Saunagastes an den Badegast ab, indem sie mit hoher Geschwindigkeit mehrere Millimeter tief in die Haut des Saunagastes eindringen.

Menschen sind sog. gleichwarme Lebewesen die versuchen ihre Körperkern-temperatur während des ganzen Lebens in engen Grenzen konstant zu halten. Dazu ist es notwendig, ein Gleichgewicht zwischen Wärmebildung und Wärmeabgabe herzustellen, so dass die gewünschte Temperatur gehalten werden kann. Überschüssige Wärme wird durch physikalische und biologische Mechanismen abgegeben, die besonderen Gesetzmäßigkeiten unterliegen. Die Wärmemenge, die durch die physikalischen Mechanismen abgegeben werden kann (Wärmeleitung, Wärmemitführung und Wärmestrahlung), hängt im Wesentlichen ab von der Temperaturdifferenz zwischen Hauttemperatur und Umgebungstemperatur. Je höher die Temperaturdifferenz ist, desto mehr Wärme wird abgegeben. Da die Wärmeabgabe vom Punkt hoher zum Punkt niedriger Temperatur erfolgt (bis ein Temperatúrausgleich erreicht ist), folgt daraus, dass bei einer Umgebungstemperatur von ca. 32°C – der durchschnittlichen Hauttemperatur – eine physikalische Wärmeabgabe nicht mehr möglich ist. Bei höheren Temperaturen – wie in der Sauna – kehrt sich der Wärmestrom sogar um und es wird physikalisch Wärme aufgenommen statt abgegeben (siehe Abbildung). Bei Temperaturen oberhalb der sog. Schwitzschwelle, beim Menschen ca. 30°C), kann Wärme nur noch durch einen aktiven biologischen Prozess abgegeben werden, nämlich der Verdunstung von Schweiß auf der Hautoberfläche.

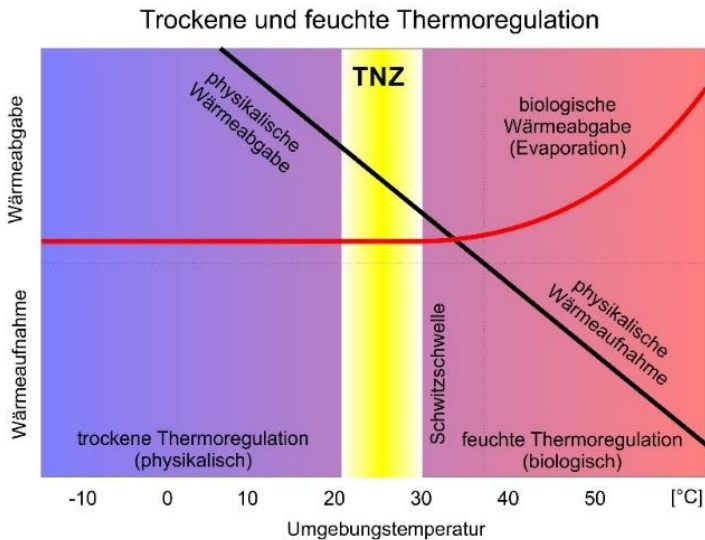


Abbildung 25: Physikalische und biologische Mechanismen der Wärmeabgabe.

Die Verdunstung von Schweiß hängt aber nicht mehr von der Temperaturdifferenz ab, sondern von der Luftfeuchte und damit dem Wasserdampfdruck. Ist der Wasserdampfdruck der Umgebungsluft kleiner als der Wasserdampfdruck der schweißbedeckten Haut (bei 37°C ca. 6,3 kPa), ist eine Verdunstung von Wasser mit der Bildung von Verdunstungskälte möglich. Steigt der Wasserdampfdruck der Umgebungsluft über den Wasserdampfdruck der schweißbedeckten Haut an, ist eine Verdunstung von Wasser nicht mehr möglich und der gebildete Schweiß tropft einfach von der Haut herab. In einer trocken-heißen Saunakabine soll der Wasserdampfdruck ca. 2-5 kPa betragen.

Die Messpunkte in der Abbildung 26 zeigen die tatsächliche relative Luftfeuchtigkeit in öffentlichen Saunakabinen im Bundesgebiet, die im Untersuchungszeitraum gemessen wurden. Nur 10 der insgesamt 76 untersuchten Saunakabinen zeigten eine relative Luftfeuchte im erwarteten bzw. empfohlenen Bereich (13,15 %). In weiteren 18 Saunakabinen war die relative Luftfeuchte zwar zu hoch, lag aber noch unter 6,3 kPa (23,68 %). **In insgesamt 63,17 % der Saunakabinen war die relative Luftfeuchtigkeit deutlich höher als 6,3 kPa.**

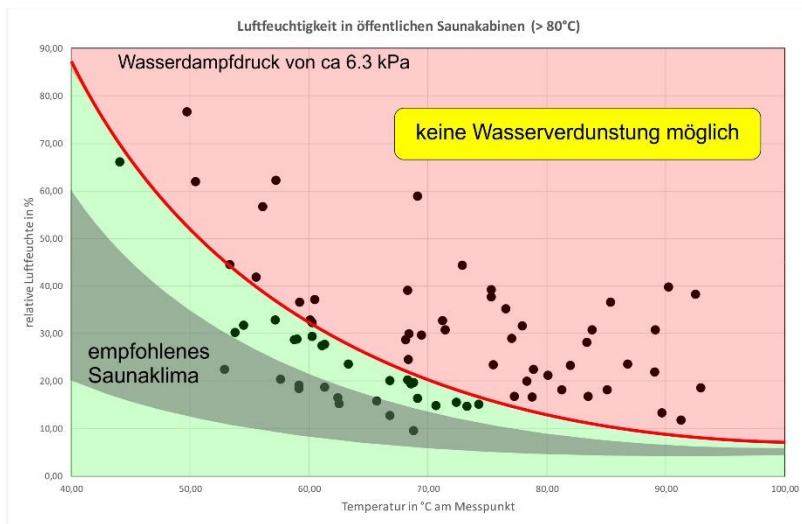


Abbildung 26: Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit in öffentlichen, finnischen Saunakabinen.

Die teilweise viel zu hohen Messwerte sind auf die inzwischen in vielen öffentlichen Saunananlagen anzutreffende, exzessive Aufgussdurchführung mit stündlichen Saunaaufgüssen und viel zu hohen Aufgusswassermengen zurück zu führen. Auch wenn diese Aufgusspraxis aus ökonomischen Gründen vielleicht sinnvoll sein mag, ist unter diesen Klimabedingungen ein thermoregulatorisch effektives Schwitzen nicht mehr möglich. Im Rahmen eines gesundheitsorientierten Saunabades, welches auch das Ziel verfolgt, die Thermoregulation des Saunagastes zu trainieren, ist eine derartig hohe relative Luftfeuchtigkeit grundsätzlich abzulehnen und die Aufgusspraxis zu überdenken.

8.3 Forderung nach einer Überwachung der Raumluftqualität

Auf der Basis der vorliegenden Untersuchungen lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass die klimatischen Verhältnisse in den öffentlichen Saunakabinen weit davon entfernt sind, den gewünschten und publizierten Parametern in Bezug auf Luftfeuchte und Qualität der Innenraumluft auch nur Näherungsweise zu entsprechen. Entsprechend der Forderung, dass die Saunagäste in den öffentlichen Saunakabinen jederzeit die Möglichkeit haben sollten, ein gesundheitsorientiertes Saunabad durchführen zu können, ist auf der Basis dieser Untersuchung auch zu fordern, dass die Raumluftqualität – ähnlich wie die Wasserqualität in Schwimmbecken – durch die Betreiber der Saunananlagen kontrolliert, und diese Kontrollen dokumentiert werden sollten. Entscheidend bei diesen Kontrollmessungen ist dabei nicht die absolute Präzision der Messungen, sondern die Verhältnisse zwischen der Innenraumluft in der Saunakabine und der Außenluft am jeweiligen Standort der Saunananlage (relative Messungen). Die vorhandenen Abweichungen erlauben ausreichende Bewertungsmöglichkeiten der Raumluftqualität und ermöglichen leicht zu überprüfende Korrekturmaßnahmen.

Überwacht werden sollten dabei mindestens die nachfolgenden Messgrößen:

- Temperatur in °C durch geeignete Thermometer
- Relative Luftfeuchte in % durch geeignete Messgeräte.
- Formaldehydkonzentrationen durch einfache Formaldehydmeter.
- Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC) durch einfache Messgeräte.
- Kohlendioxidkonzentration.

Für alle diese Substanzen finden sich im Handel günstige und teilweise sehr gute Messgeräte mit einer sehr hohen Bedienerfreundlichkeit und einem minimalen Messaufwand. Die Messung und ggf. Korrektur der erfassten Parameter würde kurzfristig dazu führen, dass durch einfache organisatorische Maßnahmen die klimatischen Bedingungen in den Saunaanlagen - und hier insbesondere die Belastung der Innenraumluft mit gesundheitsschädigenden Substanzen wie Formaldehyd – verbessert werden könnten.

Einer der wichtigsten Erfolgsfaktoren für den Betrieb von modernen Saunaaanlagen sind die fachlich gut ausgebildeten Mitarbeiter. Nicht nur für die Beratung und Betreuung der Gäste sind kompetente Mitarbeiter zwingend notwendig, sondern insbesondere für die Sicherstellung eines reibungslosen und sicheren Badebetriebes. In der Branche lassen sich derzeit verschiedene Schulungsanbieter finden, die die Ausbildung von Fachpersonal für Saunaaanlagen anbieten. Die Inhalte der Schulungen und Preise für die unterschiedlichen Seminare schwanken dabei erheblich und erreichen inkl. notwendiger Nebenkosten (Reisekosten, Hotel, Ersatz im Betrieb etc.) schnell die Größenordnung von über 2.500 Euro pro Mitarbeiter. Aus diesem Betrag lässt sich schließen, dass die derzeitigen Preise für die Ausbildung von Fachpersonal für Saunaaanlagen nicht nur sehr hoch sind, sondern bei vielen Badbetreibern eine wirksame Barriere gegen die Ausbildung der eigenen Mitarbeiter darstellen. Welcher Saunabadbetreiber kann und will auch schon über 2.500 Euro in einen Mitarbeiter investieren, der auf 450 Euro-Basis als Saisonkraft eingestellt wird, und bei dem davon ausgegangen werden muss, dass die Beschäftigung kürzer als ein paar Monate ist. In der Konsequenz wird aus wirtschaftlichen Gründen deshalb häufig auf die fundierte Ausbildung dieser Mitarbeiter verzichtet und der Mitarbeiter nach einer einfachen „Betriebsseinweisung“ auf die Gäste "losgelassen". Auch wenn dieses Verhalten aus wirtschaftlicher Sicht vielleicht nachvollziehbar ist, steht es doch im Widerspruch zur Qualität der meisten Saunaaanlagen und vor allem ergibt sich daraus ein erhebliches Risikopotenzial in Bezug auf die Sicherheit im Betrieb durch z. B. falsche Aufgüsse (Brandgefahr, Verletzungsgefahr, Raumluftbelastung) oder Falschberatungen der Gäste (Kollaps etc.). Um interessierten Badbetreibern die Möglichkeit zu bieten, die Mitarbeiter kostengünstig und sehr gut ausbilden zu lassen, bieten wir die nachfolgenden Qualifikationsstufen an.

9.1 Sauna-Fachkraft

Das Seminar Sauna-Fachkraft richtet sich an Mitarbeiter von Hotels, Bädern und Fitnessanlagen mit kleinen Saunen und interessierte Saunagänger, die bereits in einer Sauna arbeiten oder eine Tätigkeit in einer Sauna anstreben und die dafür notwendigen Grundkenntnisse erwerben wollen. Das Ziel des Seminars Sauna-Fachkraft besteht darin, den Teilnehmern die für eine sichere Tätigkeit in einer Saunaaanlage notwendigen Grundkenntnisse zu vermitteln.

Das Seminar Sauna-Fachkraft besteht aus insgesamt 8 Unterrichtseinheiten (4 Doppelstunden, 1 Tag). Die Teilnehmer müssen mindestens 18 Jahre alt

sein und über ausreichende Deutschkenntnisse verfügen. Eine Vorbereitung auf das Seminar ist nicht nötig. Alle Schulungsinhalte werden im Seminar vermittelt.

Inhalte (Auszug):

- Das Saunabad und verwandte Badeformen.
- Der gesundheitsorientierte Badeablauf und die Saunabaderegeln.
- Hitzearbeitsplatz Saunakabine.
- Zwischenfälle in der Sauna - wann Sauna, wann nicht.

Schulungskompodium: Leitfaden zur Durchführung sicherer Saunaaufgüsse
Seminartermine: Das Seminar kann als betriebsinterne Schulung (Inhouse-Schulung) jederzeit in jeder Anlage durchgeführt werden.

Alternativ finden Sie auf www.saunameister.de Termine zu öffentlichen Seminaren.

Abschluss: Personenbezogene Urkunde

9.2 Sauna-Meister

Das Seminar Sauna-Meister richtet sich an die Mitarbeiter von öffentlichen Saunananlagen, Fitnessanlagen und Hotels mit sehr großen Saunen, oder interessierte Personen, die in diesen Betrieben eine Tätigkeit mit hohem Beratungsbedarf anstreben. Das Ziel des Seminars Sauna-Meister besteht darin, diesen Betrieben sehr gut ausgebildete Mitarbeiter zur Verfügung zu stellen.

Das Seminar Sauna-Meister erstreckt sich über vier Tage mit insgesamt 32 Unterrichtseinheiten (1 UE = 45 min) Unterrichtszeit. Alle Schulungsinhalte werden im Seminar vermittelt. Die Teilnahmevoraussetzungen sind identisch zum Sauna-Fachwirt. Zur Vorbereitung erhält der Teilnehmer ein Seminarhandbuch.

Schulungskompodium: „Fachwissen Sauna-Meister“, „Leitfaden zur Durchführung sicherer Saunaaufgüsse“, „Leitfaden zur Durchführung eines gesundheitsorientierten Saunabades“, „Leitfaden zur Reduzierung von Formaldehydemissionen in Saunakabinen“.

Abschluss: Personenbezogenes Zertifikat

Inhalte (Auszug):

- Das Saunabad und verwandte Badeformen.
- Der gesundheitsorientierte Badeablauf und die Saunabaderegeln.
- Hitzearbeitsplatz Saunakabine.
- Zwischenfälle in der Sauna - wann Sauna, wann nicht.
- Wärmeübertragung in der Saunakabine.

- Anforderung an die Durchführung von Saunaaufgüssen.
- Durchführung sicherer Saunaaufgüsse.
- Praktisches Saunabaden - Messungen, Aufgüsse.
- Physiologische Reaktionen während des Saunabades.
- Atmung und Sauna - Sind Saunaaufgussmittel gesundheitsfördernd?
- Schwitzen, Wasserhaushalt und Sauna.
- Lernzielkontrollfragen zum theoretischen Teil.
- Vorstellung verschiedener Aufgussarten - klassischer Aufguss, Eventaufguss, Showaufguss
- Praktische Übungen klassischer Wedeltechniken
- Kombination klassischer Wedeltechniken
- Demonstration von Event- und Showwedeltechniken
- Praktische Prüfung klassischer Wedeltechniken

9.3 Inhouse-Schulungen

Neben unseren öffentlichen Seminaren bieten wir alle Schulungen bundesweit auch als sog. **Inhouse-Schulungen** an. Diese Inhouse-Seminare finden individuell zu den gewünschten Terminen in den jeweiligen Saunananlagen statt und bieten folgende Vorteile:

- Keine Reisekosten für die Teilnehmer
- Keine Übernachtungskosten für die Teilnehmer
- Keine lange Betriebsabwesenheit der Mitarbeiter
- Individuelle Schulungen im eigenen Unternehmen
- Preisvorteil bei großen Gruppen
- Ausbildung in Kleingruppen möglich
- Freie Terminwahl
- Lernen innerhalb der vertrauten Firma
- Ausbildung nah am Tagesgeschäft
- Schulung im Kreis der Kollegen
- Höchste Diskretion im eigenen Haus
- Alle Mitarbeiter erlangen zeitgleich das gleiche Wissen
- Auf Wunsch individuelle Inhalte
- Vorbildliches und modernes Schulungsmaterial

Anmeldung und Kontakt:

Dr. Karsten Gröning,
Soester Str. 17,
59329 Wadersloh,
info@saunameister.de,
www.saunameister.de

10.1 Leitfaden zur Durchführung sicherer Saunaaufgüsse

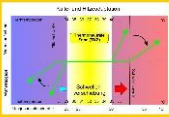
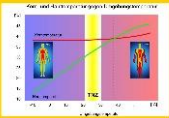


In den letzten 50 Jahren ist das Saunabad zu einer festen Größe im Rahmen der Freizeitgestaltung der Bundesbürger geworden, und die öffentlichen Saunaaanlagen haben sich von „Anhängseln“ in medizinischen Bädern oder Massagestudios zu beachtlichen Wellnesstempeln entwickelt. Im krassen Gegensatz zu dieser Entwicklung im Bereich der „Hardware“ konnte die Qualifikation der Mitarbeiter in Saunaaanlagen nicht Schritt halten und wurde – aus welchen Gründen auch immer – weniger stark vorangetrieben als der Ausbau der Bäder. In Zeiten knapper Kassen führt dies zu der Feststellung, dass viele öffentliche Saunaa-

anlagen zwar über herausragende Einrichtungen und Ausstattungen verfügen, diese jedoch häufig mit schlecht qualifizierten Mitarbeitern betrieben werden. In der Konsequenz bleiben die Beratungsleistungen und die Dienstleistungsqualität der Bäder weit hinter den Möglichkeiten zurück und nicht selten kommt es aus Unwissenheit oder auf der Basis falscher Einweisungen zu Zwischenfällen in den Anlagen.

Der vorliegende „Leitfaden zur Durchführung von sicheren Saunaaufgüssen“ soll nicht nur deutlich machen, warum der Einsatz von Fachpersonal in öffentlichen Saunaaanlagen unverzichtbar ist, sondern räumt auch mit zahlreichen Fehlern und Falschinformationen rund um das Saunabad auf. Der Leitfaden ist dabei so aufgebaut und geschrieben, dass die beteiligten Akteure der Saunabranche auf die typischen Risiken in den Bädern hingewiesen werden und gleichzeitig Lösungsmöglichkeiten angeboten bekommen. Im Ergebnis soll durch die Umsetzung des Leitfadens die Durchführung von Saunaaufgüssen sicherer gemacht werden. Der Leitfaden ist beim Autor oder über www.Amazon.de zu erhalten.

10.2 Leitfaden zur Durchführung eines gesundheitsorientierten Saunabades

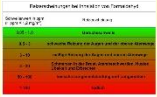
Leitfaden zur Durchführung eines gesundheitsorientierten Saunabades	
 Das Diagramm zeigt den zeitlichen Ablauf eines Saunabades mit Ruhe- und Belastungsphasen. Es ist in vier Quadranten unterteilt: Ruhe, Belastung, Ruhe und Belastung. Die Zeitachse reicht von 0 bis 120 Minuten.	
 Das Diagramm zeigt die körperliche Belastung während des Saunabades. Es ist in vier Quadranten unterteilt: Ruhe, Belastung, Ruhe und Belastung. Die Zeitachse reicht von 0 bis 120 Minuten.	
 Das Diagramm zeigt die Herz- und Kreislaufbelastung während des Saunabades. Es ist in vier Quadranten unterteilt: Ruhe, Belastung, Ruhe und Belastung. Die Zeitachse reicht von 0 bis 120 Minuten.	
 Fotografie, die zwei Personen in einer Sauna sitzen zeigt.	Dr. Karsten Gröning

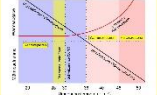
In den letzten 50 Jahren ist das Saunabad zu einer festen Größe im Rahmen der Freizeitgestaltung der Bundesbürger geworden, und die öffentlichen Saunaanlagen haben sich von „Anhängseln“ in medizinischen Bädern oder Massagestudios zu beachtlichen Wellnessstempeln entwickelt. Leider ist dabei auch der ehemals von gesundheitsorientierten Motiven geprägte Badeablauf mehr und mehr zu einer Wellness- oder sogar Unterhaltungsveranstaltung mutiert und die vielen, positiven Effekte die man bei einem Saunabad für seine Gesundheit erzielen könnte, gehen dabei verloren.

Der vorliegende „Leitfaden zur Durchführung eines gesundheitsorientierten Saunabades“ richtet sich an interessierte Saunagäste und Mitarbeiter von Saunaanlagen, die beabsichtigen, das Saunabad wieder unter einem gesundheitsorientierten Aspekt zu besuchen. Gleichzeitig räumt er mit zahlreichen Fehlern und Falschinformationen rund um das Saunabad auf, die man leider auch heute noch immer wieder hört und die von zweifelhaften „Experten“ gelehrt werden. Der Leitfaden ist dabei so aufgebaut und geschrieben, dass die interessierten Saunagäste auf die typischen Probleme im Badeablauf hingewiesen werden und gleichzeitig Lösungsmöglichkeiten angeboten bekommen. Im Ergebnis soll durch die Umsetzung des Leitfadens die Durchführung von gesundheitsorientierten Saunabädern gefördert werden.

10.3 Leitfaden zur Reduzierung von Formaldehydemissionen in Saunakabinen

**Leitfaden zur Reduzierung
von Formaldehydemissionen
in Saunakabinen**



Dr. Karsten Gröning

Das gesundheitsorientierte Saunabad hat sich in den letzten Jahrzehnten einen festen Platz im Freizeit- und Wellnessverhalten der Bundesbürger erobert und zeigt tatsächlich zahlreiche positive Gesundheitseffekte. Im diametralen Gegensatz zu diesen gesundheitsfördernden Effekten steht die Emission von gesundheitsschädlichem Formaldehyd in Saunakabinen mit teilweise drastischen Grenzwertüberschreitungen. Da nicht sein kann, was nicht sein darf, wird die Formaldehydproblematik in der Branche weitgehend ignoriert oder bagatellisiert, anstatt sich mit der Problematik auseinander zu setzen und nach sinnvollen Lösungen zu

suchen. Die Belastung der Saunakabinen resultiert zum einen aus der Emission von Formaldehyd aus den verbauten Holzwerkstoffen der Saunakabine (Grundbelastung) und zum anderen aus der thermischen Zersetzung der verwendeten Saunaaufgussmittel (Zusatzbelastung).

Natürlich ist es möglich, die Grundbelastung einer Saunakabine aus Formaldehydemissionen durch geeignete Maßnahmen unter die in Deutschland geltenden Richtwerte zu senken. Genauso wie es ohne Probleme möglich ist, auf potenziell gesundheitsschädliche Saunaaufgussmittel vollständig zu verzichten und damit eine Zusatzbelastung auszuschließen. Die Formaldehydproblematik ist somit in Saunaanlagen sehr gut zu beherrschen und deshalb ist es umso erstaunlicher, dass über die Anhebung der Grenzwerte diskutiert wird, anstatt die tatsächlich hausgemachten Probleme der Branche aus Eventaufgüssen mit dem Einsatz von potenziell gefährlichen Aufgussmitteln nachhaltig zu lösen.



Das Schulungskompodium „Fachwissen für Sauna-Meister“ vermittelt in einfacher und kompetent dargestellter Form das umfangreiche Fachwissen, das im Lehrgang Sauna-Meister vermittelt wird. Das

Schulungskompodium richtet sich primär an die Teilnehmer des Lehrgangs, eignet sich aber auch hervorragend für bereits ausgebildete Saunameister, die Ihr Wissen aktualisieren oder korrigieren wollen oder schlicht ein hochwertiges Nachschlagewerk suchen.

Das Schulungskompodium deckt mit über 100 farbigen Abbildungen alle relevanten Bereiche des Saunabades und des Hitze Arbeitsplatzes Saunakabine ab und sollte als „Basiswissen“ in keiner Saunaaanlage und bei keinem Sauna-Meister fehlen.

Das Schulungskompodium „**Fachwissen für Sauna-Meister**“ ist ebenso wie der „**Leitfaden zur Durchführung sicherer Saunaaufgüsse**“, der „**Leitfaden zur Reduzierung von Formaldehydemissionen in Saunakabinen**“ und der „**Leitfaden zur Durchführung eines gesundheitsorientiertes Saunabades**“ direkt beim Autor oder über www.Amazon.de zu beziehen.

Abbildung 1: Unterschiedliche wechselwarme Badesformen in Abhängigkeit von Temperatur und Luftfeuchte.

Abbildung 2: Empfohlenes Saunaklima in Bezug auf Temperatur und relativer Luftfeuchte.

Abbildung 3: Strukturformel von Formaldehyd.

Abbildung 4: Aufnahmewege von Formaldehyd.

Abbildung 5: Kontrolle der Messpunkte für Formaldehydmessungen.

Abbildung 6: Veränderung des Oberflächen-Volumen-Verhältnisses.

Abbildung 7: Formaldehydkonzentrationen innerhalb und außerhalb der Saunakabinen.

Abbildung 8: Formaldehydkonzentrationen in öffentlichen Saunakabinen.

Abbildung 9: Formaldehydkonzentrationen in Saunakabinen unterschiedlicher Betriebsformen.

Abbildung 10: Korrelation zwischen Formaldehydkonzentrationen und der Temperatur.

Abbildung 11: Temperatur und relative Luftfeuchte in Saunakabinen mit unterschiedlichen Betriebsformen.

Abbildung 12: Korrelation zwischen rel. Luftfeuchte und Formaldehydkonzentration.

Abbildung 13: Oberflächen-Volumen-Verhältnis in Saunakabinen unterschiedlicher Betriebsformen.

Abbildung 14: Korrelation zwischen dem Oberflächen-Volumen-Verhältnis und der Formaldehydemissionen.

Abbildung 15: Kohlendioxidkonzentrationen in unterschiedlichen Saunakabinen.

Abbildung 16: Korrelation zwischen Kohlendioxid- und Formaldehydkonzentration.

Abbildung 17: Korrelation zwischen Formaldehydkonzentration und flüchtigen organischen Verbindungen.

Abbildung 18: Korrelation zwischen Oberflächen-Volumen-Verhältnis und flüchtigen organischen Verbindungen.

Abbildung 19: Korrelation zwischen flüchtigen organischen Verbindungen und der Temperatur.

Abbildung 20: Vergleich der Formaldehydkonzentrationen von Außenluft und Innenraumluft der Saunakabinen.

Abbildung 21: Formaldehydkonzentrationen in Warmluftbädern.

Abbildung 22: Formaldehydkonzentrationen nach Saunaaufgüssen.

Abbildung 23: Aufnahme von Geruchsstoffen.

Abbildung 24: Piktogramme auf Saunaaufgussmitteln.

Abbildung 25: Physikalische und biologische Mechanismen der Wärmeabgabe.

Abbildung 26: Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit in öffentlichen, finnischen Saunakabinen.