

## Olfaktorische Beurteilung von Baumaterialien

*Jean-Marc Stoll, Markus Hangartner, Manuela Loretz  
Hochschule für Technik Rapperswil (HSR)  
Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC)  
Rapperswil, Schweiz*

jstoll@hsr.ch

### Abstract

A simple method for determining odour emissions from building materials has been developed in the herewith presented examination. The tested materials were flooded with clean air under controlled conditions. 24 hours before the sensoric analysis, the materials were individually packed in nalophan bags which were then filled with 10 litres of clean air each. Within 24 hours the gases equilibrated between the tested material and the air. This polluted sample-air was then analysed with an olfactometer.

The measured concentration of odours after 3 days amounted to 300 GE/m<sup>3</sup> (wood glue) and to 1'700 GE/m<sup>3</sup> (silicone) and dropped to 25 GE/m<sup>3</sup> (wood glue) and to 250 GE/m<sup>3</sup> (silicone) within 28 days. The results for further tested materials (colour, carpet adhesive) were between these two concentration ranges. Window putty was the only material that showed an exceptional increase of odour concentration of 1'500 GE/m<sup>3</sup> to 8'200 GE/m<sup>3</sup> within the two first weeks of investigation. After that, the odour concentration range dropped to 1'500 GE/m<sup>3</sup> up until to the 40<sup>th</sup> day.

Thanks to the simple technical equipment of this method, it is possible to investigate many testing samples at the same time. For the same reason it is possible to investigate testing samples during a much longer investigation period than 28 days. This could especially be relevant for establishing the limit of materials weak or free of odour.

### Zusammenfassung

In der hier präsentierten Untersuchung wurde eine einfache Methode zur Beurteilung der Geruchsemissionen von Baumaterialien entwickelt. Dabei wurden die zu untersuchenden Materialien unter kontrollierten Bedingungen durch Luft überströmt. 24 h vor der sensorischen Analyse wurden die Materialien einzeln in Nalophan-Säcke gelegt, worauf die Säcke mit je 10 Litern sauberer Luft gefüllt wurden. Innerhalb von 24 h stellte sich in den Säcken ein Verteilungsgleichgewicht der Gase zwischen dem Baumaterial und der Luft ein. Die solchermassen belastete Luft wurde danach am Olfaktometer analysiert.

Die gemessenen Geruchsstoffkonzentrationen lagen nach 3 Tagen zwischen 300 GE/m<sup>3</sup> (Holzleim) und 1'700 GE/m<sup>3</sup> (Silikon), und sanken innerhalb von 28 Tagen auf 25 GE/m<sup>3</sup> (Holzleim) bis 250 GE/m<sup>3</sup> (Silikon). Die Werte für weitere untersuchte Materialien (Farbe, Teppichkleber) lagen zwischen diesen Werten. Einzig der untersuchte Fensterkitt zeigte in den ersten zwei Untersuchungswochen eine Zunahme der Geruchsstoffkonzentration von 1'500 GE/m<sup>3</sup> auf 8'200 GE/m<sup>3</sup>. Danach sank die Geruchsstoffkonzentration bis zum 40. Tag wieder auf 1'500 GE/m<sup>3</sup>.

Dank der einfachen apparativen Ausrüstung ist es mit dieser Methode möglich, eine grosse Menge von Proben parallel zu untersuchen. Aus dem gleichen Grund ist es ohne weiteres möglich, Proben über einen deutlich längeren Zeitraum als 28 Tage zu untersuchen. Dies dürfte insbesondere bei der Festlegung von Grenzwerten für gerucharme oder geruchfreie Materialien sehr hilfreich sein.

## 1. Einleitung

Die meisten Menschen in Europa verbringen den grössten Teil ihres Lebens in Gebäuden und sind dort in hohem Mass den Emissionen von Baumaterialien ausgesetzt. Der AgBB (Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten) hat deshalb ein Schema entwickelt, mit dem die flüchtigen organischen Komponenten (VOC), die aus Baumaterialien emittiert werden, beurteilt werden können. Ebenfalls vorgesehen, aber zurzeit noch nicht reglementiert, ist die sensorische Beurteilung der Emissionen [1].

Bisher wurde zur sensorischen Beurteilung der Emissionen von Baumaterialien eine dynamische Methode vorgeschlagen [2]. Dabei wird ein Baumaterial unter kontrollierten Bedingungen durch Luft überströmt und diese Luft wird durch Probanden beurteilt. Der Nachteil dieser Methode ist, dass sie sehr grosse Luftmengen benötigt (ca. 300 Liter pro Probe), und dass die Messresultate in hohem Mass von der Durchflussgeschwindigkeit der Luft abhängig sind. Ausserdem ist die Methode apparativ aufwändig: Sie benötigt für jedes zu prüfende Baumaterial eine separate Emissionskammer sowie eine Einheit zur Herstellung von Vergleichsproben.

## 2. Experimentelles

Dickflüssige Proben von verschiedenen Baumaterialien (Fensterkitt, Silikon, Holzleim, Teppichkleber) wurden in Petrischalen aus Kalk-Soda-Glas (Durchmesser 30 mm) gefüllt (Abbildung 1). Bei Farbproben wurde bei den gleichen Petrischalen nur der Boden mit Farbe bedeckt ( $1 \text{ ml pro Petrischale} = 1'420 \text{ ml/m}^2 = 1.56 \text{ kg/m}^2$ ). Teppichproben wurden auf eine Grösse von  $6.3 \times 6.3 \text{ cm}$  zugeschnitten (entsprechend EN ISO 16000-9).

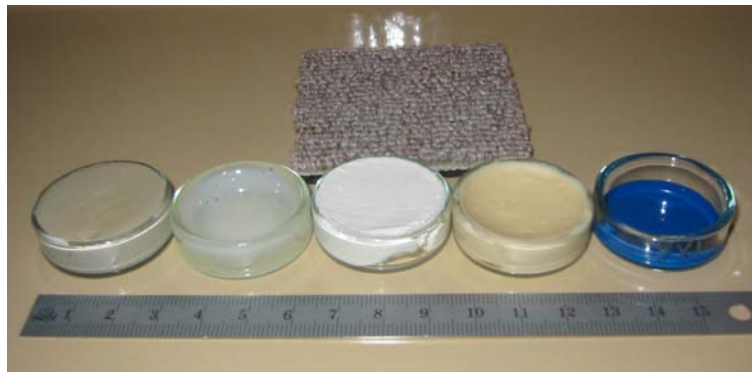


Abbildung 1: Proben eingefüllt in Petrischalen aus Kalk-Soda-Glas

Die so vorbereiteten Proben wurden in Exsikkatoren (Abbildung 2) gelegt und dort während mindestens 28 Tagen bei Luftwechselraten von  $0.5$  bis  $1.5 \text{ h}^{-1}$  durch saubere Luft (vorgereinigt über Aktivkohle) überströmt. Nach einer vorgegebenen Anzahl von Tagen (in der Regel 3, 14 und 28 Tage) wurden die Proben in einen leeren Sack aus Nalophan gelegt und der Sack wurde verschweisst. Danach wurde der Sack mit  $10 \text{ l}$  sauberer Luft gefüllt und während  $24 \text{ h}$  in einem Raum bei  $T = 20 \text{ °C}$  ohne direkte Sonneneinstrahlung gelagert.



Abbildung 2: Emissionskammern (Exsikkatoren) mit den Proben Fensterkitt und Silikon

Innerhalb von 24 h stellte sich in den Säcken ein Verteilungsgleichgewicht der Gase zwischen dem Baumaterial und der Luft ein. Die solchermassen belastete Luft wurde danach am Olfaktometer analysiert.

### 3. Untersuchte Baumaterialien

Alle Baumaterialien (Abbildung 3) sind im Baumarkt erhältlich.

- Teppichkleber  
Dispersionskleber zum Verkleben von Fussbelägen für den Innenbereich, basierend auf Acrylat-Dispersion und synthetischen Harzen.
- Holzleim  
wasserfester Dispersionskleber für Innenbereich
- Fensterkitt  
Dichtmasse basierend auf Leinöl und synthetischen Bindemittel
- Bausilikon  
3mm Aushärtung pro Tag
- Acryl Lackfarbe  
Wasserverdünnbarer Deckanstrich auf Reinacrylat-Basis, Staubstrocken in 12Std
- Teppich



Abbildung 3: Probenmaterial

## 4. Resultate

### 4.1 Einfluss der Oberfläche

Um den Einfluss der ausgesetzten Oberfläche auf die gemessene Geruchsstoffkonzentration zu ermitteln, wurden zunächst Proben von jeweils 1, 3 und 10 Petrischälchen untersucht (entsprechend  $7.1 \text{ dm}^2/\text{m}^3$ ,  $21 \text{ dm}^2/\text{m}^3$  und  $71 \text{ dm}^2/\text{m}^3$ ). Es konnte keine Korrelation zwischen Oberfläche und Geruchsstoffkonzentration festgestellt werden. Bei allen untersuchten Proben lagen die Resultate der verschiedenen Oberflächen im Bereich der Messunsicherheit (Abbildung 4). Um den Einfluss von unterschiedlicher Probenherstellung auszumitteln, wurden die folgenden Versuche deshalb jeweils mit drei Probentöpfchen durchgeführt ( $21 \text{ dm}^2/\text{m}^3$ ).

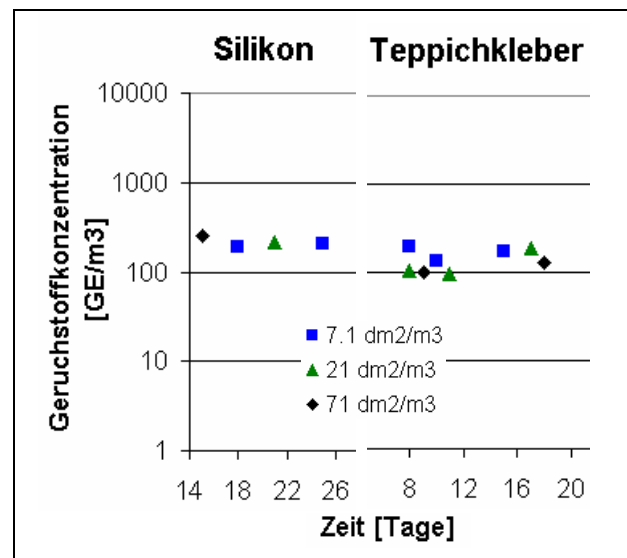


Abbildung 4: Einfluss der Probenoberfläche auf die Geruchsstoffkonzentration anhand von zwei Materialbeispielen

### 4.2 Einfluss der Luftwechselrate

Um den Einfluss der Luftwechselrate beim Ausgasen der Proben zu ermitteln, wurden verschiedene Proben bei Luftwechselraten von  $0.5 \text{ h}^{-1}$  bzw.  $1.5 \text{ h}^{-1}$  gelagert und im Abstand von mehreren Tagen am Olfaktometer analysiert. Bei der Herstellung der zu untersuchenden belasteten Luft in den Nalophan-Beuteln wurde dabei immer eine ausgesetzte Probenoberfläche von  $21 \text{ dm}^2/\text{m}^3$  verwendet.

Beim Teppichkleber und bei der Farbe lagen die gemessenen Geruchsstoffkonzentrationen der Untersuchungen mit der tieferen Luftwechselrate ( $0.5 \text{ h}^{-1}$ ) in den ersten 15 Tagen signifikant über den Resultaten mit der höheren Luftwechselrate ( $1.5 \text{ h}^{-1}$ ) (Abbildung 5). Die höhere Luftwechselrate bewirkte also ein schnelleres Ausgasen der Geruchsstoffe aus dem Baumaterial und somit ein schnelleres Absinken der gemessenen Geruchsstoffkonzentrationen. Beim Silikon hingegen, wo die gemessenen Geruchsstoffkonzentrationen generell höher lagen, war dieser Unterschied nicht feststellbar. Hier war der geschwindigkeitsbestimmende Schritt nicht der Abtransport der Geruchsstoffe durch die Luft, sondern das Ausgasen aus dem Material. Dadurch spielte die Luftwechselrate im untersuchten Bereich keine Rolle mehr. Der gleiche Effekt (kein Einfluss der Luftwechselrate auf die gemessene Geruchsstoffkonzentration) wurde auch beim Holzleim festgestellt, hier waren die gemessenen Geruchsstoffkonzentrationen aber generell tiefer als bei den anderen Materialien. Das Ausgasen aus dem Holzleim war also im untersuchten Bereich unabhängig von der Geruchsstoffkonzentration in der umgebenden Luft.

Nach 28 Tagen kamen die gemessenen Geruchsstoffkonzentrationen auch beim Teppichkleber und bei der Farbe unabhängig von der Luftwechselrate in den gleichen Bereich zu liegen. Nachdem ein grosser Teil der Geruchsstoffe aus diesen Materialien ausgegast war, wurde also auch hier das Ausgasen aus dem Material zum geschwindigkeitsbestimmenden Schritt. Nach 28 Tagen verlangsamte sich das Ausgasen der Geruchsstoffe aus den Baumaterialien (nur für  $1.5 \text{ h}^{-1}$  untersucht).

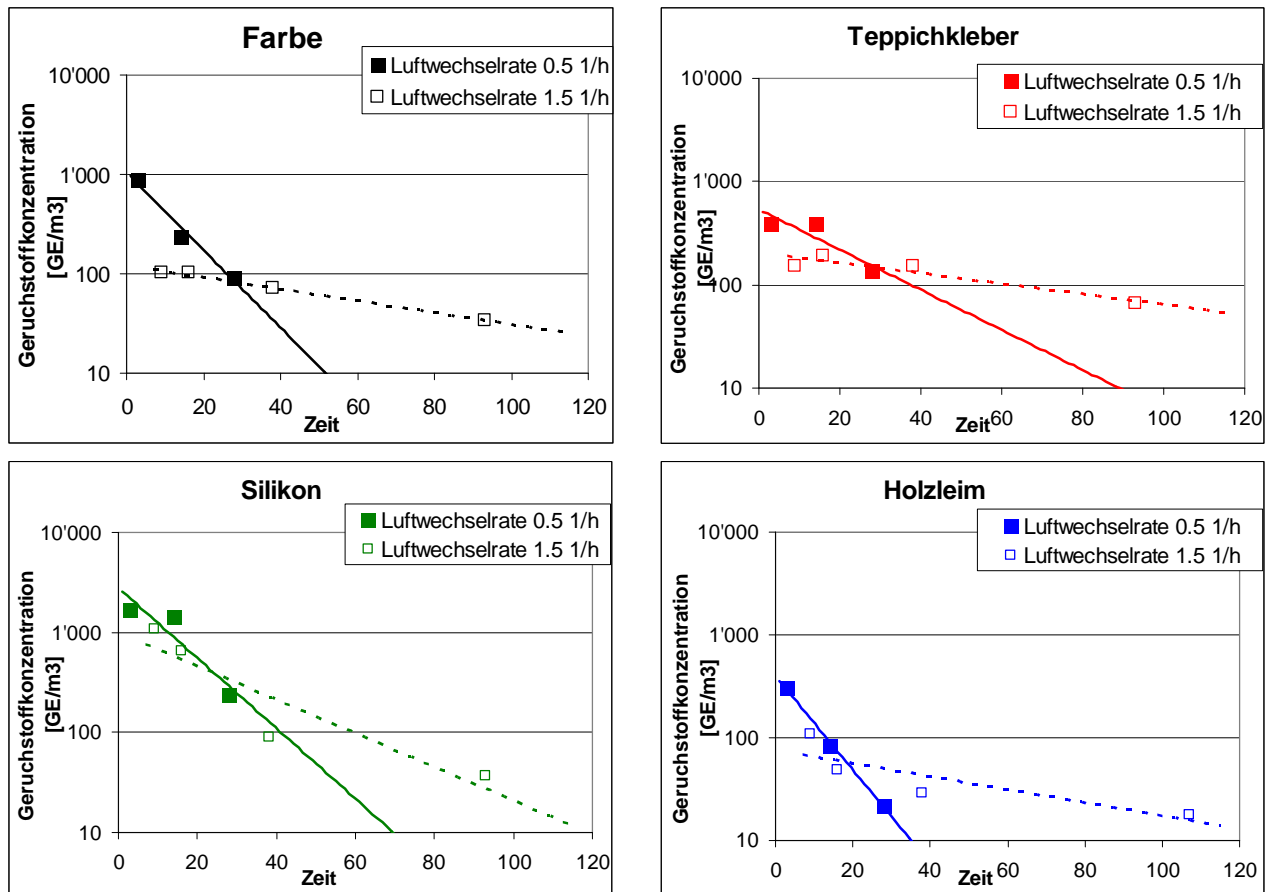


Abbildung 5: Geruchstoffkonzentrationsverlauf bei unterschiedlichen Luftwechselraten

### 4.3 Vergleich von verschiedenen Baumaterialien

Die gemessenen Geruchsstoffkonzentrationen lagen nach 3 Tagen zwischen 300 GE/m<sup>3</sup> (Holzleim) und 1'700 GE/m<sup>3</sup> (Silikon), und sanken innerhalb von 28 Tagen auf 25 GE/m<sup>3</sup> (Holzleim) bis 250 GE/m<sup>3</sup> (Silikon). Die Werte für weitere untersuchte Materialien (Farbe, Teppichkleber) lagen zwischen diesen Werten (Abbildung 6).

Dabei war aber die Entwicklung der Geruchsstoffkonzentration von einem Baumaterial zum anderen sehr unterschiedlich. Während bei der Farbe, beim Holzleim und beim Teppich die Abnahme über die ganze Untersuchungsperiode mit einer logarithmischen Funktion beschrieben werden konnte, zeigten Silikon und der Teppichkleber eher ein lineares Abnahmeverhalten, was sich in der logarithmischen Darstellung durch eine Kurve äußert, die mit fortschreitender Zeit immer steiler nach unten zeigt. Bei den Materialien, die über 28 Tage hinaus weiter untersucht wurden, zeigte der weitere Verlauf ein verlangsamtes Abschwächen der Geruchsstoffkonzentrationen.

Beim untersuchten Teppich waren die gemessenen Geruchsstoffkonzentrationen anfänglich tiefer als bei den anderen Materialien (51 GE/m<sup>3</sup> nach 9 Tagen), wobei hier das Alter des Teppichs nicht bekannt war, weil er in einem Baucenter bezogen worden war und dort vorher während unbekannter Zeit lagerte. Der Teppich zeigte aber – in abgeschwächter Form – ein ähnliches Abklingverhalten wie die anderen Baumaterialien.

Im Unterschied zu den oben beschriebenen Baumaterialproben zeigte der untersuchte Fensterkitt ein anderes Verhalten. Die anfänglich gemessene Geruchsstoffkonzentration von 1'500 GE/m<sup>3</sup> sank im

Laufe der Untersuchung nicht ab, sondern stieg bis am 14. Untersuchungstag auf einen Wert von  $8'200 \text{ GE/m}^3$  an, und sank danach bis zum 21. Tag wieder auf  $1'500 \text{ GE/m}^3$ . Danach blieb die Geruchsstoffkonzentration während über 3 Wochen mehr oder weniger unverändert in diesem Bereich. Bei anderen Untersuchungsreihen mit Fensterkitt wurde der gleiche Effekt festgestellt, die maximale Geruchsstoffkonzentration wurde aber später gemessen (zwischen dem 20. und 30. Untersuchungstag).

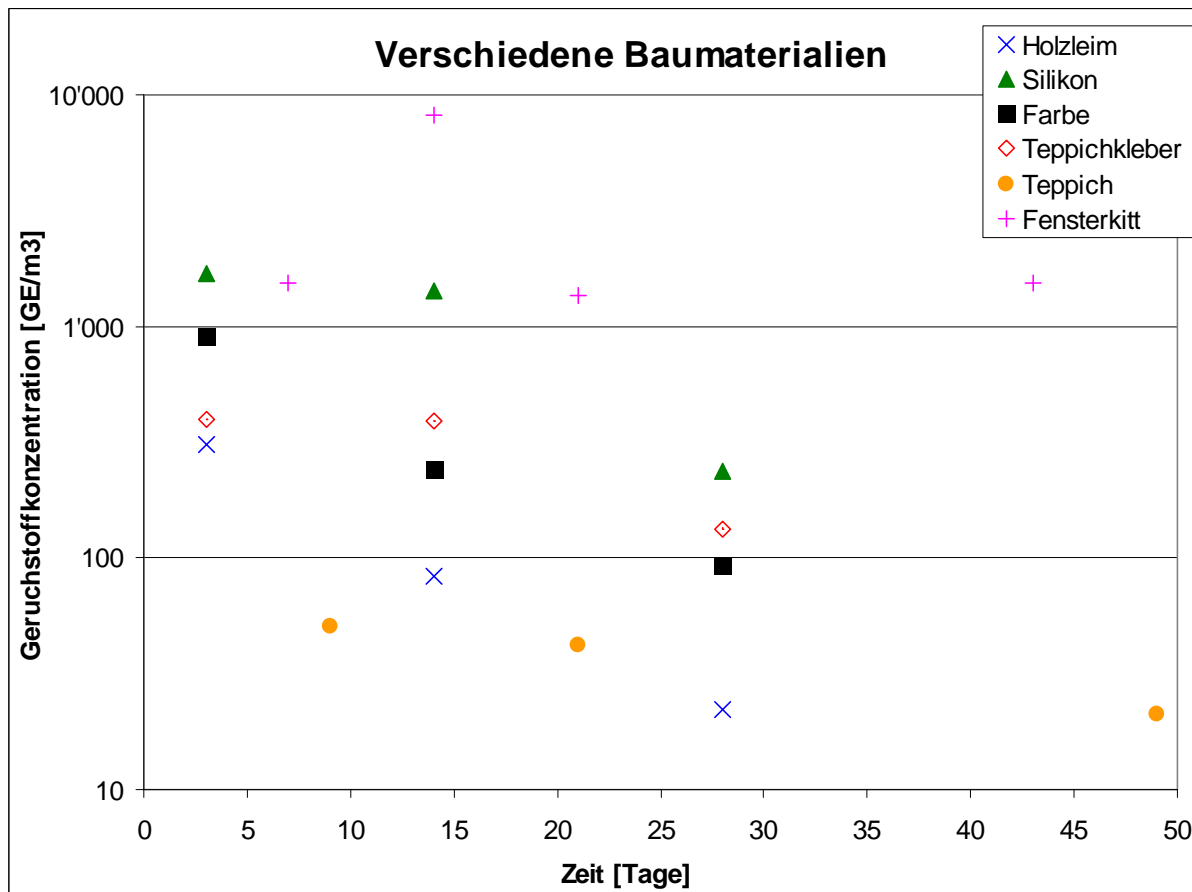


Abbildung 6: Geruchsstoffkonzentrationsverlauf der verschiedenen Baumaterialien

## 5. Aussagekraft der Messergebnisse

### 5.1 Genauigkeit

Die Genauigkeit ist die Differenz zwischen einem Ergebnis (oder einem Mittelwert) und dem akzeptierten Messwert der zu bestimmenden Größe. Da bei analytischen Untersuchungen der „wahre“ Messwert in der Regel nicht bekannt ist, muss man sich mit einem akzeptierten Messwert helfen. In den vorliegenden Untersuchungen wurde der Mittelwert aus verschiedenen unabhängigen Messungen (verschiedenen Probanden am Olfaktometer, Messungen an verschiedenen Tagen, aber mit dem gleichen Olfaktometer) als akzeptierter Messwert herangezogen.

In den vorliegenden Untersuchungen waren die berechneten Standardabweichungen aus mehreren parallelen Messungen sehr stark abhängig von der Größe des Messwerts. Bei hohen Messwerten um  $1'000 \text{ GE/m}^3$  lagen auch die Standardabweichungen in einem sehr hohen Bereich ( $500 - 900 \text{ GE/m}^3$ ). Dies wurde insbesondere bei den Messungen von Silikon und Farbe in den ersten paar Tagen der Untersuchungen beobachtet. Mit sinkender Geruchsstoffkonzentration und somit mit fortschreitender

Untersuchungszeit sanken aber auch die Standardabweichungen, das heisst die Genauigkeit der Messergebnisse nahm zu. So lagen die Standardabweichungen bei Messresultaten von weniger als  $200 \text{ GE/m}^3$  in der Regel bei rund  $70 \text{ GE/m}^3$  oder darunter.

## 5.2 Präzision

Die Präzision ist die Abweichungen unter den Ergebnissen, d.h. deren Streuung. Im Unterschied zur Genauigkeit, die den Grad der Näherung angibt, gibt die Präzision den Grad der Reproduzierbarkeit bei Bestimmungen und Messungen an. Als Mass für die Präzision wurde in der vorliegenden Untersuchung die Standardabweichung aus den Olfaktometriemessungen verwendet, d.h. aus Messresultaten der einzelnen Probanden bei derselben Probe.

Wie bei der Genauigkeit zeigte auch die Präzision eine Abhängigkeit von den erzielten Messwerten, allerdings waren die berechneten Standardabweichungen aus den Olfaktometriemessungen (Präzision) generell kleiner als im Fall von Messungen von verschiedenen Proben (Genauigkeit). So lagen die Standardabweichungen aus den Olfaktometriemessungen immer unter  $200 \text{ GE/m}^3$  und sanken bei Resultaten von  $200 \text{ GE/m}^3$  und kleiner auf Werte unter  $50 \text{ GE/m}^3$ . Einzig beim untersuchten Fensterkitt, wo die Messresultate im Bereich von  $1'500 - 8'200 \text{ GE/m}^3$  lagen, war die Standardabweichung deutlich höher, nämlich zwischen  $800$  und  $1'000 \text{ GE/m}^3$ .

## 6. Diskussion

Die durchgeführten Messungen zeigen, dass es möglich ist, mit der beschriebenen Methode mit hinreichender Genauigkeit und Präzision das Emissionsverhalten von Baumaterialien zu bestimmen. In der Regel reicht dabei die Messung nach 3 und 28 Tagen nicht aus (gemäss AgBB), da einerseits die Messungen innerhalb der ersten paar Tage relativ hohe Ungenauigkeiten aufweisen, und andererseits die Abnahme der Geruchsemissionen nicht in allen Fällen gleich verläuft. So kann die Abnahme logarithmisch oder linear verlaufen. Bei einem Fensterkitt stiegen die Geruchsemissionen in den ersten Tagen sogar an, bevor nach dem 14. Tag die Abnahme einsetzte. Die Autoren schlagen deshalb Messungen nach dem 3., 14. und 28. Tag vor.

Bei allen untersuchten Baumaterialien verlangsamte sich die Emission von Geruchsstoffen nach der vom AgBB vorgeschlagenen Untersuchungsperiode von 28 Tagen. Um weitergehende Voraussagen über das Geruchs-Verhalten eines Baumaterials in eingebautem Zustand zu machen, müssen daher in den meisten Fällen Untersuchungen über eine längere Periode als 28 Tage durchgeführt werden.

Dank der einfachen apparativen Ausrüstung ist es mit der präsentierten Methode möglich, eine grosse Menge von Proben parallel zu untersuchen. Aus dem gleichen Grund ist es ohne weiteres möglich, Proben über einen deutlich längeren Zeitraum als 28 Tage zu untersuchen. Dies dürfte insbesondere bei der Festlegung von Grenzwerten für gerucharme oder geruchfreie Materialien sehr hilfreich sein.

## Literatur

- [1] Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC und SVOC) aus Bauprodukten; AgBB - September 2005
- [2] Bauprodukte: Schadstoffe und Gerüche bestimmen und vermeiden, Ergebnisse aus einem Forschungsprojekt; Bundesamt für Materialforschung und -prüfung; November 2006