

Geruchsemissionen – neue Methode

Die Gerüche, die vor allem von neu eingebauten Baumaterialien emittiert werden, sind für viele Menschen störend. Wenn aber jemand ein Haus aus geruchsarmen Baumaterialien bauen will oder wenn ein Produktionsbetrieb die Geruchsbelastung, die von seinen Produkten ausgeht, verkleinern will, dann fehlt zur Beurteilung eine einfache Methode. In der hier präsentierten Untersuchung wurde deshalb eine einfache Methode zur Beurteilung der Geruchsemissionen von Baumaterialien entwickelt. Mit dieser Methode wird es möglich, verschiedene Produkte in Bezug auf die Stärke ihres Geruchs zu vergleichen beziehungsweise ein Label «geruchsarm» zu definieren.

VON JEAN-MARC STOLL, MARKUS HANGARTNER, MANUELA LORETZ

Die neu entwickelte Methode teilt sich in zwei Phasen. In der ersten Phase wird das zu untersuchende Baumaterial unter kontrollierten Bedingungen ausgelüftet. In der zweiten Phase wird dann der «Restgeruch» nach einer bestimmten Anzahl von Tagen mit einem Olfaktometer analysiert. Dabei handelt es sich um eine absolute Messung der Geruchsstoffkonzentration. Die Messresultate können somit untereinander verglichen werden. Ebenso ist eine Einordnung in Anlehnung an die Richtwerte der Geruchsempfehlung des Bundesamtes für Umwelt (Bafu) möglich.

Exemplarisch wurden verschiedene Baumaterialien mit der neuen Methode getestet. Die gemessenen Geruchsstoffkonzentrationen lagen dabei nach drei Tagen zwischen 300 Geruchseinheiten pro Kubikmeter (GE/m^3) für Holzleim und $1700 \text{ GE}/\text{m}^3$ für Silikon, und sanken innerhalb von 28 Tagen auf $25 \text{ GE}/\text{m}^3$ (Holzleim) bis $250 \text{ GE}/\text{m}^3$ (Silikon). Die GE für weitere untersuchte Materialien wie Farbe und

Teppichkleber lagen zwischen den genannten Werten. Einzig der untersuchte Fensterkitt zeigte in den ersten zwei Untersuchungswochen eine Zunahme der Geruchsstoffkonzentration von $1500 \text{ GE}/\text{m}^3$ auf $8200 \text{ GE}/\text{m}^3$. Danach sank die Geruchsstoffkonzentration bis zum 40. Tag wieder auf $1500 \text{ GE}/\text{m}^3$.

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 Produktion von geruchsarmen Produkten oder bei der Festlegung von Grenzwerten für geruchsarme oder geruchsfreie Materialien sehr hilfreich sein.

Statische statt dynamische Methode

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 Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) 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. Dadurch wird diese Methode teuer und umständlich.

Dass dies nicht nötig ist, zeigt die hier präsentierte statische Methode. Dabei werden die Baumaterialien zuerst auch ausgelüftet, danach aber in 10-Liter-Nalophan-Säcken äquilibriert. Die solchermassen belastete Luft wird anschliessend am Olfaktometer analysiert. Es handelt sich um eine einfache Methode zur vergleichenden Gegenüberstellung von Bauprodukten bezüglich ihrer Geruchsemissionen. Sie eignet sich zum Ableiten von Kriterien für ein Label «geruchsarm» (für Konsumenten) oder als Hilfestellung für die Industrie bei der Herstellung von geruchsarmen Produkten.

Das Experiment

Dickflüssige Proben von verschiedenen Baumaterialien (Fensterkitt, Silikon, Holzleim, Teppichkleber) wurden in Petrischalen aus Kalk-Soda-Glas (Durchmesser 30 mm) gefüllt (siehe Abbildung 1). Bei Farbproben wurde bei den gleichen Petrischalen nur der Boden mit Farbe bedeckt (1 ml pro Petrischale = $1420 \text{ ml}/\text{m}^2 = 1,56 \text{ kg}/\text{m}^2$). Teppichproben wurden auf eine Grösse von $6,3 \text{ mal } 6,3 \text{ cm}$ zugeschnitten (entsprechend EN ISO 16000-9).

Prof. Dr. Jean-Marc Stoll

Chemiker, Fachstellenleiter am Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (Umtec) der Hochschule für Technik in Rapperswil.

Dr. Markus Hangartner

Chemiker, Fachexperte für Geruchsmessung, Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (Umtec) in Rapperswil.

Manuela Loretz

Dipl. Ing. FH, Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (Umtec) in Rapperswil.



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



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

Die so vorbereiteten Proben wurden in Exsikkatoren (siehe Abbildung 2) gelegt und dort während mindestens 28 Tagen bei Luftwechselraten von 0,5 bis 1,5 h⁻¹ durch saubere Luft (vorge reinigt über Aktivkohle) überströmt. Nach einer vorgegebenen Anzahl von Tagen (in der Regel 3, 14 und 28 Tage) wurden die Proben in den leeren Nalophansack gelegt, der verschweisst wurde. Danach wurde der Sack mit 10 l sauberer Luft gefüllt und während 24 h in einem Raum bei 20 °C ohne direkte Sonneneinstrahlung gelagert.

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.

Exemplarisch wurden ein Teppichkleber (Dispersionskleber auf der Basis von Acrylat-Dispersion und synthetischen Harzen), ein Holzleim (wasserfester Dispersionskleber für Innenbereich), ein Fensterkitt (basierend auf Leinöl und synthetischen Bindemitteln), ein Bausilikon, eine Acryl-

Lackfarbe (wasserverdünnbarer Deckanstrich auf Reinacrylat-Basis) und ein Teppich untersucht. Alle Baumaterialien waren im Baumarkt erhältlich.

Die Resultate

Einfluss der Oberfläche: Um den Einfluss der ausgesetzten Oberfläche auf die gemessene Geruchsstoffkonzentration im Beutel zu ermitteln, wurden zunächst Proben von jeweils 1, 3 und 10 Petrischälchen untersucht (entsprechend 7,1 dm²/m³, 21 dm²/m³ und 71 dm²/m³). Es wurde keine Korrelation zwischen Oberfläche und Geruchsstoffkonzentration festgestellt. Bei allen untersuchten Proben lagen die Resultate der verschiedenen Oberflächen im Bereich der Messunsicherheit (siehe Abbildung 3). Um den Einfluss von unterschiedlicher Probenherstellung auszumitteln, wurden die folgenden Versuche deshalb jeweils mit drei Probentöpfchen durchgeführt (21 dm²/m³).

Einfluss der Luftwechselrate: Um den Einfluss der Luftwechselrate beim Ausgasen der Proben zu ermitteln, wurden verschiedene Proben bei Luftwechselraten von 0,5 beziehungsweise 1,5 h⁻¹ gelagert und im Abstand von mehreren Tagen am Olfaktometer analysiert (siehe Abbildung 4). Bei der Herstellung der zu untersuchenden belasteten Luft in den Nalophan-Beuteln wurde dabei immer eine ausgesetzte Probenoberfläche von 21 dm²/m³ verwendet.

Beim Teppichkleber und bei der Farbe lagen die gemessenen Geruchsstoffkonzentrationen der Untersuchungen mit der tieferen Luftwechselrate (0,5 h⁻¹) in den ersten 15 Tagen signifikant über den Resultaten mit der höheren Luftwechselrate (1,5 h⁻¹). 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

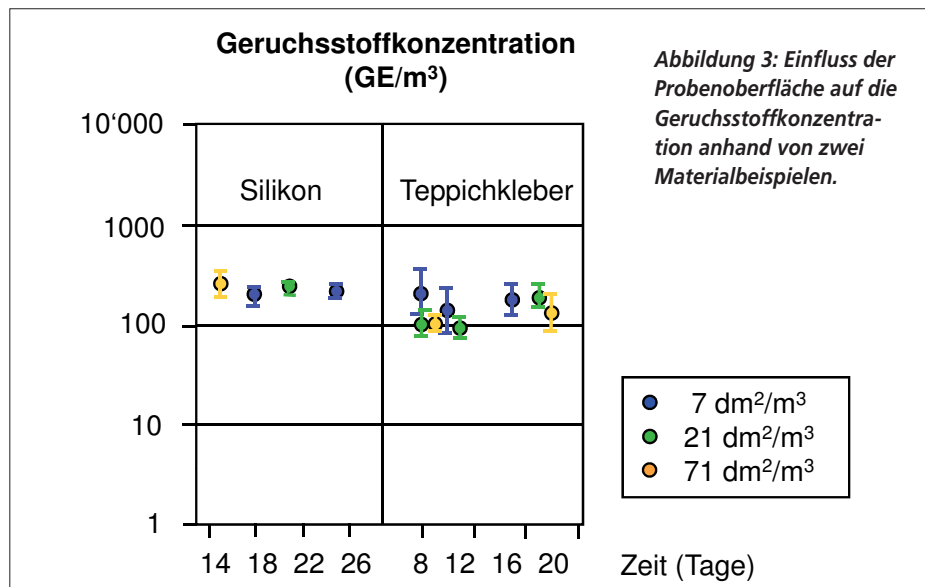


Abbildung 3: Einfluss der Probenoberfläche auf die Geruchsstoffkonzentration anhand von zwei Materialbeispielen.

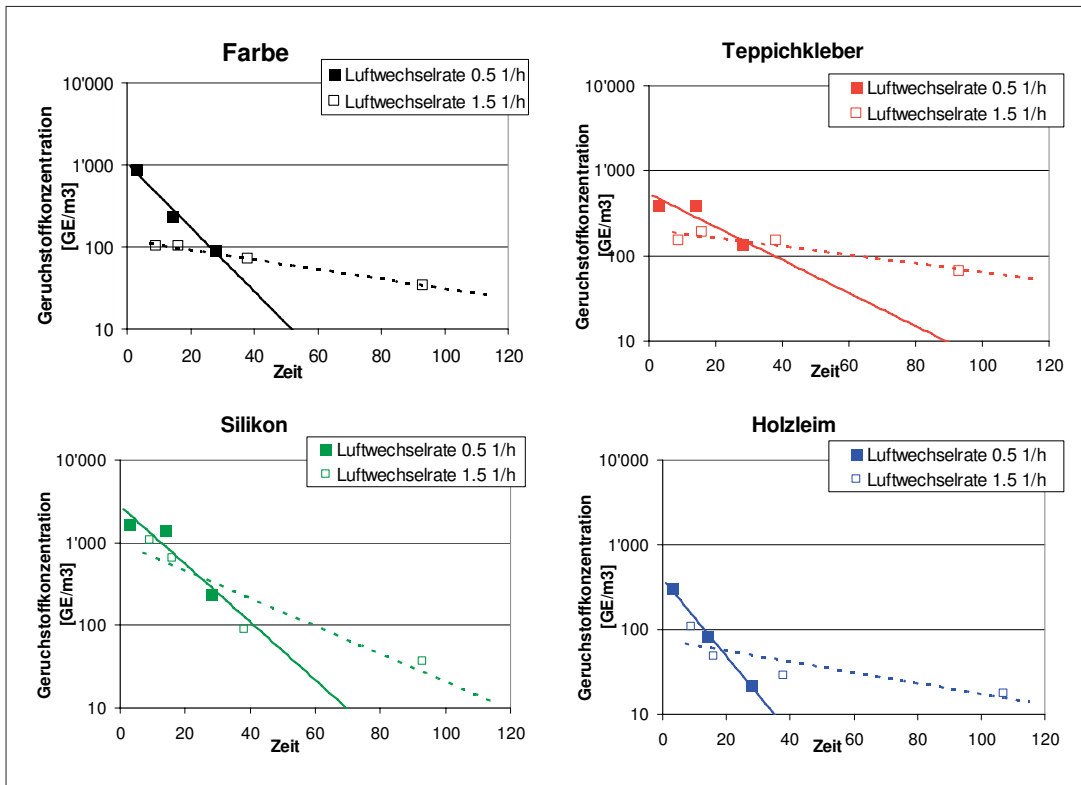


Abbildung 4: Geruchsstoffkonzentrationsverlauf bei unterschiedlichen Luftwechselraten.

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 ver-

langsamt sich das Ausgasen der Geruchsstoffe aus den Baumaterialien (nur für 1,5 h⁻¹ untersucht).

Vergleich von verschiedenen Baumaterialien

Die gemessenen Geruchsstoffkonzentrationen lagen nach drei Tagen zwischen 300 GE/m³ (Holzleim) und 1700 GE/m³ (Silikon) und sanken innerhalb von 28 Tagen auf 25 GE/m³ (Holzleim) bis 250 GE/m³ (Silikon). Die Werte für weitere untersuchte Materialien (Farbe, Teppichkleber) lagen zwischen diesen Werten (siehe Abbildung 5).

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/m³ 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 1500 GE/m³ sank im Laufe der Untersuchung nicht ab, sondern stieg bis am 14. Untersuchungstag auf einen Wert von 8200 GE/m³ an und sank danach bis zum 21. Tag wieder auf 1500 GE/m³. Danach blieb die Geruchsstoffkonzentration während über drei 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).

Aussagekraft der Messergebnisse

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 1000 GE/m³ lagen auch die Standardabweichungen in einem sehr hohen Bereich (500 bis 900 GE/m³). 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 GE/m³ in der Regel bei rund 70 GE/m³ oder darunter.

Die Präzision ist die Abweichung unter den Ergebnissen, also 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, also 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 im-

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

mer unter 200 GE/m³ und sanken bei Resultaten von 200 GE/m³ und kleiner auf Werte unter 50 GE/m³. Einzig beim untersuchten Fensterkitt, wo die Messresultate im Bereich von 1500 bis 8200 GE/m³ lagen, war die Standardabweichung deutlich höher, nämlich zwischen 800 und 1000 GE/m³.

Vorschlag für Messungen

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 sind die Geruchsemissionen in den ersten Tagen sogar angestiegen, bevor nach dem 14. Tag die Abnahme eingesetzt hat. Die Autoren schlagen deshalb Messungen nach dem 3., 9. und 28. Tag vor.

Bei allen untersuchten Baumaterialien hat sich die Emission von Geruchsstoffen nach der vom AgBB vorgeschlagenen Untersuchungsperiode von 28 Tagen verlangsamt. Um weitergehende Voraussagen über das Geruchsverhalten 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 Produktion von geruchsarmen Produkten und bei der Festlegung von Grenzwerten für geruchsarme oder geruchsfreie Materialien sehr hilfreich sein.

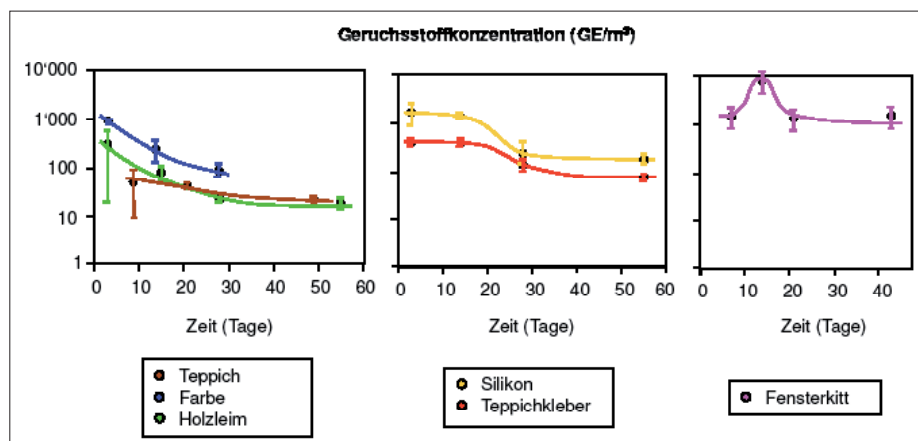


Abbildung 5 zeigt den Verlauf der Geruchsstoffkonzentration der verschiedenen Materialien.