

Weiterentwicklung des Geruchsmessverfahrens für Bauprodukte

S. Brandt, F. Brozowski, W. Horn, W. Plehn, B. Müller

ZUSAMMENFASSUNG Bauprodukte und Einrichtungsgegenstände für Innenräume, wie Bodenbeläge und Wandpaneele, sollen das Wohlbefinden und die Gesundheit der Raumnutzenden nicht durch das Ausdünsten von Geruchsstoffen stören. Mit der Geruchsprüfung nach ISO 16000-28 „Innenraumluft – Bestimmung der Geruchsstoffemissionen aus Bauprodukten mit einer Emissionsprüfkammer“ wird der Produktgeruch zu einer messbaren Größe. So können Versuchspersonen die empfundene Intensität, also die Stärke eines Geruchseindrucks, mit Hilfe eines Vergleichsmaßstabes ermitteln. In diesem Beitrag werden Vorschläge zur Weiterentwicklung der Methode vorgestellt, um im Ergebnis die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse weiter zu verbessern. Dabei werden vor allem das Probenpräsentationssystem und die Bewertungsmethodik für die empfundene Intensität bei der Bewertung von Bauprodukten gemäß Schema des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) betrachtet, da diese einen wesentlichen Einfluss haben.

Further development of the odour measurement method for building products

ABSTRACT Emissions or odours occurring from building products and furnishings for interiors, like floor coverings or wall panels, should not have a negative impact on well-being or health. Odours can be measured applying the standard ISO 16000-28 „Indoor air – Determination of odour emissions from building products using test chambers“. It describes among other procedures the assessment of perceived intensity with comparative scale by a group of panellists. In the study presented here, proposals for further technical development of the methodology are discussed to increase the reproducibility of measurement results. The sampling procedure and evaluation method of perceived intensity are investigated in particular because they have a major influence at the assessment of construction products applying the procedure of the Committee for Health Evaluation of Building Products.

1 Das Geruchsmessverfahren nach ISO 16000-28

Geruchsstoffe sind meist flüchtige organische Verbindungen (VOC), die in bestimmten Konzentrationen den Geruchssinn des Menschen anregen und zu einer Geruchswahrnehmung führen [1]. Ihre Wahrnehmung kann in Innenräumen, wie Schulen oder Büros, das Wohlbefinden, das Verhalten und die Leistung der Personen im Raum beeinflussen, belästigend auf sie wirken und das Auftreten allgemeiner Symptome wie Kopfschmerzen, Augenreizung und Konzentrationsprobleme verursachen [2 bis 5]. Die Verwendung von geruchs- und emissionsarmen Bauprodukten bei Bau- oder Renovierungsmaßnahmen ist für das Erreichen einer guten Raumluftqualität Voraussetzung [6].

Um Informationen über das Geruchsverhalten von Bauprodukten zu erhalten, steht seit 2012 mit der Norm ISO 16000-28 „Bestimmung der Geruchsstoffemissionen aus Bauprodukten mit einer Emissionsprüfkammer“ [7] eine international anerkannte Methode zur Verfügung, die ein Laborverfahren zur Prüfung von Geruchsstoffemissionen aus Bauprodukten mit einem Panel (Prüferinnen und Prüfer) beschreibt. Die Anwendbarkeit der Prüfmethodik wurde in Ringversuchen überprüft und belegt [8 bis 10].

Für die Prüfung wird der zu untersuchende Prüfkörper in eine Emissionsprüfkammer eingebracht. Der für das Produkt spezifische Beladungsfaktor – d. h. die Größe des Prüfkörpers im Verhältnis zum Prüfkammervolumen und der Luftvolumenstrom, der die Kammer durchströmt – wird unter Simulation von Realraumbedingungen festgelegt. Das Produkt verbleibt je nach Messaufgabe über einen definierten Zeitraum in der Kammer und am gewünschten Messtag wird den einzelnen Panelmitgliedern die Ab-

luft der Kammer zur Bewertung mit Hilfe eines Trichters dargeboten.

Für eine Messung nach dem Schema des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) erfolgt die sensorische Prüfung und Bewertung der empfundenen Intensität nach 28 Tagen [12]. Den Herstellern wird die sensorische Prüfung empfohlen, eine Verpflichtung besteht nicht. Bislang erfolgt die Prüfung vor allem bei Produkten mit dem Blauen Engel, dem freiwilligen Umweltzeichen der Bundesregierung. Der Blaue Engel hat die sensorische Bewertung für textile Bodenbeläge auf Grundlage der Norm in Kombination mit VDI 4302 Blatt 1 „Geruchsprüfung von Innenraumluft und Emissionen aus Innenraummaterialien“ [3] als Anforderung in die Vergabekriterien aufgenommen [13]. Textile Bodenbeläge mit dem Umweltzeichen müssen nach 28 Tagen eine empfundene Intensität II von nicht mehr als 7 pi einhalten oder, bei einem Messergebnis von 8 pi, die Intensität von 7 pi in einer erneuten Prüfung an Tag 29 erreichen. Für weitere Produkte wird die verpflichtende Einführung der Anforderung derzeit überprüft.

Um das Verfahren und die Bewertungsmethodik weiter zu präzisieren sowie möglichst viele Bauprodukte sensorisch zu messen und zu bewerten, fördert das Umweltbundesamt (UBA) derzeit das Forschungsprojekt „Geruchs- und emissionsarme Produkte für eine gesunde Innenraumluft – Entwicklung von Anforderungen für den Blauen Engel bei innenraumrelevanten, großflächigen Produkten“ (Forschungskennzahl: 3717 37 319 0). Die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) und die Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Berlin führen sensorische Untersuchungen durch und ermitteln die Emissionen von elastischen Bodenbelägen und Holzprodukten. Im

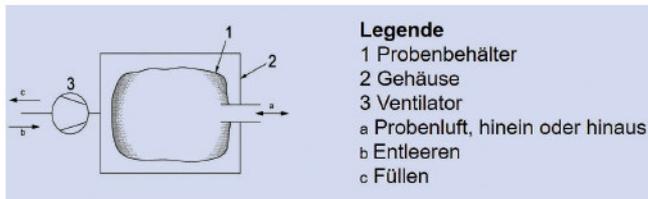


Bild 1 Schema des Probenahme- und Darbietungssystems [8; 15].
 Quelle: [7; 14]

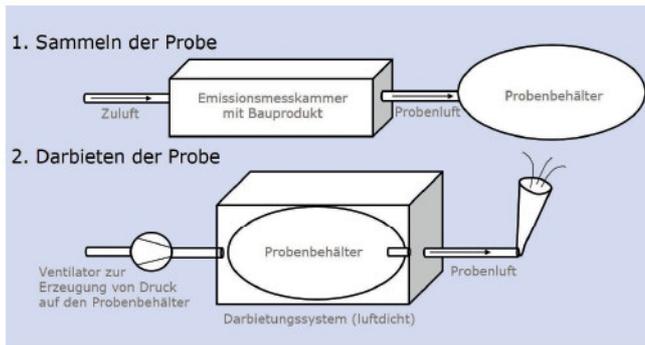


Bild 2 Schema der Sammlung und Darbietung von Probenluft zur indirekten Bewertung nach ISO 16000-28 in zwei Teilschritten. Quelle: Autoren

Rahmen dieses Projektes werden auch Vorschläge zur technischen Weiterentwicklung des Verfahrens untersucht.

Es gibt verschiedene Messgrößen, mit denen der Geruch von Bauprodukten bestimmt werden kann. Mit dem betrachteten Verfahren nach ISO 16000-28 wird der Geruch mit Hilfe der Akzeptanz oder der empfundenen Intensität Π (Stärke des Geruchseindrucks) bestimmt. Die Hedonik, also wie angenehm oder unangenehm ein Geruch empfunden wird, kann jeweils hinzugekommen werden. Für jede der drei Messgrößen wird eine eigene Bewertungsskala angewandt, die auf unterschiedlichen Fragestellungen basiert.

Zur Bewertung der Luftprobe muss sichergestellt werden, dass den Prüferinnen und Prüfern ein ausreichender und konstanter Probenluftvolumenstrom von 0,6 bis 1,0 l/s am Bewertungstrichter zur Verfügung gestellt wird. Dies verhindert, dass Umgebungsluft beim Riechen eingesaugt wird und sich mit Probenluft vermischt. Steht am Ausgangsstutzen der Prüfkammer dieser Luftvolumenstrom zur Verfügung, so kann dort ein Trichter für die direkte Bewertung angebracht werden. Standardmäßig werden jedoch Probenbehälter (Beutel) für die indirekte Bewertung angewendet, da die Luftgeschwindigkeit am Ausgangsstutzen bei den üblicherweise verwendeten Emissionsprüfkammern nicht groß genug ist oder die Umgebung der Kammer nicht den Anforderungen an den Hintergrundgeruch entspricht. Die Behälter werden mit Probenluft befüllt und dem Panel mithilfe eines Darbietungssystems zur Bewertung dargeboten (Bild 1). Der Beutel mit der Probenluft wird dazu in einem luftdichten Gehäuse mit seiner Öffnung zu einem angeschlossenen Trichter für die Bewertung platziert. Zum Entleeren wird durch ein Gebläse Überdruck im Gehäuse erzeugt, so dass er zusammengedrückt wird und Probenluft ausströmt.

Die Norm legt fest, dass Probenbehälter die Luftprobe nicht verändern dürfen. So müssen sie luftdicht, geruchlos und nicht adsorptiv sein sowie eine gute Luftdurchmischung ermöglichen. Es ist bekannt, dass es durch Permeations- und Adsorptionseffek-

te zum Verlust einiger geruchsrelevanter Substanzen kommt [14 bis 16], weshalb Behältermaterialien in einem Validierungsverfahren untersucht werden müssen. Analytische Messungen ausgewählter VOCs verschiedener Substanzklassen müssen zeigen, dass eine hohe Wiederfindungsrate von mindestens 80 % nach sechsstündiger Untersuchungsdauer erreicht werden kann [7].

Wie verschiedene Untersuchungen zeigen, kann die Art der Probenpräsentation auch einen Einfluss auf das Ergebnis der Geruchsmessung haben [6; 17 bis 19]. In den genannten Untersuchungen war der Vergleich der direkten und indirekten Methode nur zum Teil Ziel der Untersuchungen. Der Rahmen sowie die Bedingungen, unter denen sie durchgeführt wurden, waren sehr unterschiedlich. Dennoch zeigen die Untersuchungen, dass die indirekte Messung im Vergleich zur direkten Messung sowohl zu ähnlichen, als auch zu höheren oder zu niedrigeren empfundenen Intensitäten führte. Obwohl also bei einer Verwendung von Beuteln eher von einem Verlust geruchsaktiver Substanzen auszugehen ist, wirkt sich dies nicht proportional oder in einer anderen Form korrelativ auf die Bewertung der Geruchsintensität aus. Grundsätzlich ist anzumerken, dass größere Messabweichungen durch Präzisierung von Messabläufen reduziert werden können [10]. Erklärt werden kann dies auch damit, dass sich die geruchliche Wirkung einer Kombination aus einzelnen Verbindungen nicht voraussagen lässt. So kann z. B. ein Geruch einen anderen maskieren. Dieser Effekt kann dazu führen, dass der Geruch einer Substanz A den Geruch einer anderen Substanz B unterdrückt. Der gleiche Effekt führt auch dazu, dass es bei einer geringeren werdenden Konzentration der Substanz A, z. B. durch Adsorption an Behältermaterialien, zu einer höheren Geruchsintensität der Substanz B kommen kann [20].

2 Weiterentwicklung der Probenpräsentation

Insgesamt besteht großer Bedarf, die Präsentation der Geruchsprobe zu erforschen. Im hier vorgestellten Projekt soll die indirekte Methode weiterentwickelt werden, um eine Vereinfachung des Verfahrens zu erreichen und die Reproduzierbarkeit von Messergebnissen zu erhöhen. Bild 2 zeigt schematisch die derzeitige Probenahme und -darbietung bei der indirekten Bewertung. In zwei Teilschritten wird die Geruchsprobe im Probenbehälter zunächst gesammelt und dann in ein Darbietungssystem zur Bewertung durch das Panel eingebracht.

Der Vorschlag zur Weiterentwicklung der Probenpräsentation ermöglicht die Sammlung und Darbietung von Probenluft in nur einem Schritt, wie die schematische Darstellung in Bild 3 zeigt. Das System wird derzeit entwickelt und gebaut, um dann in seiner Anwendung erprobt zu werden. Dabei wird ein Luftsammelbehälter an der Abluftströmung der Emissionskammer dauerhaft positioniert, mit Probenluft gefüllt und von ihr ständig durchströmt. Nur zum Zeitpunkt der Probenahme durch eine Prüferin oder einen Prüfer wird die Befüllung bzw. Durchströmung kurzfristig unterbrochen, um die Probenluft für die Prüfung zur Verfügung zu stellen. Die Größe des Behälters reicht aus, um ausreichend Probenluft für die Bewertung durch mindestens eine Prüferin oder einen Prüfer zur Verfügung zu stellen. Danach wird dieser innerhalb weniger Minuten bis zur Bewertung durch die nächste Person wieder befüllt. Da die Probenahme und -darbietung technisch miteinander verbunden werden, wird das System Adapter genannt. Dieser besteht aus dem Luftsammelgefäß und

der notwendigen Peripherie, um die wechselnde Probenahme und -darbietung zu ermöglichen.

Die Probenluft erfährt dadurch nahezu keine Lagerzeit und muss nicht transportiert werden, wodurch sie für die Bewertung wenig verändert oder sogar unverändert vorliegen kann. Einsatzmöglichkeiten bestehen in Laboren, in denen die Geruchsbewertung in räumlicher Nähe zur Emissionsmesskammer erfolgen kann. An das Luftsammelgefäß werden die gleichen Anforderungen gestellt wie an die bislang verwendeten Probenbehälter für die indirekte Bewertung. Es muss luftdicht und geruchlos sein und die beim Bau verwendeten Materialien dürfen die Luftprobe nicht oder nur in vorgegebenen Grenzen verändern. Der Adapter muss sicherstellen, dass sich die Probenluft bei der Darbietung der Luftprobe nicht mit Umgebungsluft vermischt.

Das Volumen des Luftsammelgefäßes muss sicherstellen, dass ausreichend Probenluft für die Bewertung durch eine Prüferin oder einen Prüfer bereitgestellt werden kann (Mindestvolumen) und dass die Zeit zwischen zwei einzelnen Darbietungen in den Messablauf passt (Maximalvolumen). Als Materialien kommen grundsätzlich die gemäß ISO 16000-28 zugelassenen Materialien für Prüfkammern und Probenbehälter in Frage: Glas, polierter Edelstahl, Tedlar und Nalophan. Es wird angestrebt, den Adapter für Emissionsprüfkammern ab einer Größe von 250 l einsetzen zu können.

Das Prinzip des Adapters wurde bislang in ersten analytischen Versuchen überprüft. 0,43 m² eines elastischen Bodenbelags (Kautschuk) wurden in eine 270 l große Emissionsprüfkammer eingebracht, die bei einem Luftwechsel von 1,1 pro Stunde betrieben wurde. Drei unterschiedliche mögliche Materialien für das Luftsammelgefäß (Glas, Nalophan, Tedlar) wurden in einem Zeitraum von 13 Tagen an der Abluft der Kammer beprobt. Bei diesen Messungen wurden nur VOC-Konzentrationen verglichen, aber der Geruch nicht bewertet.

Die Abluft der Emissionsprüfkammer wurde nacheinander zur Befüllung und Durchströmung der verschiedenen Behälter, mit Größen zwischen in etwa 8 bis 15 l, genutzt (Bild 4). Die Probenluft wurde nach mindestens zwei Tagen Durchspülzeit jeweils an der Kammer und am Probenbehälter durch Emissionsmessungen bewertet. Diese lange Durchspülzeit wurde als ausreichend befunden, um eventuelle Effekte wie Adsorption und Desorption mit der Behälterwandung weitgehend zu reduzieren sowie sicherzustellen, dass das Luftsammelgefäß ausschließlich mit Probenluft

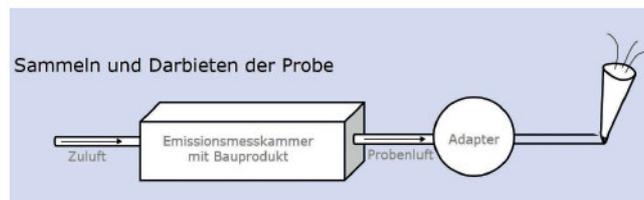


Bild 3 Schemas des Vorschlages zur Weiterentwicklung der Probenpräsentation zur indirekten Bewertung in einem Schritt (Adapter). Quelle: Autoren



Bild 4 Tedlaradapter an einer Emissionskammer. Quelle: Simone Brandt

befüllt ist. Diese Zeit stünde bei der späteren Anwendung auch zur Verfügung, da die Geruchsmessungen gemeinsam mit Emissionsmessungen durchgeführt werden und der Adapter prinzipiell bereits am Tag der Beladung, also 28 Tage vor der sensorischen Prüfung, an die Kammer angeschlossen werden kann. Die Mindestspülzeit ist im Rahmen von nächsten Versuchen zu ermitteln.

Für die Probenahme wurden jeweils zwei Tenax-Rohre an der Kammer und zwei Tenax-Rohre am jeweiligen Adapter mit Probenluft beladen, wobei bei einer Probenahmemenge für die Tenax-Rohre von 100 ml/min jeweils 1 und 2 l Probevolumen genommen wurde (Doppelbestimmung). Die Bestimmung der Substanzen erfolgt durch Thermodesorption und Gaschromatographie gekoppelt mit Massenspektrometrie-Messungen (TDS/GC/MS). Die Analyseergebnisse zeigen, dass es nahezu keine Unterschiede zwischen der Probenluft aus der Kammer und dem jeweiligen Adapter gibt (Tabelle 1).

Tabelle 1 Analyseergebnisse der Emissionsmessungen jeweils an der Emissionskammer und am Adapter.

Komponente (CAS-Nummer)	Glasadapter		Tedlaradapter		Nalophanadapter	
	Kammer	Glas	Kammer	Tedlar	Kammer	Nalophan
$\mu\text{g}/\text{m}^3$						
DIREKT MIT STANDARD:						
Toluol (108-88-3)	< BG*	< BG	1	< BG	1	2
Styrol (100-42-5)	1	1	2	2	2	2
Cyclohexanon (108-94-1)	10	10	10	10	9	9
Isodecen (31807-55-3)	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Benzothiazol (95-16-9)	75	66	75	77	67	65
Phtalamid (88-96-0)	10	11	16	10	19	14
TOLUOLÄQUIVALENTE:						
trans 1-Methyl-4-(1-methylethyl)-cyclohexan, , (1678-82-6)	11	10	11	11	10	10
cis 1-Methyl-4-(1-methylethyl)-cyclohexan, , (6069-98-3)	8	8	8	8	8	8
Naphthalin (91-20-3)	3	3	3	3	3	3

* BG – Bestimmungsgrenze

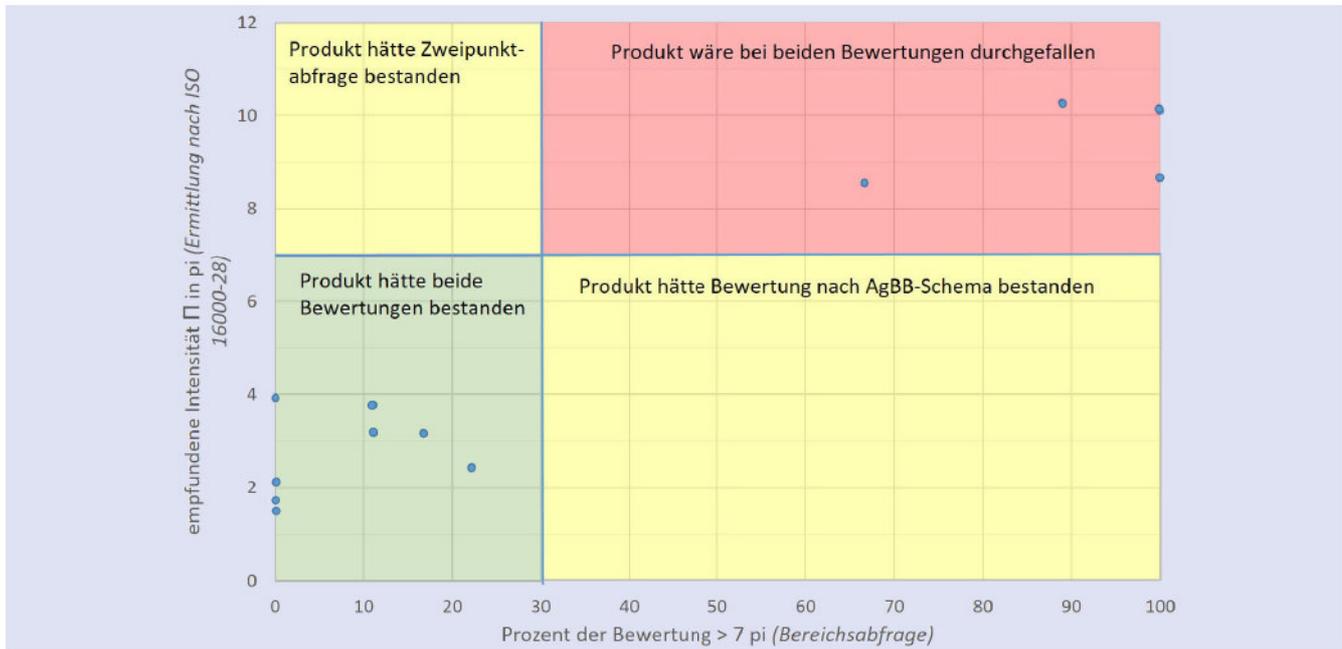


Bild 5 Ermittlung der empfundenen Intensität gemäß ISO 16000–28 und prozentualer Anteil der Bewertungen > 7 pi (Bereichsabfrage).

Quelle: Autoren

3 Bewertung der empfundenen Intensität

Im Projekt wird auch die Bewertungsmethodik nach ISO 16000-28 für die empfundene Intensität Π mit der Einheit pi (perceived intensity) untersucht. Diese wird mit Hilfe eines Vergleichsmaßstabes bewertet, um den Einfluss der subjektiven Geruchsempfindung auf das Messergebnis zu minimieren. Am Maßstab werden an mindestens sechs Trichtern verschiedene Konzentrationen des Referenzgeruchsstoffes Aceton in Luft in aufsteigender Reihenfolge dargeboten. Beginnend mit der niedrigsten Intensität von 0 pi, der Geruchsschwelle von Aceton, bis zu einer Intensität in Höhe von 15 pi. Diese Intensitäten entsprechen den typischen Intensitäten von Bauprodukten. Der Zusammenhang zwischen eingestellter Acetonkonzentration und empfundener Intensität ist in diesem Bereich linear [19]. Prüferinnen und Prüfer die in einem 5-tägigen Verfahren darauf geschult wurden, vergleichen die dargebotenen Acetonintensitäten mit der Intensität der Probe. Aus den Einzelwerten lässt sich der Mittelwert der Intensität der Probe ermitteln.

Für die Prüfung war noch vor der letzten Überarbeitung der Norm im November 2020 eine Mindestprüferzahl von acht vorgegeben und die Genauigkeit der Bewertung, ausgedrückt durch den 90 %-Vertrauensbereich, musste bei ± 2 pi liegen [7]. Da die geforderte Genauigkeit bei vielen Messungen nicht erreicht werden konnte, wird nun eine Prüferzahl von mindestens 12 bis 15 Personen zur Ermittlung der empfundenen Intensität empfohlen. Im Prüfbericht ist zudem zu dokumentieren, falls die Anforderung an den Vertrauensbereich nicht erfüllt werden kann [7].

Mit der nun größeren empfohlenen Prüferanzahl erhöhen sich jedoch der Messaufwand und die Kosten für die ohnehin schon aufwendige Prüfung. Auch kann es vorkommen, dass der Vertrauensbereich bei einer Messung dennoch nicht erreicht wird. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit werden daher Untersuchungen mit dem Ziel durchgeführt, die Bewertung der empfundenen Intensität am Vergleichsmaßstab zu vereinfachen.

Laut AgBB ist eine unzumutbare Belästigung gegeben, wenn mehr als 30 % einer nicht geschulten Gruppe von Befragten einen Geruch als unzumutbar bewerten. Daraus ableitend und aus gesundheitlichen Aspekten setzt der AgBB eine empfundene Intensität von 7 pi nach 28 Tagen als vorläufiges Beurteilungskriterium an [12].

Für die Untersuchungen hier wird daraus abgeleitet, dass ein Bauprodukt zur Verwendung im Innenraum ungeeignet ist, wenn mehr als 30 % einer Gruppe von Befragten angeben, den Geruch einer Probe intensiver als eine zum Vergleich angebotene Acetonkonzentration von 7 pi zu empfinden. Für die Ermittlung der sensorischen Eignung von Bauprodukten für den Innenraum ist letztlich wichtig zu wissen, ob ein Bauprodukt eine empfundene Intensität von ≤ 7 pi oder > 7 pi am 28. Messtag aufweist. Die Kenntnis über den genauen Wert, wie er mit der Referenzmethode ermittelt wird, ist eigentlich nicht erforderlich.

Um dies zu untersuchen, wird den Prüferinnen und Prüfern bei der Geruchsprüfung zur Ermittlung der empfundenen Intensität eine Acetonintensität von 7 pi an einem der Trichter des Vergleichsmaßstabes angeboten. Sie sollen angeben, ob eine Probe im Vergleich dazu weniger bis gleich intensiv (\leq) oder intensiver ($>$) wahrgenommen wird. Die Geruchsintensität einer Probe wird damit in einen von zwei möglichen Bereichen eingeordnet.

Bei Anwendung dieser Bereichsabfrage vereinfacht sich die Aufgabe für die Prüferinnen und Prüfer. Die Untersuchungen sollen klären, ob sich damit die geforderte Prüferzahl und der Aufwand einer Prüfung reduzieren lassen, z. B. ob und inwieweit ein Schulungsverfahren notwendig ist.

Erste Untersuchungen fanden in einer Messreihe mit drei Proben statt. Die Produkte wurden für die Prüfung in Emissionsprüfkammern (CLIMPAQs) eingebracht und an vier Messtagen (Tag 3, 7, 14, 28) mit der direkten Methode sensorisch bewertet, wodurch sich insgesamt zwölf Bewertungen ergaben. An den verschiedenen Messtagen standen zwischen neun und 13 geschulte Prüferinnen und Prüfer zur Verfügung. Bei der Ermittlung der

empfundene Intensität wurde zunächst die beschriebene Bereichsabfrage durchgeführt, wobei den Prüfern die Höhe der Acetonintensität nicht bekannt gegeben wurde. Im Anschluss führte die gleiche Gruppe die gemäß Norm vorgegebene Prüfung zur Ermittlung der empfundenen Intensität am gesamten Vergleichsmaßstab durch, wobei der 90 %-Vertrauensbereich bei allen zwölf Bewertungen erreicht werden konnte. Die Auswertung der Messung erfolgte nach dem AgBB-Schema.

Die Ergebnisse der Untersuchungen in **Bild 5** zeigen, dass die Bereichsabfrage für alle zwölf Bewertungen zum gleichen Ergebnis führte wie die gemäß ISO 16000-28 durchgeführte Ermittlung der empfundenen Intensität. Proben, die im Vergleich zur Acetonintensität von 7 pi von 30 % der Probanden als intensiver empfunden wurden, erreichten auch bei der Intensitätsbewertung gemäß Norm Werte größer als 7 pi (rotes Feld) und umgekehrt genauso (grünes Feld). Bei den Messpunkten, die auf der Abszisse nicht bei 0 oder 100 % liegen, gab es vereinzelt Prüfer, welche die Probe bei der Bereichsabfrage anders als die Mehrheit beurteilten. Messpunkte, die sich in den gelb markierten Feldern befinden würden, hätten jeweils nur eine der beiden Prüfungsarten bestanden.

In weiteren Untersuchungen soll die Datenbasis der Bereichsabfrage erweitert werden. Insbesondere Proben, deren Bewertung in den Randbereichen zwischen den Feldern liegen, sind dabei von Interesse.

4 Ausblick

Die Weiterentwicklung der Probenpräsentation und der Bewertungsmethodik für die empfundene Intensität bei der Bewertung von Bauprodukten gemäß AgBB-Schema im Rahmen des Geruchsmessverfahrens nach ISO 16000-28 ist von großer Bedeutung. Im vorgestellten Projekt werden die Entwicklung eines Adapters (mit Probenluft durchströmtes Sammelgefäß) und eine Methode zur Bereichsabfrage der empfundenen Intensität untersucht. Beide Forschungsschwerpunkte können zur Weiterentwicklung der Norm beitragen. In einem nächsten Schritt ist der Aufbau des Versuchsstandes vorgesehen. Die Untersuchungen sind insgesamt für die kommenden zwei Jahre geplant. ■

Literatur

- [1] DIN EN 13725: Luftbeschaffenheit – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie (7/2003). Berlin, Beuth 2003.
- [2] *Wyon, D.; Wargocki, P.*: Creating the Productive Workplace. 2. Aufl. S. 193-205. London, Taylor & Francis 2006.
- [3] VDI-Richtlinie 4302 Blatt 1: Geruchsprüfung von Innenraumluft und Emissionen aus Innenraummaterialien Grundlagen (Ausz. 4/2015). Berlin, Beuth 2015.
- [4] Gerüche aus Bauprodukten. Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau (2020). www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/produkte/bauprodukte/gerueche-aus-bauprodukten#wie-riechts-bei-ihnen
- [5] *Sucker, K.; Westphal, G.; Bünger, J.; Brüning, T.*: IPA-Journal (2014) Nr. 2, S.16-21.
- [6] Innenraumluftqualität nach Einbau von Bauprodukten in energieeffizienten Gebäuden (36/2016). Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2016.
- [7] DIN ISO 16000-28: Innenraumluftverunreinigungen – Teil 28: Bestimmung der Geruchsstoffemissionen aus Bauprodukten mit einer Emissionsprüfkammer (12/2012). Berlin, Beuth 2020.
- [8] *Brosig, L.; Horn, W.; Pyza, L.; Jann, O.*: Ringversuch zur Einführung von Geruchsmessungen in Anlehnung an ISO 16000-28. In: GI Gebäude, Technik, Innenraum, Klima 135 (2014), S. 84-90.
- [9] *Brosig, L.; Horn, W.; Pyza, L.; Jann, O.; Plehn, W.*: Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 73 (2013), S. 441-445.
- [10] Round Robin Test for the Implementation of Odour Measurements regarding ISO 16000-28 into the Evaluation of Building Products – Part II (Specified by VDI 4302-1). Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2015.
- [11] DIN EN ISO 16000-9: Innenraumluftverunreinigungen – Teil 9: Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen – Emissionsprüfkammer-Verfahren (4/2008). Berlin, Beuth 2008.
- [12] Anforderungen an die Innenraumluftqualität in Gebäuden: Gesundheitliche Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VVOC, VOC und SVOC) aus Bauprodukten. Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2018.
- [13] Umweltzeichen: Blauer Engel für emissionsarme textile Bodenbeläge. Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2016.
- [14] *Müller, B.*: Entwicklung eines Gerätes zur Entnahme und Darbietung von Luftproben zur Bestimmung der empfundenen Luftqualität. Berlin, 2002.
- [15] Umwelt- und Gesundheitsanforderungen an Bauprodukte. Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2007.
- [16] *Salthammer, T.; Schulz, N.; Stolte, R.; Monegel, F.; Uhde, E.*: Building and Environment 172 (2020).
- [17] Sensorische Bewertung der Emissionen aus Bauprodukten. Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2011.
- [18] Evaluierung einer Methode zur sensorischen Bewertung von Bauprodukten für Innenraumanwendungen unter Praxisbedingungen. Hrsg.: Fraunhofer WIKI, Braunschweig 2016.
- [19] Emissions- und geruchsarme Bauprodukte für energieeffiziente Gebäude – Entwicklung von Anforderungen und Konzepten für den Blauen Engel aus Klimaschutzsicht. Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2019.
- [20] *Cometto-Muñiz, J. E.; Cain, W. S.; Abraham, M. H.*: Behavioural brain research 156 (2005), S. 115-123.
- [21] DIN ISO 16000-28: Innenraumluftverunreinigungen – Teil 28: Bestimmung der Geruchsstoffemissionen aus Bauprodukten mit einer Emissionsprüfkammer. Berlin, Beuth 2012.



**Simone Brandt, M. Sc.,
Prof. Dr.-Ing. habil. Birgit
Müller**
Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Berlin.

**Dr. Frank Brozowski,
Dr. Wolfgang Plehn**
Umweltbundesamt, Dessau.

Dr. Wolfgang Horn
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin.