

## 8

# VOC-Emissionen aus Dämmstoffen - Vergleich von herkömmlichen mit nachwachsenden Produkten (Dipl.-Chem. Christian Scherer)

---

VOC-Emissionen aus Dämmstoffen - Vergleich von herkömmlichen mit nachwachsenden Produkten (Dipl.-Chem. Christian Scherer)

---

## 8.1 Einleitung

Energieeinsparung ist ein wichtiges politisches und gesamtgesellschaftliches Projekt der nächsten Jahre. Nicht nur die begrenzten Ressourcen an fossilen Energieträgern sondern auch der Atomausstiegs-Beschluss der Bundesregierung machen die Verringerung des Energieeinsatzes und die effizientere Nutzung der zur Verfügung gestellten Energie zu einer vordringlichen Aufgabe. Im Bau bedeutet dies in erster Linie, dass Gebäude im Betrieb weniger Energie verbrauchen dürfen und trotzdem die Ansprüche der Nutzer an den thermischen Komfort erfüllen sollen. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen Gebäude dichter werden und der Transmissionswärmeverlust durch die Gebäudehülle muss verringert werden. Beim Bauen im Bestand kann die nachträgliche energetische Ertüchtigung der Gebäudehülle in erster Linie durch den Einbau hocheffizienter Dämmstoffe erfolgen. Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen erreichen i. d. R. die dafür nötigen Werte meist noch nicht bzw. sind deutlich teurer in der Beschaffung und in der Verarbeitung, so dass im Sanierungsfall häufig auf marktübliche, synthetische Dämmstoffe zurückgegriffen wird. Im Neubau zeichnet sich ein Trend hin zu Passiv-, Null-Energie- oder gar Plus-Energiehäusern ab. Vielfach werden diese Gebäude in Leichtbauweise erstellt. Insbesondere im Holzrahmenbau kommen dann auch Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen zum Einsatz. Hinsichtlich ihrer ökologischen und hygienischen Eigenschaften werden sowohl an konventionell gefertigte Dämmstoffe als auch an solche aus nachwachsenden Rohstoffen die gleichen Anforderungen gestellt. Während das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) noch keine Anforderungen hinsichtlich der Emissionseigenschaften von Dämmstoffen für den Einsatz im Innenraum definiert hat, existiert eine Vergaberichtlinie des Umweltbundesamts für den Blauen Engel für die Produktgruppe der »Wärmedämmstoffe und Unterdecken« (RAL-UZ 132). Die Prüfung und Bewertung der Emissionen erfolgen nach dem Schema des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB). Dem Grad der Emission flüchtiger organischer Stoffe in die Innenraumluft aus Dämmstoffen wurde am Fraunhofer-IBP in mehreren Forschungsvorhaben nachgegangen.

## 8.2 Vorgehen

Grundlage aller Emissionsuntersuchungen, die zur gesundheitlichen Bewertung von Emissionen an flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten für den Innenraum herangezogen werden, ist das Modellraumkonzept und abgeleitet davon die Emissionsmessung in einer Emissionsprüfkammer gemäß DIN EN ISO 16000-9/-11. Beim Modellraumkonzept geht man davon aus, dass in einem Raum mit definierten Dimensionen und einem festgelegten Luftwechsel von 0,5 [1/h] (Bild 1) der üblichen Einbausituation des Bauproduktes entsprechende Flächen mit dem zu prüfenden Bauprodukt ausgestattet sind. Daraus ergibt sich eine Reihe von Kenngrößen.

$$L = A/V$$

Die Beladung  $L$  [1/m] ist der Quotient aus der frei in den Raum emittierenden Oberfläche  $A$  des zu untersuchenden Bauproduktes und dem Raumvolumen  $V$ .  $Q$  [m<sup>3</sup>/h] gibt die Lüftungsrate des Raumes an.

Die wesentliche Größe zur Übertragung der Bedingungen im Modellraum auf die Verhältnisse in der Prüfkammer stellt die flächenspezifische Lüftungsrate  $q$  [ $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ] dar. Sie beschreibt das Luftvolumen, das pro Stunde und Flächeneinheit ausgetauscht wird:

$$q = \frac{Q}{A}$$

VOC-Emissionen aus Dämmstoffen - Vergleich von herkömmlichen mit nachwachsenden Produkten  
(Dipl.-Chem. Christian Scherer)

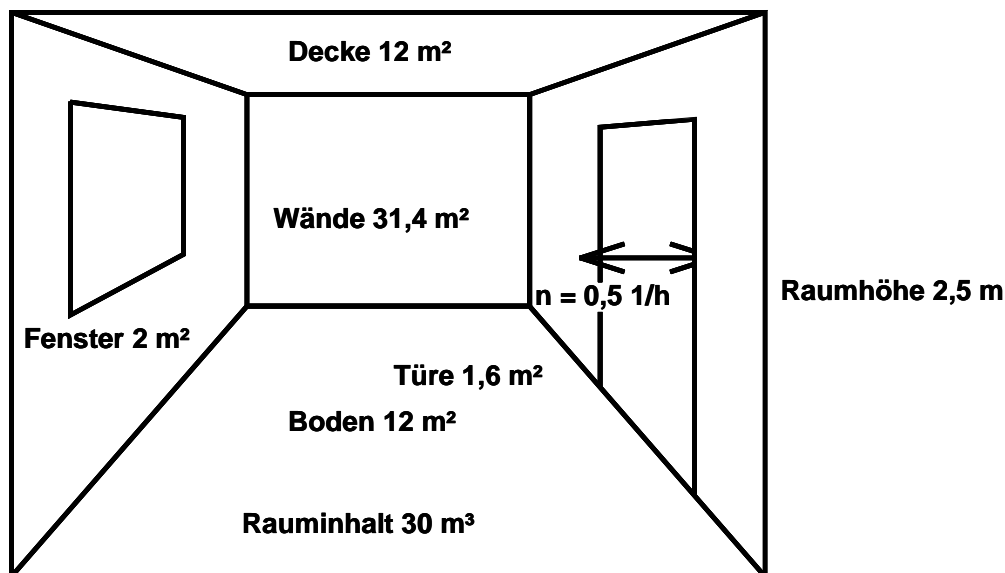


Bild 1: Modellraum lt. AgBB-Schema 2010

In der Emissionsprüfkammer müssen hinsichtlich  $q$  dieselben Verhältnisse herrschen wie im Modellraum. In Tabelle 1 sind die Größen für typische Einbausituationen wiedergegeben. Mit dem AgBB-Schema 2010 wurden die Dimensionen des Modellraums denen angepasst, die im Rahmen der europäischen Normung für ein europäisch harmonisiertes Emissionsprüfverfahren (CEN TC 351 WG 2) zum Tragen kommen werden. Die Grundfläche sowie die Flächen für Türe und Fenster blieben unverändert, die Raumhöhe wurde von  $2,7 \text{ m}$  auf  $2,5 \text{ m}$  verringert.

Tabelle 1: Typische Einbauszenarien für Bauprodukte im Modellraum und daraus resultierende Kenngrößen für die Prüfkammeruntersuchung.

Einbauort des Bauprodukts	Frei emittierende Oberfläche $A$ [ $\text{m}^2$ ]		Beladungsfaktor $L$ [ $1/\text{m}$ ]		Flächenspezifische Lüftungsrate $q$ [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	
	< 2010	2010 *)	< 2010	2010 *)	< 2010	2010 *)
Decke	12	12	0,37	0,4	1,35	1,25
Boden	12	12	0,37	0,4	1,25 **)	1,25
Wandflächen	34,2	31,4	1,06	1,05	0,47	0,48
Decke und Wandflächen	46,2	43,4	1,43	1,45	0,35	0,35
Türe	1,6	1,6	0,05	0,05	10,13	10,00

\*) Mit dem AgBB-Schema 2010 wurde die Raumhöhe im Modellraum von  $2,7 \text{ m}$  auf  $2,5 \text{ m}$  reduziert.

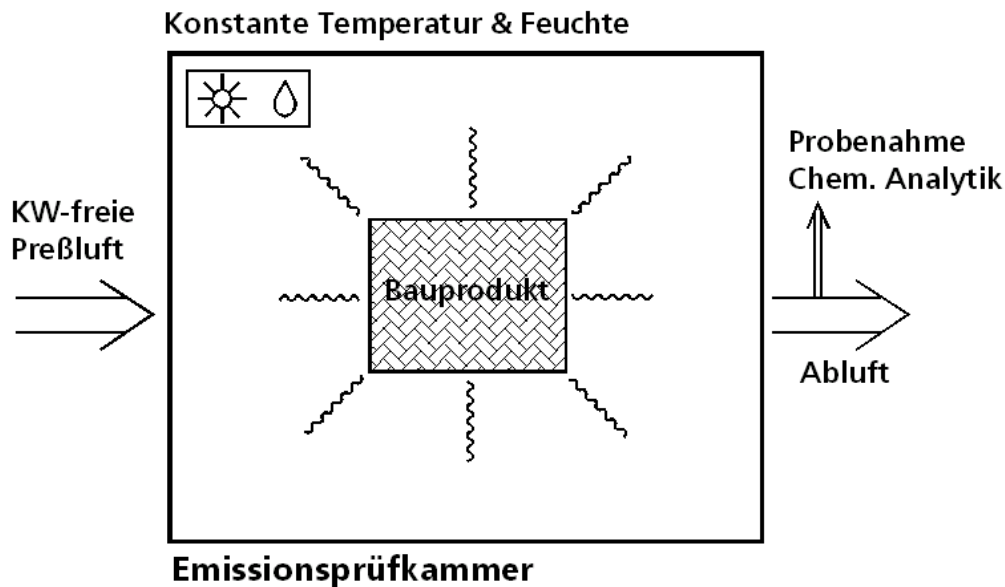
\*\*) Festlegung des DIBt für Bodenbeläge in Aufenthaltsräumen

Nur wenn diese Randbedingungen eingehalten werden, ist eine Bewertung anhand der in der Prüfkammerabluft bestimmten Stoffkonzentrationen möglich. Eine von den Randbedingungen weitgehend unabhängige, materialspezifische Größe stellt die flächenspezifische Emissionsrate (SER [ $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ]) dar. Sie beschreibt die Quellstärke, also den »Emissionsdruck« eines Stoffes in einem Material und errechnet sich wie folgt:

$$SER = c \cdot q.$$

In der Emissionsprüfkammer (Bild 2) werden die zum gewählten Einsatzszenario des Bauprodukts passenden Parameter eingestellt. Die Dauer der Prüfkammeruntersuchung beträgt 28 Tage. Die Klimabedingungen in der Prüfkammer sind während der gesamten Prüfdauer mit 23 °C und 50 % r. F. konstant. Die Anströmgeschwindigkeit der aufbereiteten Druckluft über der Prüfkörperoberfläche beträgt 0,1 bis 0,3 m/s. Die flüchtigen organischen Stoffe (VOC) in der Prüfkammerabluft werden an Tag 3 und an Tag 28 der Untersuchung auf geeigneten Probesammelröhrchen, gefüllt mit Festphasen- oder Reaktivadsorbentien, gesammelt und chemisch mittels Thermodesorptions-Gaschromatografie-Massenspektrometrie bzw. Hochleistungsflüssigkeitschromatografie mit optischer Detektion analysiert.

VOC-Emissionen aus  
Dämmstoffen - Vergleich von  
herkömmlichen mit  
nachwachsenden Produkten  
(Dipl.-Chem. Christian Scherer)



**Bild 2: Prinzip der Prüfkammeruntersuchung**

In Bild 3 sind in Prüfkammern eingebrachte Dämmstoffe abgebildet, links eine Holz-faserplatte, rechts eine konventionelle Dämmplatte aus Polystyrol.



---

VOC-Emissionen aus  
Dämmstoffen - Vergleich von  
herkömmlichen mit  
nachwachsenden Produkten  
(Dipl.-Chem. Christian Scherer)

---

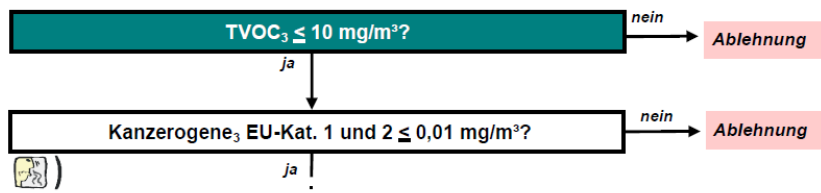
**Bild 3: Dämmstoffe in der Emissionsprüfkammer**

Entsprechend ihres Siedepunkts bzw. ihres Elutionsverhaltens auf einer unpolaren Chromatographiesäule werden flüchtige organische Verbindungen in verschiedene Gruppen eingeteilt. Stoffe, die vor n-Hexan (C6) eluieren, werden als leichtflüchtige organische Verbindungen (VOC = very volatile organic compounds) bezeichnet. Der Elutionsbereich von n-Hexan bis einschließlich n-Hexadecan (C16) umfasst die flüchtigen organischen Verbindungen (VOC = volatile organic compounds). Hier schließen sich die mittelflüchtigen organischen Verbindungen (SVOC = semi-volatile organic compounds) an, die bis n-Docosan (C22) reichen.

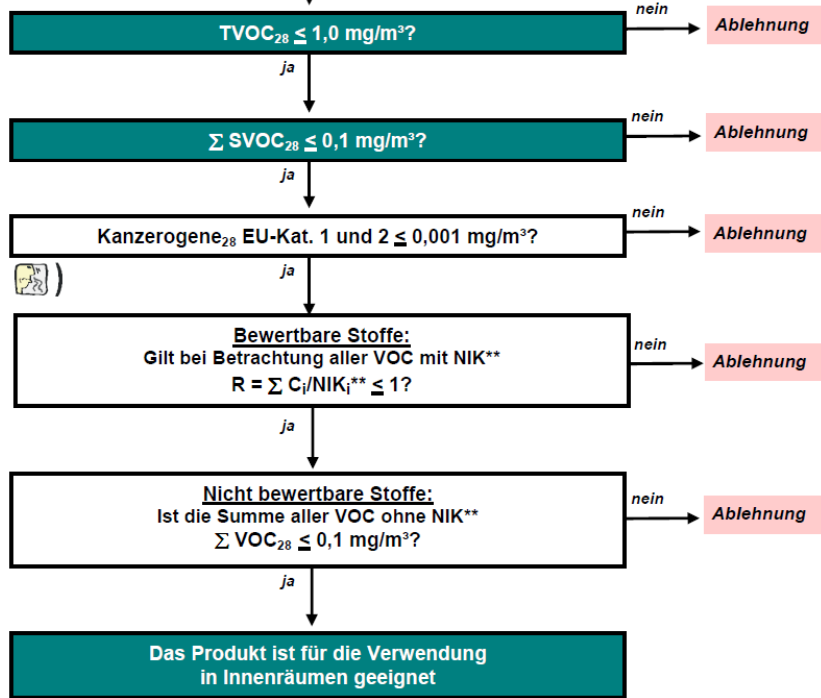
Allein die Kenntnis von VOC-Konzentrationen in der Prüfkammerluft reicht nicht aus, um Produkte aus innenraumhygienischer Sicht zu bewerten. Der AgBB hat daher ein Bewertungsschema (»AgBB-Schema«) entworfen, das sowohl Summenwerte als auch Einzelstoffkonzentrationen – bei Vorliegenden belastbarer toxikologischer Daten - zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten heranzieht. Das AgBB-Schema (Bild 4) wird in regelmäßigen Abständen überarbeitet und aktualisiert. In Teil 3 des AgBB-Schemas findet sich die sog. NIK-Werte-Liste. In ihr sind all die Stoffe erfasst, die aus Bauprodukten für den Innenraum emittiert werden können und für die Daten vorliegen, anhand derer eine Gefährdungsabschätzung getroffen werden kann. Die dort gelisteten Konzentrationen (NIK = »niedrigste interessierende Konzentration«) dienen als Korrelationsgröße für die Bewertung von Bauproduktmissionen.

1. Messung  
nach 3 Tagen

Prüfung auf:



2. Messung  
nach 28 Tagen



VOC-Emissionen aus Dämmstoffen - Vergleich von herkömmlichen mit nachwachsenden Produkten (Dipl.-Chem. Christian Scherer)

Bild 4: Bewertung nach dem AgBB-Schema (Stand: Mai 2010)

Die Entscheidungskriterien des AgBB-Schemas, die auf der Einteilung in VVOC, VOC und SVOC basieren, sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Das AgBB-Schema wird als Ablauf- und Prüfschema z. B. bei der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung von Bodenbelägen in Aufenthaltsräumen, bei der Vergabe des Blauen Engels, des Österreichischen Umweltzeichens oder der Einstufung nach Emicode angewandt. Bei der Vergabe von Umweltzeichen kommen aber zum Teil andere, meist verschärfte Kriterien zum Tragen.

Tabelle 2: Anforderungen des AgBB-Schemas (Stand 2010)

Kriterium	Maximale Stoffkonzentration in der Prüfkammerabluft [mg/m <sup>3</sup> ]		
	3 d	7 d	28 d
$\sum$ VVOC, $c_i \geq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	---	---	--- *)
TVOC, $c_i \geq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	10 (0,3)**)	--- (0,5)**)	1,0
$\sum$ VOC <sub>o.NIK</sub> , $c_i \geq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	--- (0,05)**)	--- (0,05)**)	0,1
$\sum$ SVOC, $c_i \geq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	--- (0,03)**)	--- (0,05)**)	0,1
R [-]	--- (0,5)**)	--- (0,5)**)	1
$\sum$ Cancerogene EU Cat. I + II	0,01 (0,001)**)	--- (0,001)**)	0,001

\*) Bei der Anwendung des AgBB-Schemas für die bauaufsichtliche Zulassung oder die Vergabe des Blauen Engels werden z. T. Entscheidungswerte für Formaldehyd angewandt.

\*\*\*) Sind alle Werte in Klammern eingehalten, kann die Zulassungseignungsprüfung für die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung nach Tag 7 abgebrochen werden.

VOC-Emissionen aus  
Dämmstoffen - Vergleich von  
herkömmlichen mit  
nachwachsenden Produkten  
(Dipl.-Chem. Christian Scherer)

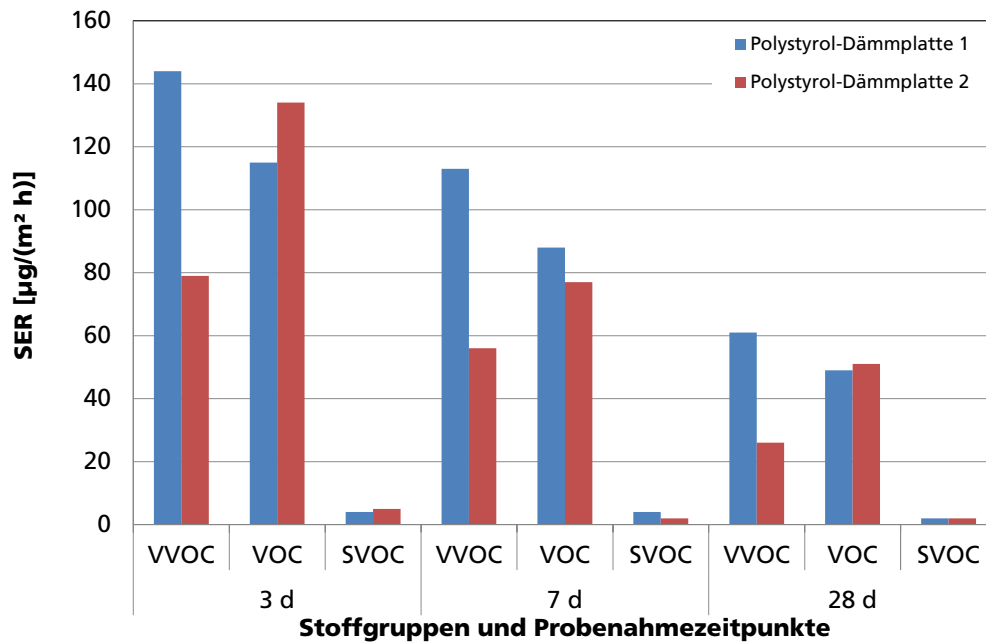
## 8.3 Ergebnisse

Im Rahmen mehrerer Forschungsvorhaben in den letzten Jahren wurden Dämmstoffe unterschiedlicher Herkunft und Zusammensetzung auf ihre Emissionseigenschaften untersucht. Darunter fallen sowohl Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen als auch konventionell gefertigte.

### 8.3.1 Konventionelle Dämmstoffe

Der Schwerpunkt der konventionellen Dämmstoffe lag bei Produkten aus Mineralwolle. Neben fabrikationsfrischen Produkten wurde auch eine Mineralwolle-Dämmmatte geprüft, die schon über Jahre in einem Dachstuhl eingebaut war. Daneben wurden auch verschiedene, frische Dämmstoffe aus Polystyrol untersucht.

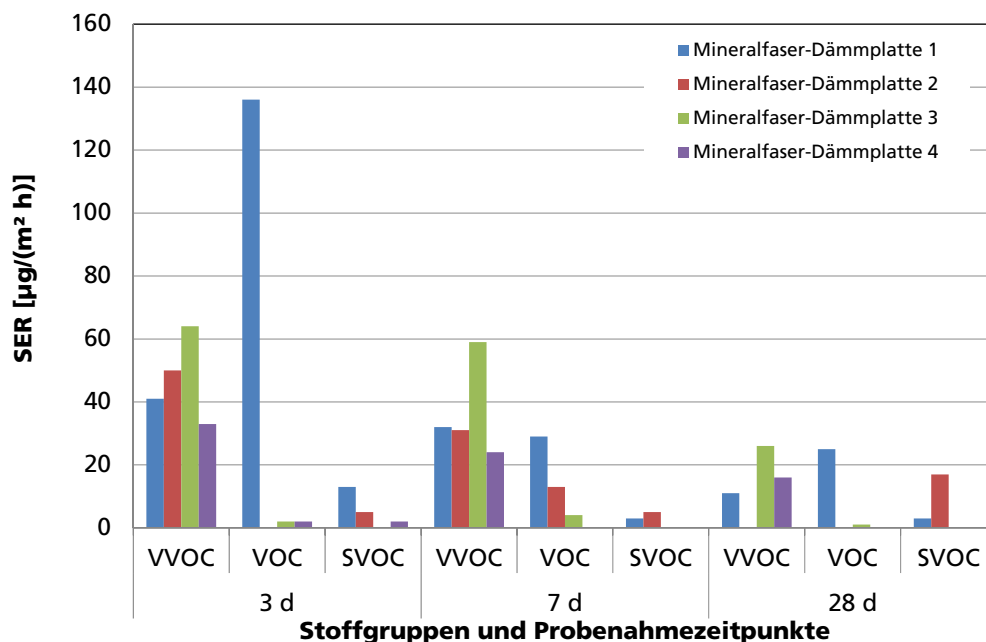
Dämmstoffe aus Polystyrol zeigen insgesamt nur geringe Emissionen (Bild 5). Zu Beginn der Prüfkammeruntersuchung sind häufig noch n-Pentan, Iso- und Cyclopentan, die in der Herstellung als Treibmittel eingesetzt werden, festzustellen. Beide Stoffe fallen jedoch in die Gruppe der leichtflüchtigen organischen Verbindungen (VVOC) und werden im Rahmen des AgBB-Schemas nicht bewertet. Im VOC-Bereich sind Styrol, Ethylbenzol, Acetophenon und ein nicht näher zu identifizierendes C10-Cycloalkan-Isomeres zu finden.



VOC-Emissionen aus Dämmstoffen - Vergleich von herkömmlichen mit nachwachsenden Produkten (Dipl.-Chem. Christian Scherer)

**Bild 5:** Flächenspezifische Emissionsraten von Polystyrol-Dämmstoffen. Die flächenspezifischen Emissionsraten der Einzelkomponenten sind zu den entsprechenden Stoffgruppen (VVOC, VOC, SVOC) zusammengefasst.

Die geprüften Dämmstoffe aus Mineralfasern (Bild 6) erwiesen sich als emissionsarm. Die Hauptkomponente der VVOC-Emissionen war Formaldehyd. Die in der Prüfkammerluft bestimmten Konzentrationen lagen an Tag 28 durchwegs deutlich unter dem Grenzwert von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,1 ppm). Die SVOC-Emissionen bestanden größtenteils aus nicht näher identifizierbaren Siloxanen.

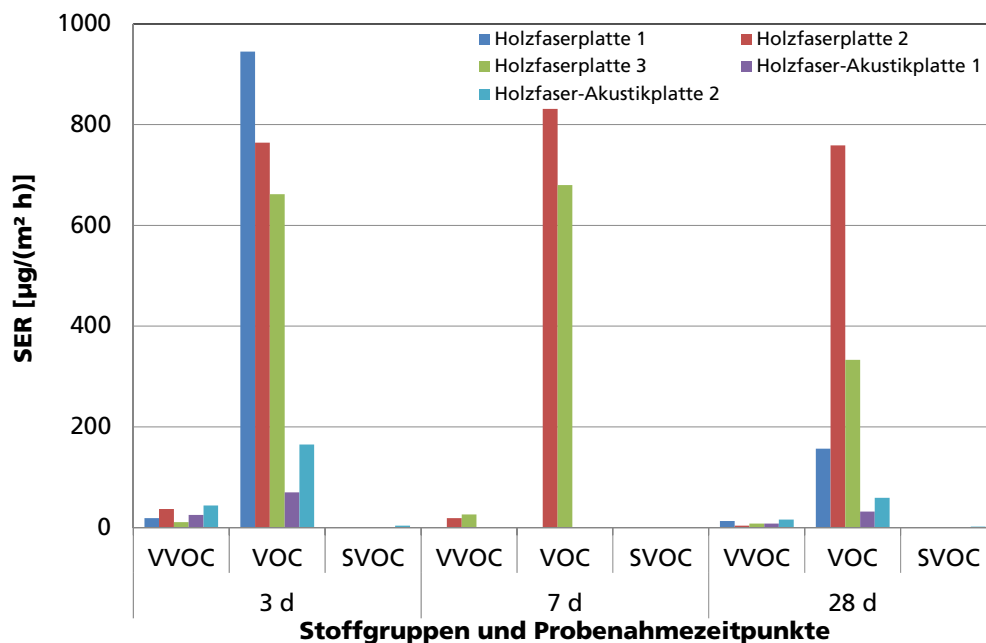


**Bild 6:** Flächenspezifische Emissionsraten von Mineralfaser-Dämmstoffen. Die flächenspezifischen Emissionsraten der Einzelkomponenten sind zu den entsprechenden Stoffgruppen (VVOC, VOC, SVOC) zusammengefasst.

### 8.3.2 Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen

Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen weisen eine größere stoffliche Bandbreite als konventionell gefertigte Dämmstoffe auf. Neben den Holzfaserplatten werden Dämmplatten aus Hanf-, Flachs- und Zellulosefasern, Zellulose-Einblasdämmungen und Dämmungen aus Roggengranulat eingesetzt. Eine Dämmmatte aus Schafwolle war das einzige Produkt tierischen Ursprungs. Holzbasierte Dämmmaterialien (Bild 7) wiesen deutliche Essigsäure-Emissionen auf. Formaldehyd konnte nicht nachgewiesen werden, im Gegensatz zu Acetaldehyd, der aus allen holzbasierten Dämmstoffen emittiert wurde. Furfural wurde aus den holzbasierten Dämmplatten ebenfalls freigesetzt. Die untersuchten Holzfaser-Akustikplatten zeichneten sich durch eine sehr geringe Emissionsneigung aus.

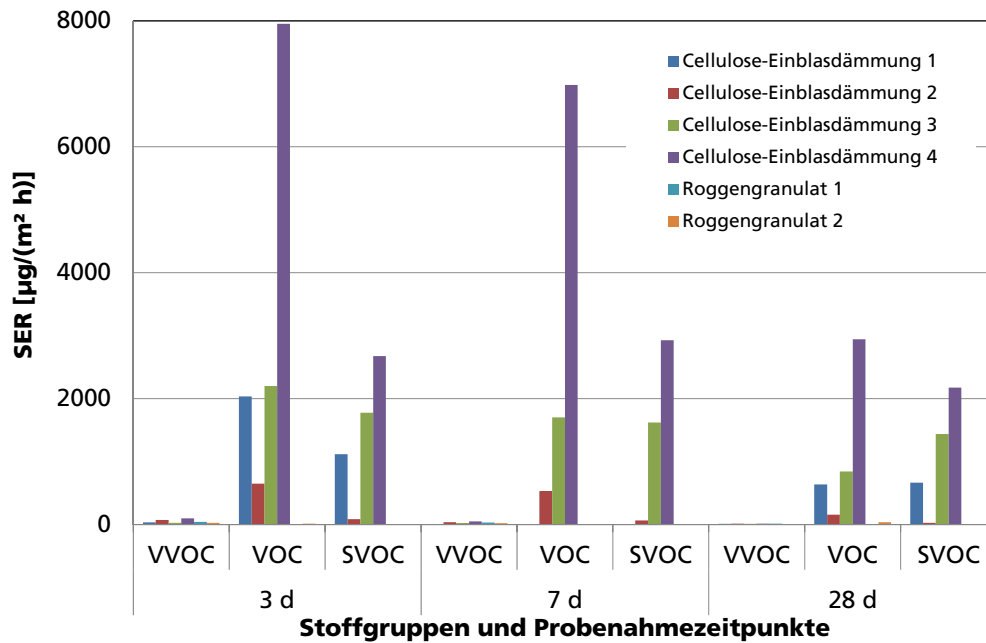
VOC-Emissionen aus Dämmstoffen - Vergleich von herkömmlichen mit nachwachsenden Produkten (Dipl.-Chem. Christian Scherer)



**Bild 7: Flächenspezifische Emissionsraten von Holzfaserplatten. Die flächenspezifischen Emissionsraten der Einzelkomponenten sind zu den entsprechenden Stoffgruppen (VVOC, VOC, SVOC) zusammengefasst. Bei der Holzfaserplatte 1 und den beiden Holzfaser-Akustikplatten wurden an Tag 7 keine Proben gezogen.**

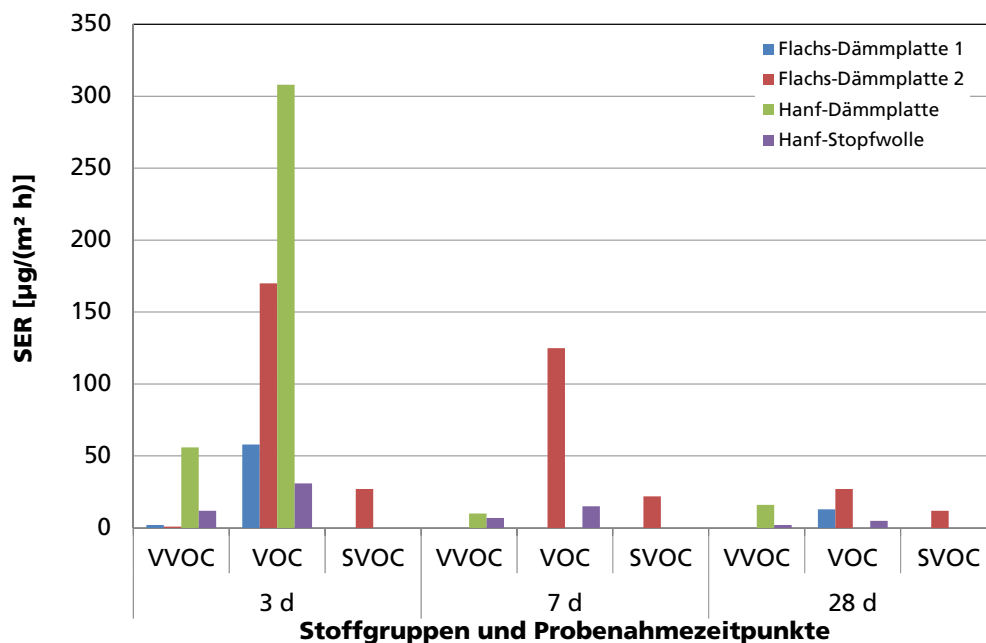
Bei den Einblasdämmungen aus Zellulosefasern dominieren Cluster (Bereich im Chromatogramm mit einer Vielzahl von z. T. überlagerten Signalen) aus nicht näher identifizierbaren Verbindungen das Emissionsbild. Diese Cluster beginnen im späten VOC-Bereich und reichen bis in den SVOC-Bereich hinein. Bei der Cellulose-Einblasdämmung 4 (Bild 8) dominieren sie sowohl die VOC- als auch die SVOC-Emissionen. Ausschlaggebend für das Ausmaß dieser Clusterbildung scheinen die Ausgangsstoffe für die Herstellung der Zellulosefaser zu sein. Wird für die Herstellung der Flocken rein weißes Papier verwendet, so ist der Cluster wesentlich schwächer ausgeprägt als beim Einsatz von Pappmaché oder bedrucktem Altpapier. Es kann daher angenommen werden, dass Reste von Druckfarben wesentlich zu der Gesamtemission der Zellulosefasern beitragen. Bei der Bewertung gemäß AgBB-Schema fallen die Cluster mit nicht identifizierbaren Stoffen in die Rubrik »nicht bewertbare Stoffe«. Für die Summe dieser Stoffe gilt im AgBB-Schema eine Konzentrationsobergrenze von 0,1 mg/m<sup>3</sup>. Beide Schüttdämmungen aus Roggengranulat zeigten in erster Linie Acetaldehyd-Emissionen.





**Bild 8:** Flächenspezifische Emissionsraten von losen Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen. Die flächenspezifischen Emissionsraten der Einzelkomponenten sind zu den entsprechenden Stoffgruppen (VVOC, VOC, SVOC) zusammengefasst.

Dämmstoffe aus Faserpflanzen (Bild 9) zeigen im VOC-Bereich in erster Linie Essigsäure-Emissionen. Den größten Anteil an den VOC-Emissionen der Hanfdämmplatte hat Hydroxyaceton.



**Bild 9:** Flächenspezifische Emissionsraten von geformten Dämmstoffen aus Hanf- und Flachsfasern. Die flächenspezifischen Emissionsraten der Einzelkomponenten sind zu den entsprechenden Stoffgruppen (VVOC, VOC, SVOC) zusammengefasst.

## 8.4 Fazit

Die Emissionsuntersuchungen an konventionelle Dämmstoffen und Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen zeigen, dass konventionelle Dämmstoffe inzwischen weitgehend emissionsoptimiert sind. Dämmstoffe aus Mineralfasern zeigen in erster Linie VVOC-Emissionen in Form von Formaldehyd, die aber das 0,1 ppm-Kriterium erfüllen. Polystyrol-basierte Dämmstoffe weisen Emissionen im VVOC-Bereich auf, die vom eingesetzten Treibmittel Pentan stammen. Außerdem können Styrol, Ethylbenzol und Acetophenon gefunden werden.

Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen sind von ihrer Zusammensetzung her variabler, d. h. Wachstums-, Ernte- und Trocknungsbedingungen können das Ausmaß und die Zusammensetzung der Emissionen deutlich beeinflussen. Bei Dämmstoffen aus recycelter Zellulose hat die Zusammensetzung des verwendeten Ausgangsmaterials einen deutlichen Einfluss auf das Ausmaß der VOC-Emissionen. Die Streubreite der flächenspezifischen Emissionsraten ist bei den Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen höher.

Es ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass das Modellraumszenario in der vorliegenden Untersuchung von frei emittierenden Oberflächen ausging. Im Anwendungsfall werden die Dämmstoffe verdeckt eingebaut, d. h. es existieren – mit Ausnahme von Akustikelementen – nur selten Dämmstoffoberflächen, die in unmittelbarem Kontakt mit der Innenraumluft stehen. Aus den hier dargestellten Werten kann somit nicht auf eine VOC-Belastung der Raumluft extrapoliert werden

---

VOC-Emissionen aus  
Dämmstoffen - Vergleich von  
herkömmlichen mit  
nachwachsenden Produkten  
(Dipl.-Chem. Christian Scherer)

---