

## **Zusammenfassung des Forschungsvorhabens**

### **„Untersuchungen zum Emissionspotenzial von Innenputzen mit organischen Bindemitteln nach DIN EN 15824“**

Aktuell wird eine Bewertung der Emissionen an flüchtigen organischen Stoffen (VOC) bei Boden- und Sportbodenbelägen, Verlegeunterlagen, Parkettklebern und –lacken, Bodenbeschichtungen, sowie zukünftig auch bei dekorativen Wandbekleidungen durchgeführt. Weitere Produkte für die Anwendung in Aufenthaltsräumen, die großflächig eingebaut werden, sind Wandbeschichtungen, insbesondere Anstrichfarben sowie Innenputze nach DIN EN 15824. Aufgrund ihrer geringen Schichtdicke und ihres chemischen Aufbaus wird bei Anstrichfarben angenommen, dass ihre VOC-Emissionen schnell abklingen. Im Vergleich dazu weisen Innenputze nach DIN EN 15824 prinzipiell ein höheres Flächengewicht und damit ein größeres Reservoir an emittierbaren Stoffen auf. Daher steht die Frage im Raum, inwieweit eine Freisetzung von flüchtigen organischen Stoffen aus Innenputzen in die Innenraumluft für die Luftqualität in diesen Räumen relevant ist.

Eine vorangegangene Recherche lieferte nur unzureichende Daten über die Emissionseigenschaften organisch gebundener Putze nach DIN EN 15824, da die wenigen zu diesem Zeitpunkt vorliegenden experimentellen Resultate aus Emissionsprüfkammeruntersuchungen nicht für eine allgemeine Einschätzung der Innenputze unter innenraumhygienischen Gesichtspunkten ausreichen und nur für wenige Produkte Daten zu deren Inhaltstoffen vorlagen. Die zugänglichen Untersuchungsergebnisse aus den vergangenen Jahren zeigen zudem ein sehr uneinheitliches Bild bezüglich der VOC-Emissionen aus diesen Produkten.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Untersuchungen zum Emissionspotenzial von Innenputzen mit organischen Bindemitteln nach DIN EN 15824“ waren daher die Emissionseigenschaften einer Auswahl an Innenputzen sowohl mittels Thermoextraktion als auch mittels Emissionsprüfkammer zu überprüfen. Insbesondere war zu untersuchen, ob a) diese Produkte ein signifikantes Emissionspotenzial aufweisen und ob b) Produktgruppen mit vergleichbaren Emissionseigenschaften gebildet werden können. Die gefundenen Stoffkonzentrationen wurden gemäß dem AgBB-Schema qualitativ und quantitativ ausgewertet. Von besonderem Interesse waren hierbei sowohl die Art der emittierten Stoffe als auch deren Konzentrationsverlauf über die Zeit. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens sollen dem DIBt als fundierte Argumentations- und Diskussionsgrundlage dienen, um die Relevanz von Putzen für die VOC-Belastung in Innenräumen einzuschätzen.

#### **Produktauswahl**

Für die Untersuchung des Emissionspotenzials von Innenputzen nach DIN EN 15824 wurden insgesamt 19 Produkte von 12 Herstellern herangezogen, die für den Einsatz in Innenräumen (14 Putze) oder im Innen- und Außenbereich (5 Putze, davon 2 Dispersions-, 2 Silikonharzputze und ein Silikatputz) ausgelobt waren. In die Auswahl wurden nur Innenputze einbezogen, die in Deutschland regulär von Handwerkern eingesetzt werden, über den Baustoffhandel bzw. über Bau- und Heimwerkermärkte vertrieben werden und im süddeutschen Raum regulär erhältlich sind. Bei den Putzen mit einer Körnung von 2 mm war dabei die Zahl der am Markt erhältlichen Putze am größten.

Die Auswahl der zu untersuchenden Produkte erfolgte in mehreren Stufen:

- Produkte für die Voruntersuchung mittels Thermoextraktion (TE):  
Basierend auf den Ergebnissen der vorangegangenen Marktrecherche wurden 12 Dispersionsputze, 4 Silikatputze und 2 Silikonharzputze ausgewählt und mittels TE als Schnelltest (60 °C; trockene Luft; 2 h) auf VOC-Emissionen untersucht. Bei allen 18 Putzen wurde das Produkt mit der 2 mm Körnung gewählt.
- Produkte für die Prüfkammeruntersuchung (EPK):  
Aufgrund der Ergebnisse der TE-Untersuchungen wurden in einem mehrstufigen, iterativen Prozess aus den 18 Putzen zunächst 6 Putze (4 Dispersionsputze, 1 Silikatputz, 1 Silikonharzputz) mit 2 mm Körnung ausgewählt und einer EPK-Untersuchung in 200 L-Prüfkammern nach DIN EN ISO 16000-9 sowie der Auswertung nach dem AgBB-Schema (Stand 2012) unterzogen. Die Auswahlkriterien folgen weiter unten im Text.
- Auswahl des Putzes mit abweichender Körnung für die EPK-Untersuchung:  
Aufgrund der hohen Emissionen des untersuchten Silikonharzputzes wurde dieses Produkt mit einer Körnung von 3 mm nachbestellt und nachträglich ebenfalls einer EPK-Untersuchung unterzogen. Insgesamt wurden somit 7 Putze in einer EPK untersucht.
- Nachträgliche Untersuchung auf Formaldehydemissionen mittels TE:  
Bei den EPK-Untersuchungen stellte sich heraus, dass bei 4 von 7 Putzen die Kriterien-grenze von Formaldehyd an Tag 28 überschritten ist. Daraufhin wurden alle 19 Innenputze einer 3-tägigen TE-Untersuchung bei 23 °C und 45 bis 50 % r. F. unterzogen. Die Bestimmung der Formaldehyd-Emissionsrate erfolgte mittels 12-stündiger Probenahme auf DNPH-Kartuschen.

Die Putze für die Prüfung nach DIN EN ISO 16000-9 wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Pro Putztyp (Dispersion, Silikonharz, Silikat) wurde mindestens ein Putz untersucht. Es wurden 4 Dispersionsputze, 1 Silikonharzputz sowie ein wasserglasgebundener Putz in der EPK untersucht.
- Hinsichtlich ihrer Emissionseigenschaften decken die Putze ein Worst-Case-Szenario ab (4 Putze), liegen emissionsmäßig im Mittelfeld (1 Putz) oder weisen geringe Emissionen auf (1 Putz).
- Die Putze decken möglichst viele der emittierten Stoffe ab, die in der TE-Untersuchung nachgewiesen werden konnten.

Durch weitere Kriterien erfolgte eine Eingrenzung auf 6 Innenputze für die EPK:

- Die Putze, die in der Thermoextraktionsuntersuchung Stoffe mit niedriger oder sehr niedriger NIK emittierten, wurden bevorzugt ausgewählt.
- Die Putze, die in der Thermoextraktionsuntersuchung bei Stoffen mit niedriger NIK eine Emissionszunahme über die Zeit zeigten, wurden bevorzugt ausgewählt.
- Putze, bei denen die Chromatogramme aus den TE-Untersuchungen breite, meist durch polare Stoffe verursachte Cluster zeigten, wurden bevorzugt ausgewählt. Bei diesen Stoffen liegt erfahrungsgemäß eine schwache Korrelation zwischen Thermoextraktion

(60 °C und kurze Zeit) und den Ergebnissen der Prüfkammeruntersuchung an Tag 28 vor.

- Ein Putz, der niedrige VOC-Emissionen aufwies, welche zugleich auf eine möglichst große Anzahl von Stoffen verteilt waren, diente als Vertreter emissionsarmer Putze.
- Bei den wasserglasgebundenen Putzen wurde der mit den höchsten Emissionen in der Thermoextraktion ausgewählt.

Die Anzahl der untersuchten Putze sowie der verschiedenen Untersuchungen sind in Tabelle 1 zusammenfassend aufgeführt:

Tabelle 1: An den unterschiedlichen Putzen durchgeführte Untersuchungen.

	Gesamt- anzahl	TE (VOC)	EPK (AgBB)	TE (Formaldehyd)
Dispersionsputze, 2 mm Körnung	12	12	4	12
Silikatputze, 2 mm Körnung	4	4	1	4
Silikonharzputze, 2 mm Körnung	2	2	1	2
Silikonharzputze, 3 mm Körnung	1	0	1	1
Summe	19	18	7	19

### Ergebnisse der Prüfkammeruntersuchungen

In den Emissionsprüfkammern wurden 4 Dispersionsputze, 1 Silikatputz und 2 Silikonharzputze untersucht, wobei sich die beiden Silikonharzputze nur in der Körnung unterschieden (2 bzw. 3 mm). Die Ergebnisse der AgBB-Auswertung sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Ergebnisse der Prüfkammeruntersuchungen von 7 Innenputzen an Tag 28.

Putztyp und Körnung	entscheidendes Auswahlkriterium	Form- aldehyd	R- Wert	TVOC	Summe SVOC	Summe VOC <sub>o, NIK</sub>
Dispersionsputz, 2 mm	Positivbeispiel (TE)	-	+	+	+	+
Dispersionsputz, 2 mm	MIT steigt in TE an <sup>*)</sup>	+	-	+	+	+
Dispersionsputz, 2 mm	Worst-Case (TE)	+	+	+	+	+
Dispersionsputz, 2 mm	CIT nachgewiesen (TE)	-	-	+	+	+
Silikatputz, 2 mm	Worst-Case (TE)	+	+	+	+	-
Silikonharzputz, 2 mm	viele Substanzen (TE)	-	+	+	+	-
Silikonharzputz, 3 mm	Worst-Case (EPK)	-	-	-	+	-
Anzahl die die Kriteriengrenze einhalten:	der Putze,	3	4	6	7	4

<sup>\*)</sup> zugleich Beispiel für Innenputz mit Intensität der Gesamt-VOC-Emissionen im Mittelfeld (TE)

+ Kriterium erfüllt

- Kriteriengrenze überschritten

Die Vorgaben des AgBB-Schemas für die Emissionseigenschaften an Tag 3 des Prüfkammerexperiments (TVOC ≤ 10 mg/m<sup>3</sup>, ∑VOC<sub>CanC</sub> ≤ 0,01 mg/m<sup>3</sup>) werden von allen 7 Putzen eingehalten, die einer Prüfkammeruntersuchung unterzogen wurden. Bei keinem der untersuchten Putze konnten kanzerogene Stoffe in der Prüfkammerabluft nachgewiesen werden. Der Summenwert für die mittelflüchtigen organischen Stoffe (SVOC) von 0,1 mg/m<sup>3</sup> an Tag 28 der Prüfkammeruntersuchung wird von allen 7 Produkten eingehalten.

Von den 7 in der Prüfkammer getesteten Innenputzen erfüllt aber nur ein Putz alle Anforderungen nach AgBB nach 28 Tagen. 3 von 7 Produkten halten das Kriterium für den R-Wert ( $\leq 1$ ) nicht ein. Von den Stoffen mit NIK-Wert (NIK = niedrigste interessierende Konzentration) führt die Überschreitung der NIK bei Ethylenglykol und CIT (5-Chlor-2-methyl-4-isothiazolin-3-on) je einmal zu einer deutlichen Überschreitung des R-Wertes. Der Putz, der wegen einer hohen Ethylenglykol-Emissionen die Kriteriengrenze überschreitet, weist zugleich auch MIT-Emissionen (MIT = 2-Methyl-4-isothiazolin-3-on) auf, welche bereits allein zu einer deutlichen Überschreitung des R-Wertes führen würden. Bei einem weiteren Putz führt das MIT zu einer knappen Überschreitung des zulässigen R-Wertes.

Die Kriteriengrenze für den TVOC ( $\leq 1,0 \text{ mg/m}^3$ ) an Tag 28 wird von 6 von 7 Putzen eingehalten. Bei 3 von 7 Putzen überschreitet die Summenkonzentration der nicht identifizierbaren Stoffe die Kriteriengrenze von  $0,1 \text{ mg/m}^3$ . Insbesondere nicht identifizierbare Siloxane, bzw. Siloxane, für die bislang keine NIK abgeleitet ist, führen zur Überschreitung des Parameters  $\sum \text{VOC}_{\text{ohne NIK}}$  an Tag 28 ( $\sum \text{VOC}_{\text{ohne NIK}}$  = Summenwert für die Stoffe ohne NIK).

Ein weiterer Grund für die Nichteinhaltung von Kriteriengrenzen waren Formaldehyd-Konzentrationen an Tag 28, die die maximal zulässige Kammerkonzentration deutlich überschritten. Die Kammerkonzentration an Formaldehyd lag bei 4 von 7 Putzen über  $120 \mu\text{g/m}^3$ . Wegen der Relevanz der Formaldehyd-Emissionen wurde daraufhin an allen 19 Putzen nachträglich eine vergleichende TE-Untersuchung mit befeuchteter Luft bei  $23 \text{ }^\circ\text{C}$  durchgeführt, um die Formaldehyd-Emissionen der restlichen 12 Putze abschätzen zu können.

Von den 4 in der Prüfkammer untersuchten Dispersionsputzen erfüllt nur ein Putz alle Anforderungen des AgBB-Schemas. Das als Beispiel für geringe VOC-Emissionen ausgewählte Produkt hält die Kriteriengrenze für Formaldehyd an Tag 28 nicht ein. Bei zwei Dispersionsputzen wird der R-Wert an Tag 28 wegen zu hoher Konzentrationen an CIT und MIT überschritten. Das Produkt, bei dem an Tag 28 eine zu hohe CIT-Konzentration auftritt, überschreitet an Tag 28 auch die Kriteriengrenze für Formaldehyd.

Die in der EPK untersuchten Silikonharzputze, die beide unter derselben Produktbezeichnung vertrieben werden und sich nur in der Körnung unterscheiden, zeigen signifikante Unterschiede im Emissionsverhalten. Die Variante mit der 3 mm Körnung erfüllt 4 Kriterien des AgBB-Schemas nicht, die Variante mit 2 mm Körnung überschreitet nur 2 Kriteriengrenzen. Der Summenwert für die nicht bewertbaren Stoffe wird von beiden untersuchten Silikonharzputzen überschritten, ebenso wie die zulässige Formaldehyd-Kammerkonzentration. Der Silikonharzputz mit 3 mm Körnung erfüllt zusätzlich die Vorgabe des AgBB-Schemas hinsichtlich des TVOC sowie des R-Wertes nicht.

Der im Prüfkammerexperiment untersuchte Silikatputz hält die Vorgaben für den TVOC- und den R-Wert ein, ebenso wie die Kriteriengrenze für die Formaldehydemission. Der Summenwert für die nicht bewertbaren Stoffe wird jedoch überschritten.

## **Gegenüberstellung der Ergebnisse der Thermoextraktions- und Emissionsprüfkammeruntersuchungen**

Aus dem Vergleich der Thermoextraktionsuntersuchungen (TE) mit den Emissionsprüfkammeruntersuchungen (EPK) lässt sich abschätzen, dass von den 12 nur mittels TE gemessenen Putzen (3 x Silikat, 8 x Dispersion, 1 x Silikonharz) alle 3 Silikatputze sowie 3 Dispersionsputze mit sehr hoher bzw. hoher Wahrscheinlichkeit im Rahmen einer Emissionsprüfkammeruntersuchung alle Anforderungen nach AgBB erfüllen würden.

Bei weiteren 3 Dispersionsputzen liegt die flächenspezifische Emissionsrate von MIT in einem Bereich, bei dem eine Konzentration in der Emissionsprüfkammer in der Nähe der NIK erwartet wird. Zwei dieser Putze weisen zudem eine flächenspezifische Formaldehyd-Emissionsrate auf, bei der in einer Emissionsprüfkammeruntersuchung mit einer Konzentration in der Nähe der Kriteriengrenze gerechnet werden kann.

Nur bei einem Dispersionsputz sowie einem Silikonharzputz treten flächenspezifische Emissionsraten von Stoffen ohne NIK auf, die mit sehr hoher bzw. hoher Wahrscheinlichkeit dazu führen, dass bei einer Emissionsprüfkammeruntersuchung die AgBB-Anforderung für Stoffe ohne NIK für den Tag 28 nicht erfüllt wird.

Ein Dispersionsputz weist eine flächenspezifische MIT-Emissionsrate auf, die mit hoher Wahrscheinlichkeit in einer Emissionsprüfkammeruntersuchung zu einer Überschreitung des R-Wertes führen wird.

Bei den nur mittels Thermoextraktion untersuchten reinen Silikatputzen konnten weder signifikante VOC-Emissionen an NIK-Stoffen noch an Stoffen ohne NIK nachgewiesen werden. Die flächenspezifischen Formaldehyd-Emissionsraten lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze von  $7 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ h})$ .

Mittels Thermoextraktionsuntersuchungen als Schnelltest (wenige Stunden bei  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ) können für unpolare und gering polare Stoffe die Größenordnungen der Prüfkammerkonzentrationen an Tag 28 relativ gut abgeschätzt werden. Der für diese Stoffgruppen und die angewendeten Versuchsparameter empirisch ermittelte Korrelationsfaktor zur Berechnung bzw. Abschätzung der Stoffkonzentrationen in der Prüfkammerluft an Tag 28 liegt zwischen 40 und  $200 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ .

Der Korrelationsfaktor für MIT liegt im Bereich zwischen 5 und  $25 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ , der für 1,1'-Oxybis-2-propanol (= Dipropylenglykol-Isomer) zwischen 2 und  $5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ . Diese Stoffe weisen einen polaren Charakter auf, der Korrelationsfaktor muss daher stoffabhängig bestimmt werden. Die im Vergleich zu den unpolaren Stoffen geringeren Korrelationsfaktoren zeigen, dass die polaren Stoffe in der Thermoextraktion gegenüber der Emissionsprüfkammeruntersuchung unterbewertet werden.

Die abgeschätzten Konzentrationen dienen der Orientierung. Die empirischen Daten aus dem vorliegenden Forschungsvorhaben zeigen, dass die berechneten stoffabhängigen Korrelationsfaktoren bei den o. g. Stoffen nicht um mehr als den Faktor 5 schwanken.

Bei einigen sehr polaren Stoffen, insbesondere solchen mit geringer Molekülgröße und/oder mehreren Hydroxylgruppen, ist eine Korrelation von TE-Schnelltest-Ergebnissen und EPK-Untersuchungen nicht oder kaum vorhanden. Die Ursache hierfür ist die potenziell stärkere Wechselwirkung mit der Matrix. Dies führt zu einem Verhalten, das nicht vorrangig stoffspezifisch, sondern auch stark matrix-, temperatur- und feuchteabhängig ist. Über diese Stoffgruppe kann die Thermoextraktion bei 60 °C als Schnelltest daher keine zuverlässige Abschätzung für die Stoffkonzentrationen in der Prüfkammerluft an Tag 28 der Prüfkammeruntersuchungen liefern. Dies trifft insbesondere auf Ethylenglykol oder Essigsäure, aber auch auf Formaldehyd zu.

Im Projektverlauf stellte sich heraus, dass bei mehreren Putzen die Formaldehyd-Konzentration in der Prüfkammer an Tag 28 die Kriteriengrenze von 120 µg/m<sup>3</sup> überschreitet. Daher wurde nachträglich an allen 19 Innenputzen eine Messung der flächenspezifischen Formaldehyd-Emissionsraten durchgeführt. Um für das polare Formaldehyd zu einer Korrelation zwischen Thermoextraktion und Prüfkammer zu gelangen, wurden diese Thermoextraktionen nicht als Schnelltest durchgeführt. Sowohl die Vorkonditionierung als auch die Messung erfolgten in der Mikrokammer bei 23 °C und einer relativen Feuchte zwischen 45 und 50 % über eine Zeit von 64 h.

Mit diesen Versuchsparametern reduziert sich der Korrelationsfaktor zur Berechnung bzw. Abschätzung der 28 d-Prüfkammerkonzentration aus den mittels TE (52 h-Wert) bestimmten flächenspezifischen Emissionsraten auf Werte zwischen 1,9 und 2,8 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> h). Die Resultate der 7 in der Prüfkammer getesteten Innenputze zeigen somit eine gute Korrelation zwischen der 52 h-TE-Messung und der 28 d-EPK-Messung.

Der Vergleich der Formaldehyd-Konzentrationen an Tag 3 (72 h ± 2 h) in der EPK mit den flächenspezifischen Formaldehyd-Emissionsraten nach 52 h (Startzeitpunkt der Probenahme) in der Mikrokammer ergibt einen Korrelationsfaktor von 0,51 ± 0,05 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> h). Dieser Wert deckt sich innerhalb der Fehlergrenzen mit der flächenspezifischen Lüftungsrate bei der Messung in der EPK [0,48 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> h)]. Das Resultat zeigt, dass bei gleichen Versuchsparametern (Feuchte, Temperatur und Zeit) sehr ähnliche Werte für die flächenspezifischen Emissionsraten erhalten werden. Unter diesen Bedingungen stellt die Thermoextraktion jedoch kein Schnelltestverfahren im eigentlichen Sinn mehr dar.

Die Thermoextraktionsuntersuchungen ergeben, dass die 3 nur mittels TE getesteten, wasser-glasgebundenen Silikatputze mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit alle Anforderungen nach AgBB erfüllen. Organische Bindemittelzusätze wie Silikonharz oder Kunstharzdispersionen können jedoch auch bei Silikatputzen zu einem abweichenden Emissionsverhalten führen.

Bei 3 Dispersionsputzen, die nur mittels TE untersucht wurden, sind in der Prüfkammeruntersuchung an Tag 28 VOC-Konzentrationen zu erwarten, die vereinzelt in der Nähe der NIK oder der Kriteriengrenzen für die Summenparameter liegen. Es kann aber trotzdem davon ausgegangen werden, dass sie alle Anforderungen nach AgBB erfüllen.

Bei den 12 nur mittels TE untersuchten Putzen treten nur bei 2 Putzen sehr hohe flächenspezifische Emissionsraten von nicht identifizierten Stoffen auf. Ein Dispersionsputz weist einen ausgedehnten Alkan-Cluster auf, der in einer Prüfkammeruntersuchung mit sehr großer Wahrscheinlichkeit zu einer Überschreitung der AgBB-Kriteriengrenze aufgrund eines zu hohen Summenwertes für die Stoffe ohne NIK ( $\sum \text{VOC}_{\text{ohne NIK}}$ ) führen würde. Bei diesem Putz, ebenso wie bei einem Silikonharzputz, sind zudem die Emissionsraten zweier Glykoletherderivate auffällig. Beim Silikonharzputz führt vermutlich bereits die Emission der Glykoletherderivate zu einer Überschreitung der zulässigen  $\sum \text{VOC}_{\text{ohne NIK}}$ .

Es ist davon auszugehen, dass 3 bis 6 Vertreter von den 12 nur mittels TE untersuchten Putzen die Anforderungen des AgBB-Schemas nicht erfüllen. In der Emissionsprüfkammer hielten 5 von 6 Putzen (Körnung 2 mm) die AgBB-Kriterien nicht ein, da die Produktauswahl überwiegend nach dem Worst-Case-Ansatz erfolgte.

Bei den Untersuchungen liegen nur bei wenigen Stoffen, die in der NIK-Liste 2012 enthalten sind, die flächenspezifischen Emissionsraten in einem auffälligen Bereich. Bei jeweils einem Putz liegen die Emissionsraten von Ethylenglykol sowie 1,1'-Oxybis-2-propanol in einem Bereich, bei dem nicht ausgeschlossen werden kann, dass die NIK an Tag 28 einer Prüfkammeruntersuchung überschritten wird. Lediglich bei einem Putz ist die MIT-Emissionsrate so hoch, dass eine Überschreitung der NIK in der EPK sehr wahrscheinlich scheint. Bei 3 weiteren Dispersionsputzen muss in Prüfkammeruntersuchungen mit Konzentrationen in der Nähe der NIK gerechnet werden.

CIT wurde in keinem der 12 nur mittels TE untersuchten Putze detektiert. Die flächenspezifischen Emissionsraten anderer in den Putzen nachgewiesener Stoffe mit kleiner NIK waren so gering, dass die Konzentrationen in einer Prüfkammermessung mit sehr großer Wahrscheinlichkeit die NIK nicht überschreiten. Dies trifft auf 2-Ethylhexanol, Dodecanol, butyliertes Hydroxytoluol (BHT), 2-Ethylhexylacetat und -acrylat, 2-[2-Ethoxyethoxy]ethanol sowie Methenamin zu.

## **Fazit**

In diesem Forschungsvorhaben wurden insgesamt 19 Putze, die für den Innenraum ausgelobt sind, auf ihre Emissionseigenschaften untersucht. Der Schwerpunkt der Prüfkammeruntersuchungen lag bei den Produkten mit hohen Emissionen (Worst-Case-Szenario). Aus einer Teilmenge der untersuchten Putze kann eine Relevanz der Emissionen aus Innenputzen nach DIN EN 15824 für die Innenraumluftqualität abgeleitet werden.

Bei 3 der nach dem Worst-Case-Szenario für die EPK-Untersuchung ausgewählten Putze (2 Silikonharzputze und ein Silikatputz) führte die Emission an Siloxanderivaten dazu, dass die Anforderungen nach AgBB nicht erfüllt sind. Das Auftreten der Siloxanderivate scheint spezifisch für den Hersteller zu sein, es lässt keine Rückschlüsse auf Silikonharz- oder Silikatputze im Allgemeinen zu.

Bei 4 von 7 Putzen liegt die Formaldehyd-Konzentration in der EPK an Tag 28 über der Kriteriengrenze von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Im Gegensatz zu den Siloxan-Emissionen scheinen die erhöhten Formaldehyd-Emissionen nicht herstellerspezifisch, sondern vielmehr ein Charakteristikum von Dispersions- und Silikonharzputzen zu sein.

Die Ergebnisse der Thermoextraktionsuntersuchungen legen nahe, dass die untersuchten Silikonharz- und Dispersionsputze nicht allein aufgrund ihres Emissionsverhaltens nach Putztyp unterschieden werden können. So wurde z. B. MIT von allen Dispersions- und Silikonharzputzen emittiert.

In Bezug auf eine systematische Gliederung der Emissionseigenschaften nach Putztyp lassen sich lediglich die Silikatputze eindeutig von den anderen Putzen abgrenzen. Bei den untersuchten Putzen, die Wasserglas als Bindemittel enthalten, konnten bei der Thermoextraktion keine Emissionen von MIT und CIT nachgewiesen werden. Formaldehydemissionen waren bei 3 Silikatputzen nicht nachweisbar, bei einem Silikatputz lagen sie nur knapp über der Bestimmungsgrenze.

Ein Silikatputz emittierte jedoch verschiedene Siloxane in hohen Konzentrationen, die in der Prüfkammeruntersuchung zur Überschreitung der Kriteriengrenze für Stoffe ohne NIK führt. Alle untersuchten Silikonharzputze emittierten verzweigte Methylsiloxane. Cyclische Methylsiloxane ( $\text{Si}_3 - \text{Si}_6$ ) fanden sich hingegen auch bei einem Dispersionsputz.

Emissionsmuster, die einen Putztyp (Dispersion/Silikonharz/Silikat) charakterisieren könnten, sind nicht deutlich ausgeprägt. Für die Emissionen scheinen auch herstellerspezifische Eigenheiten bei der Formulierung ausschlaggebend zu sein. Bei 3 Herstellern zeigen sich bei verschiedenen Putztypen desselben Herstellers identische Emissionsmuster. Das Emissionsbild setzt sich somit aus typspezifischen, herstellerspezifischen und individuellen Komponenten zusammen.

Die gefundenen Stoffe geben Anlass zu der Vermutung, dass durch Rezepturanpassung eine Verringerung der emittierenden Stoffe möglich ist. Beispiele einiger Innenputze zeigen, dass Innenputze mit organischen Bindemitteln alle AgBB-Kriterien erfüllen können. Dies gilt insbesondere für wasserglasgebundene Putze und zum Teil auch für Dispersionsputze.

In einigen Fällen werden mehrere AgBB-Kriterien gleichzeitig überschritten. Die Kombinationen der Kriterienüberschreitungen sind in Bezug auf den Putztyp nicht einheitlich. Ansätze für Rezepturoptimierungen sind daher individuell für jeden untersuchten Putz zu entwickeln.

Für das häufige Auftreten und die Intensität der Formaldehydemissionen muss deren Ursprung geklärt werden. Zu hohe Emissionen an Formaldehyd waren relativ gesehen die häufigste Ursache für eine Überschreitung der Kriteriengrenzen.

Die Untersuchungen an einem Putz mit zwei unterschiedlichen Körnungen weisen darauf hin, dass die Rezeptur an die Schichtdicke angepasst ist, um von der Körnung unabhängige Verarbeitungseigenschaften zu gewährleisten. Im Wesentlichen emittieren aus beiden Putzen dieselben Stoffe, die Intensität der Emissionen unterscheidet sich im Detail jedoch signifikant. Die Abweichungen im Emissionsverhalten könnten z. B. auf veränderte Anteile an Trocknungsverzögerern, Verlaufsmitteln und/oder Filmbildemitteln zurückzuführen sein. Auch Stoffe, die selbst nicht zur Emission beitragen, können den zeitlichen Verlauf der Emission anderer Stoffe aufgrund von Matrixeffekten verzögern oder auch beschleunigen. Derartige Rezepturveränderungen können für die Bewertung der Emissionen nach AgBB relevant sein.