

VOC-Emissionen von Bodenbelägen, Fenstern und Türen

Dr. Michael Wensing

Fraunhofer WKI

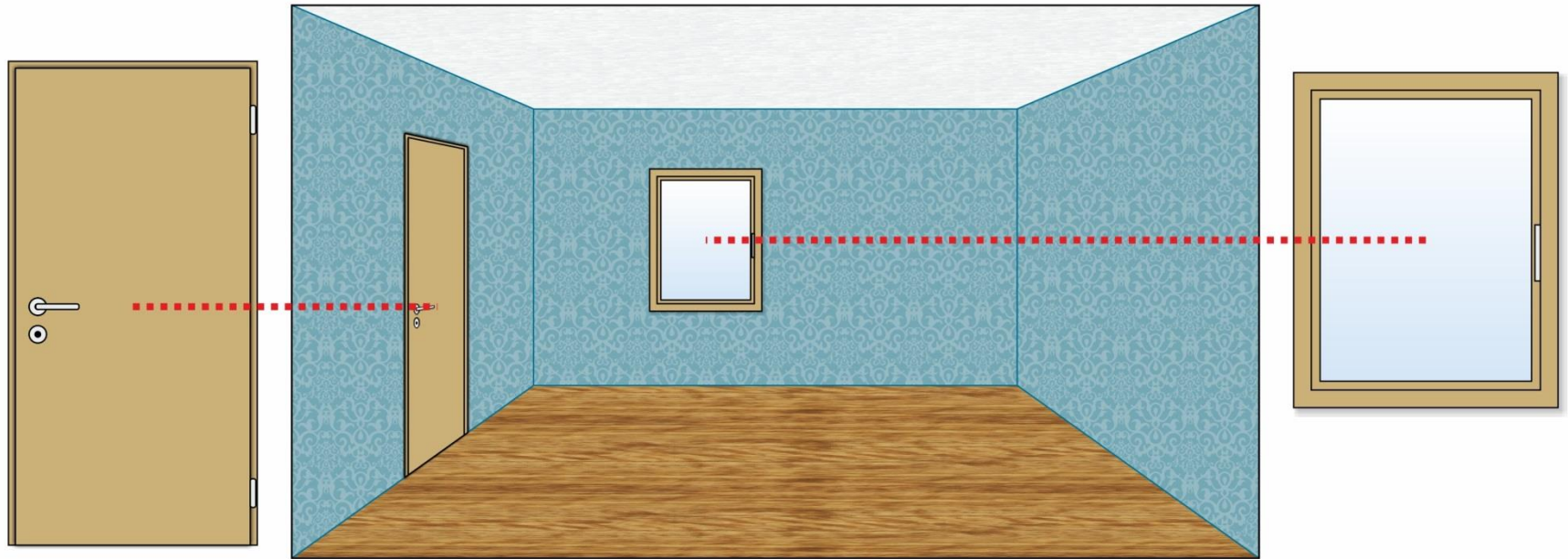
FB Materialanalytik und Innenluftchemie

michael.wensing@wki.fraunhofer.de

Überblick

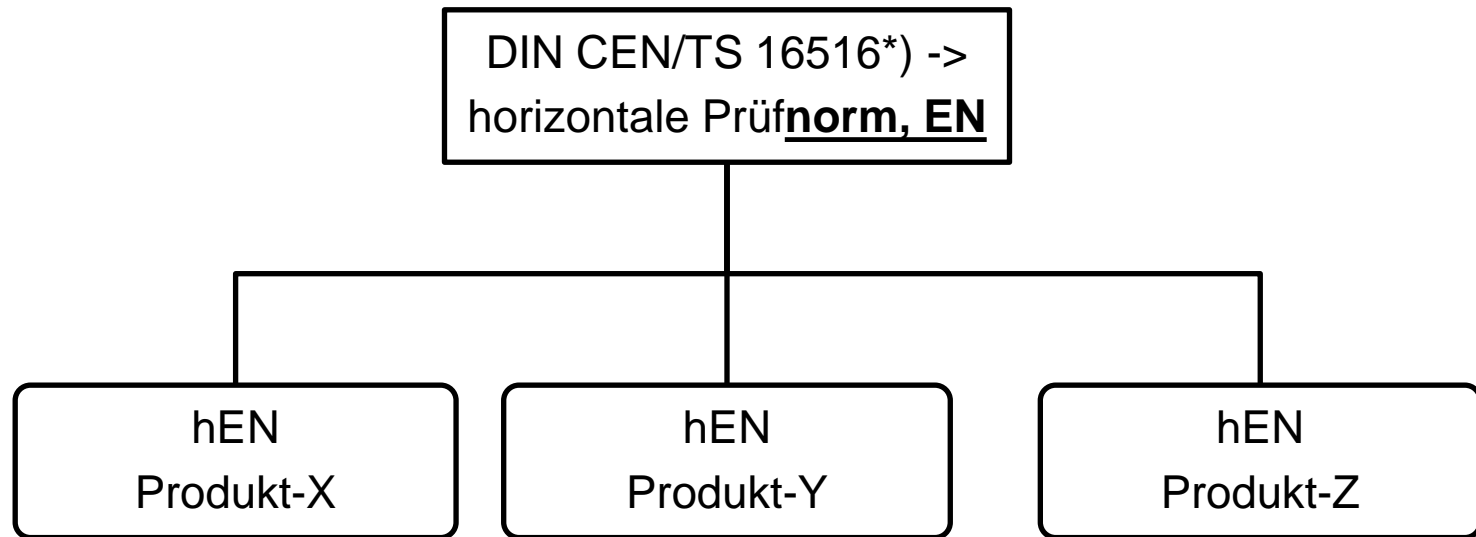
- Einleitung
- Emissionen von Fußbodenbelägen – aktueller Stand
- Emissionen von Innentüren und Holzfenstern
 - Ergebnisse von zwei Forschungsvorhaben
 - Prüfkammeruntersuchungen
 - Bewertung nach nationalen Emissionskriterien (D, F, B)
- Zusammenfassung

CEN/TS 16516 – Referenzraum (normativ)



Volumen:	30 m ³
Grundfläche:	12 m ²
Wandfläche:	31,4 m ²
Fenster:	2 m ² (70 % Glas, 30 % Rahmen)
Türe:	1,6 m ² (ohne Zarge)
Luftwechsel:	0,5 pro Stunde

CE-Kennzeichnung von Bauproduktemissionen



Zukünftige EN: Allgemeine Beschreibung von Prüfanforderungen, die für alle Produkte gelten; Emissionsszenarien; Zeitachse: Veröffentlichung 2016

hEN**): Harmonisierte Produktnormen (produktspezifische Prüfanforderungen; z.B. Probenvorbereitung); „**bestimmungsgemäßer Gebrauch**“

*) Basis: ISO 16000-3,-6,-9,-10,-11

**) Unter Berücksichtigung von DIN CEN TR 16946

Fußbodenbeläge

DIBt Zulassung unter Gesundheitsaspekten nach dem AgBB-Schema

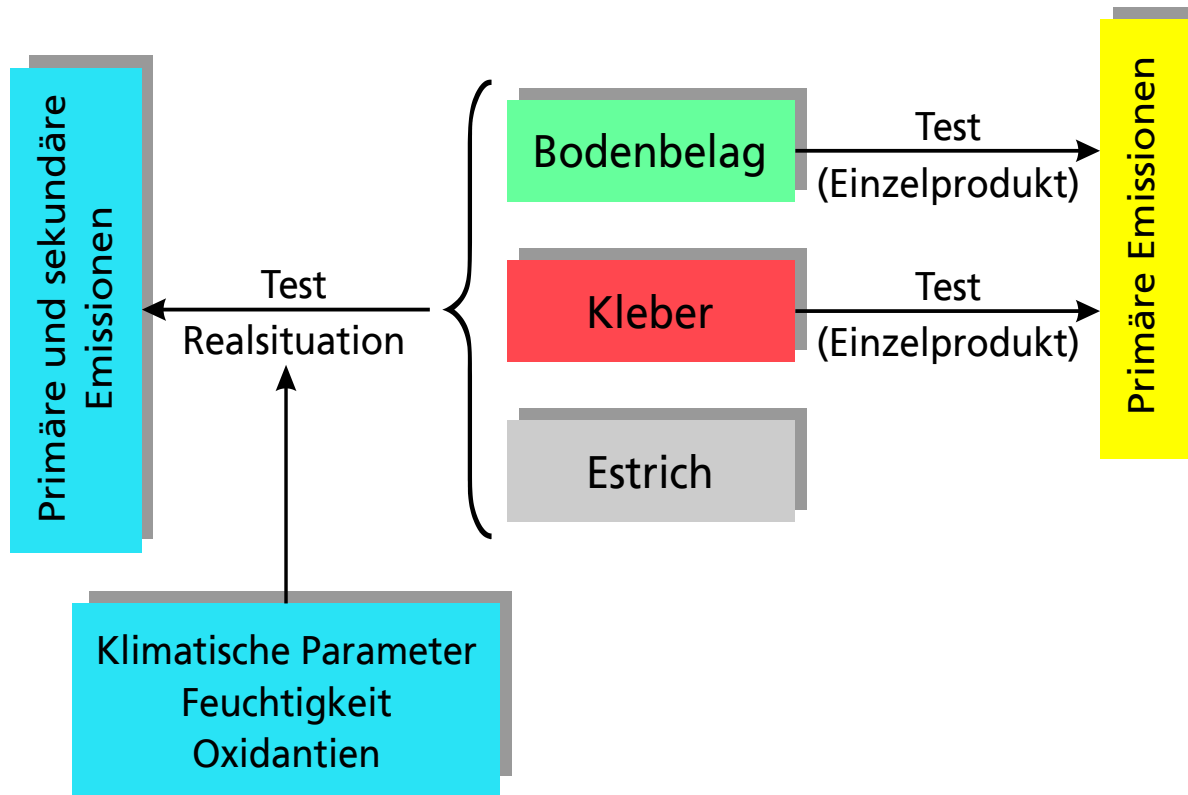
- Textile Bodenbeläge
- Kautschuk-Bodenbeläge
- PVC-Bodenbeläge
- Linoleum-Bodenbeläge
- Fußbodenbeschichtungen
- Laminat Bodenbeläge
 - „Emissionsbewertete Lamine nach DIBt-Grundsätzen“
- Parkett; Parkettbeschichtungen
- Kork-Bodenbeläge
- Polyolefin-Bodenbeläge
- Polyurethan-Bodenbeläge

- Bodenbelagsklebstoffe

Jeweils produktspezifische Probenvorbereitung; Kanten/Rückseite abkleben, Fugenanteil, Vorkonditionierung

Für alle gilt: $q = 1,25 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$; sinnvolle Kammergrößen je nach Produkttyp zwischen 23L und 1 m³

Problematik möglicher Sekundäremissionen



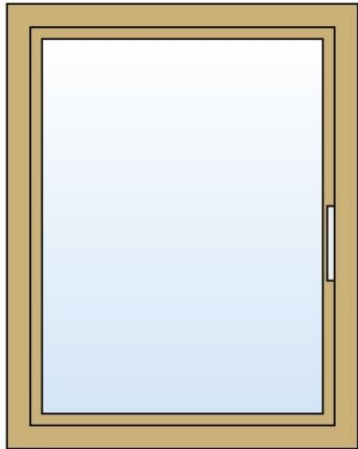
Primäre und sekundäre Emissionen am Beispiel eines Fußbodenaufbaus (Salthammer, 2004)

Zwei AiF Projekte - Emissionen von Innentüren und Holzfenstern

Forschungsstellen:



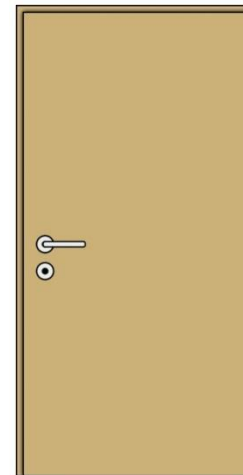
Mittelgeber, Förderstelle:



Projektpartner:



Vorhaben **17318 N**
01.11.2011 - 31.10.2013



Projektpartner:

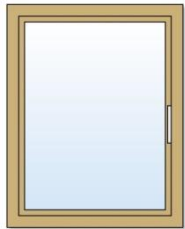


Vorhaben **16210 N**
01.09.2009 - 31.08.2011

AiF Projekte “Innentüren” / “Holzfenster”



- Untersuchung des Emissionsverhaltens von Innentüren/Holzfenstern
- Bewertung der Emissionen nach nationalen Vorschriften
- Erkenntnisse zur Minderung von Emissionen
- Konzepte zur normativen Handhabung von Untersuchungen
- Erkenntnisse zur möglichen Deklaration spezifischer Konstruktionen als „wft/wt“



Produktrecherchen und Untersuchungen zum Fertigungsablauf als weitere Bestandteile des jeweiligen Vorhabens

AiF Projekt “Innentüren”



Gegenstand der Untersuchung

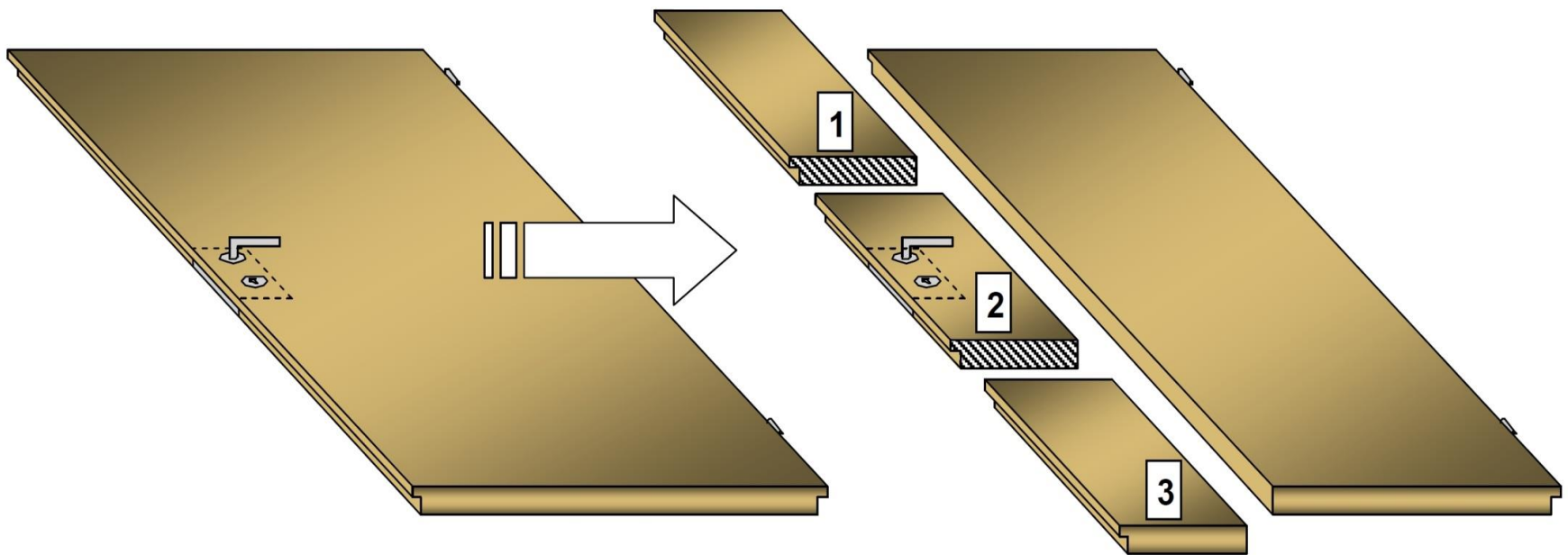
Innentüren nach prEN 14351-2; Beschränkung auf Sperrtüren aus Holz- und Holzwerkstoffen nach DIN 68706-1, DIN 68706-2

Verschiedene Oberflächen

- Fertigoberflächen (Dekorpapiere, Folien, Lamine)
- Direktbeschichtungen (Weiß- und Buntlacke auf Holzwerkstoffoberfläche)
- Furnierte Oberflächen (Verschiedene Lacksystem)

- Kurzzeituntersuchungen zur Produktauswahl (Mikrokammer, 3d Prüfkammer)
- Getrennte Untersuchung von Türblättern und Türzargen (28d; 1 m³ Kammer)
- Untersuchung eines Komplettaufbaus von Türblatt/Zarge (28d; 24 m³ Kammer)
- Bewertung nach nationalen Vorschriften D, F

Untersuchung von Türblättern – Probenzuschnitt für die Prüfkammeruntersuchung (1 m³)



Abschlussbericht AiF-Projekt „Emissionen von Innentüren“ (2011)

Emissionsprüfung von Türblättern und Türzargen in einer 1 m³ Kammer Untersuchung eines Komplettaufbaus (Türblatt/Zarge) in einer 24 m³ Kammer

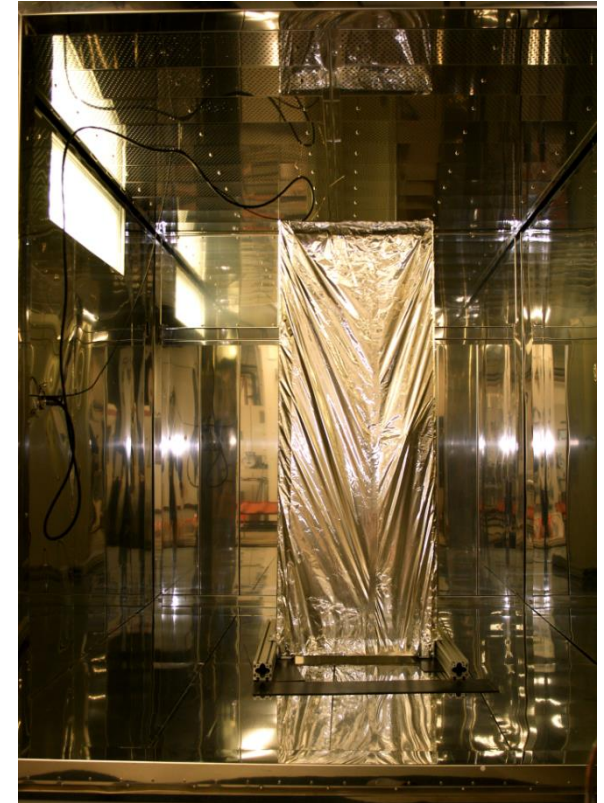


1 m³- Kammer: Neue Schnittkanten jeweils abgeklebt

24 m³-Kammer: Rückseite komplett abgedeckt

Abschlussbericht AiF-Projekt „Emissionen von Innentüren“ (2011)

Emissionsprüfung von Türblättern und Türzargen in einer 1 m³ Kammer Untersuchung eines Komplettaufbaus (Türblatt/Zarge) in einer 24 m³ Kammer

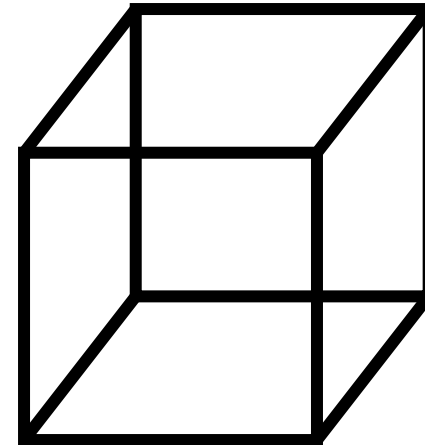
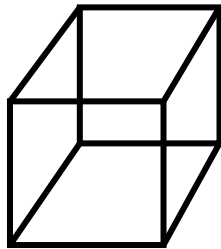


1 m³- Kammer: Neue Schnittkanten jeweils abgeklebt

24 m³-Kammer: Rückseite komplett abgedeckt

Abschlussbericht AiF-Projekt „Emissionen von Innentüren“ (2011)

Berechnung von Raumlufkonzentrationen für den Referenzraum



$$SER = c * ACH / L$$

$$c = SER * L / ACH$$

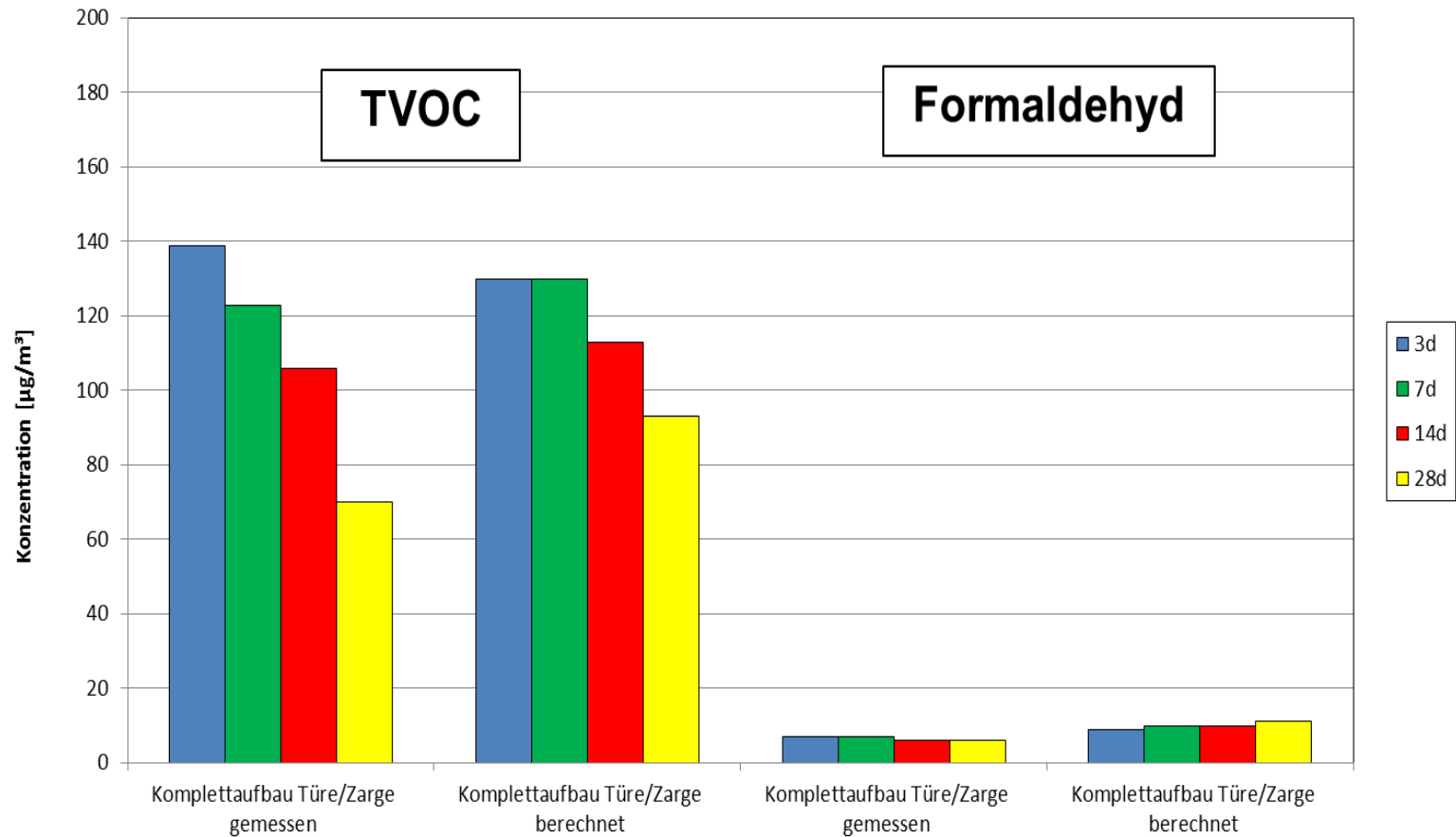
SER: spezifische Emissionsrate [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{h})$]

c: Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

ACH: Luftaustauschrate [$1/\text{h}$]

L: Beladungsfaktor [m^2/m^3]

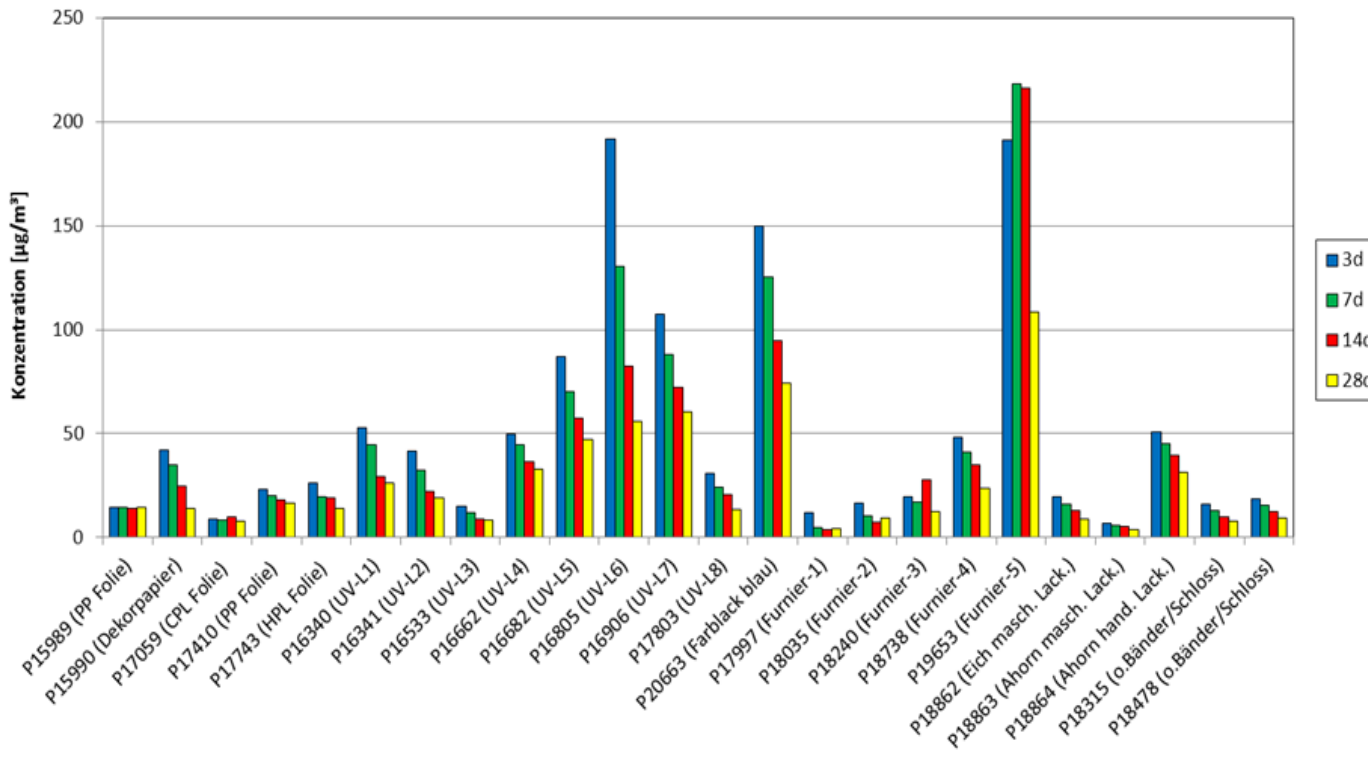
Komplettaufbau mit Direktbeschichtung (Weißlack) 24m³ vs. 1 m³



Abschlussbericht AiF-Projekt „Emissionen von Innentüren“ (2011)

Umrechnung der Ergebnisse (1 m³ Prüfkammer) auf Referenzraum (30 m³)

TVOC, Referenzraum
Übersicht über alle geprüften Türblätter



AgBB, 3 Tage TVOC

10 mg/m³

AgBB, 28 Tage TVOC

1,0 mg/m³

K-Stoffe: n.n.

Ohne NIK: eingehalten*

SVOC: eingehalten*

R: eingehalten*

*weit unterhalb Grenzwert

Emissionsklassen

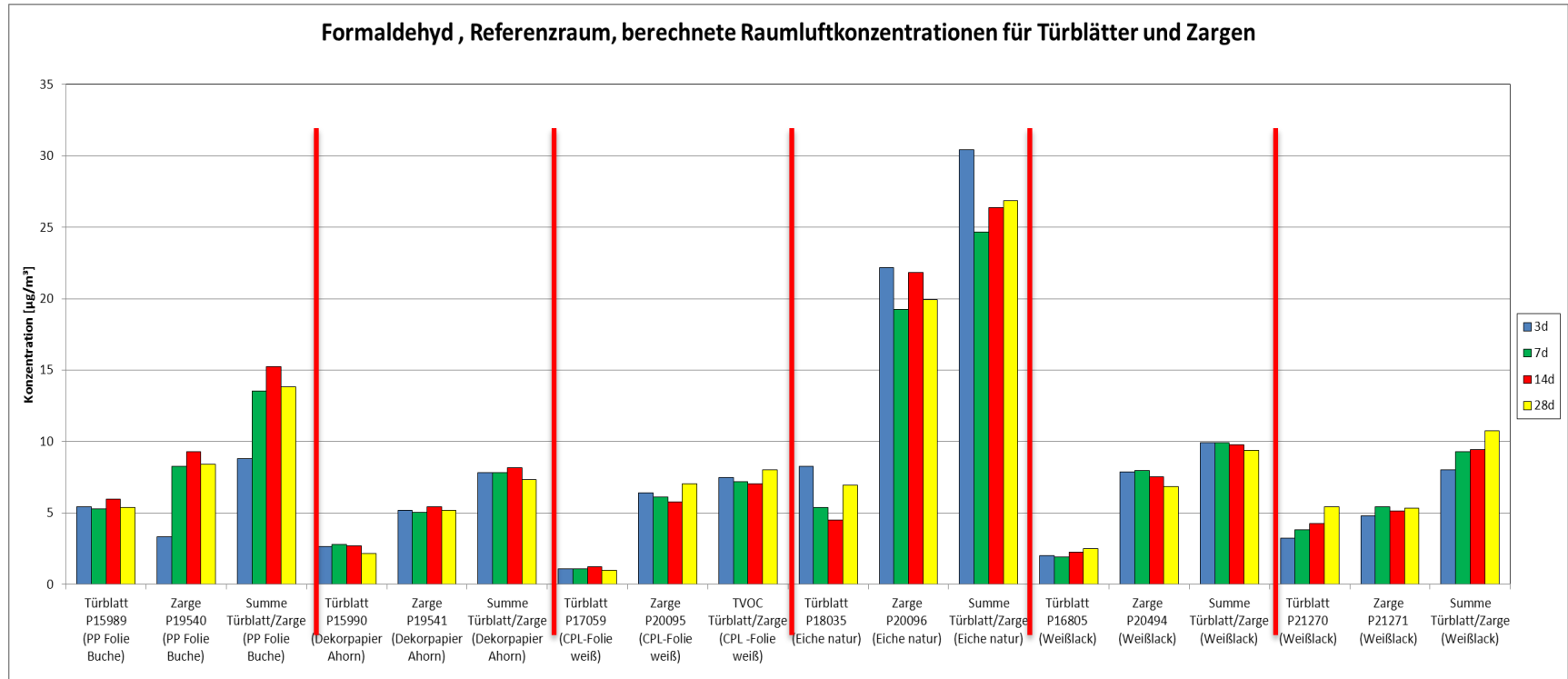
(Frankreich)

28 Tage; Anforderung A+

< 1.000 µg/m³

Abschlussbericht AiF-Projekt „Emissionen von Innentüren“ (2011)

Umrechnung der Ergebnisse (1 m³ Prüfkammer) auf Referenzraum (30 m³)

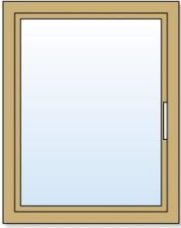


Emissionsklassen (Frankreich)

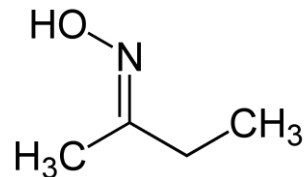
Formaldehyd; 28 Tage; Anforderung A+
 < 10 µg/m³

Abschlussbericht AiF-Projekt „Emissionen von Innentüren“ (2011)

Holzfensterelement - Potentielle Emissionsquellen

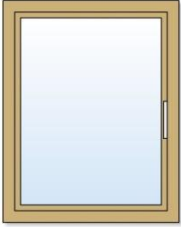


- Rahmenwerkstoff (Massivholz)
- Oberflächenbeschichtung (bei industriellen Beschichtungen i.d.R. mehrschichtiger Systemaufbau)
- Dichtungsmaterial (Nassverglasung; mit/ohne 2-Butanonoxim)



2-Butanonoxim, „MEKO“ (NIK-Wert = 20 µg/m³)

AiF Projekt “Holzfenster”



Gegenstand der Untersuchung

Musterfenster nach Produktnorm DIN EN 14351-1

Breite 1,23 m x Höhe 1,48 m (Rahmen aus Fichte bzw. Lärche)

Oberflächenbeschichtungen

Industrielle Beschichtungssysteme, mehrschichtiger Systemaufbau
deckend bunt, deckend weiß, Lasuren

Renovierungsprodukt

Kurzzeit- und Langzeituntersuchungen (28d) von Beschichtungen (Lamellen;
Kantel) und Dichtstoffen mit Mikrokammer und Prüfkammer

Untersuchung kompletter Holzfensterelemente (28d, 24 m³/30 m³ Kammer)

Bewertung nach nationalen Vorschriften D, F, B

Emissionsuntersuchung kompletter Holzfensterelemente

Prüfkammer (24/30 m³)



Prüfbedingungen:

Kammervolumen:	24 m ³ /30 m ³
Fensterfläche (1.23 x 1.48): (Außenseite abgedeckt)	1.82 m ²
Luftwechsel:	0.57 h ⁻¹ /0.46 h ⁻¹
Flächenspezifische Belüftung:	7.5 m ³ /(m ² h)

DIN CEN TS 16516

Referenzraum:	30 m ³
Fensterfläche:	2 m ²
Luftwechsel:	0.5 h ⁻¹
Flächenspezifische Belüftung:	7.5 m ³ /(m ² h)

Abschlussbericht AiF-Projekt „Emissionen von Holzfenstern“ (2013)

Emissionsuntersuchung kompletter Holzfensterelemente Prüfkammer (24/30 m³)



Abschlussbericht AiF-Projekt „Emissionen von Holzfenstern“ (2013)

AgBB-Bewertung von kompletten Holzfensterelementen

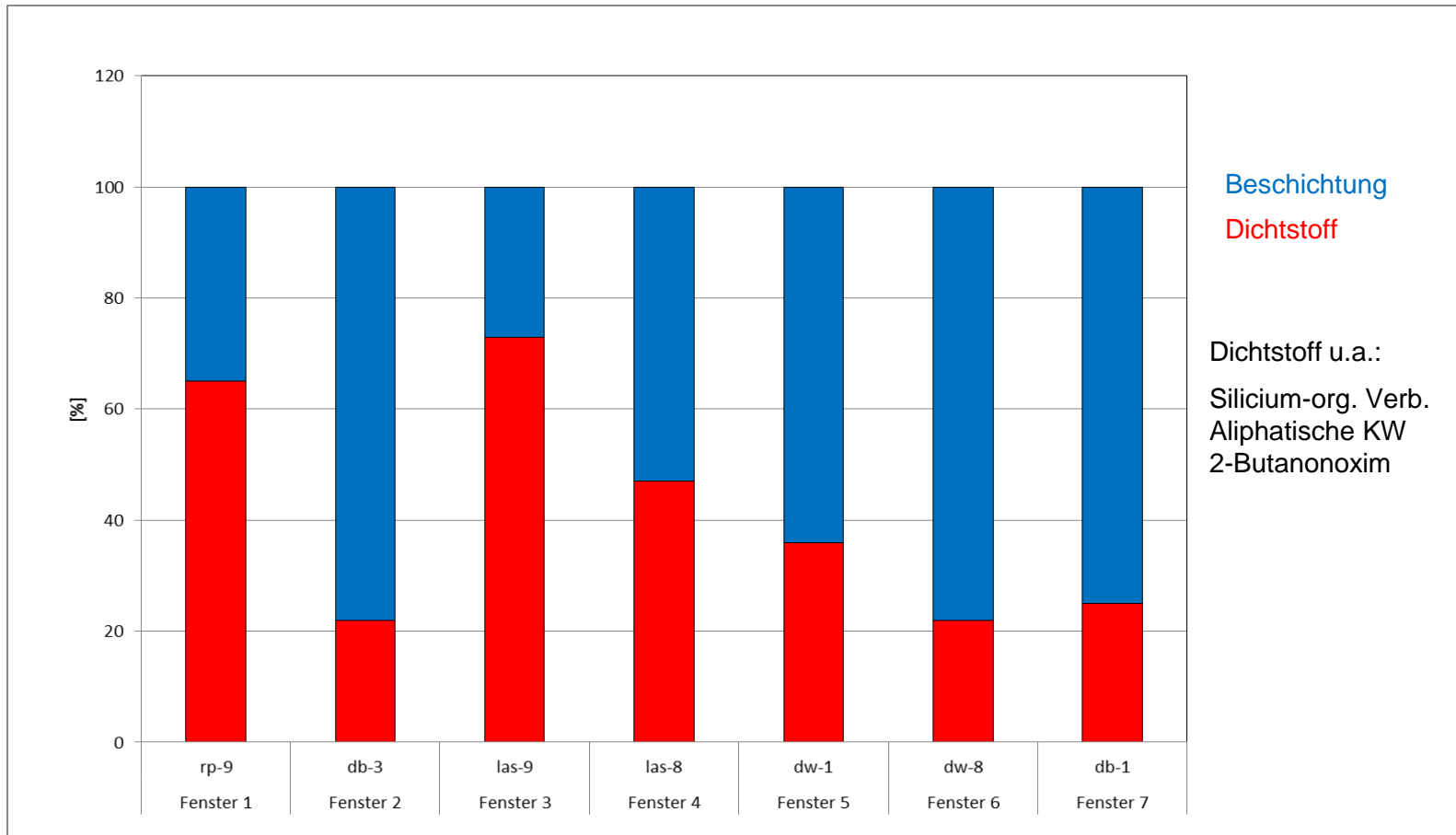
Anforderungen			Fenster 1 P26019 rp D-2 MEKO		Fenster 2 P26935 db-3 D-2 MEKO		Fenster 3*) P27442 las-9 D-2 MEKO		Fenster 4 P29380 las-8 D-2 MEKO		Fenster 5 P29823 dw-1 D-1 MEKO		Fenster 6 P31574 dw-8 D-4 ohne MEKO		Fenster 7 P32143 db-1 D-4 ohne MEKO	
			3d [mg/m ³]	28d [mg/m ³]	3d	28d	3d	28d	3d	28d	3d	28d	3d	28d	3d	28d
TVOC	≤ 10	≤ 1,0	1,6	0,3	0,6	0,1	1,7	0,5	1,3	0,3	0,9	0,1	0,5	0,1	0,4	0,2
TSVOC	–	≤ 0,1	0,01	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
R-Wert	–	≤ 1	16,413	0,676	4,119	0,429	26,343	2,537	6,861	0,558	9,897	0,443	0,707	0,126	0,586	0,219
VOC ohne NIK	–	≤ 0,1	0,08	0,005	0,02	n.n.	0,04	0,03	0,005	n.n.	n.n.	n.n.	0,02	0,007	0,03	0,02
Kanzerogene	≤ 0,01	≤ 0,001	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Formaldehyd	–	≤ 0,120	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Anforderung erfüllt?			+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+

Nachweisgrenze: TSVOC, VOC ohne NIK, Kanzerogene: < 1 µg/m³; Formaldehyd: < 2 µg/m³

*) Achtung: Bei der Herstellung des Fensterelementes wurden die Trocknungs- und Verarbeitungshinweise des Dichtstoffherstellers nicht beachtet

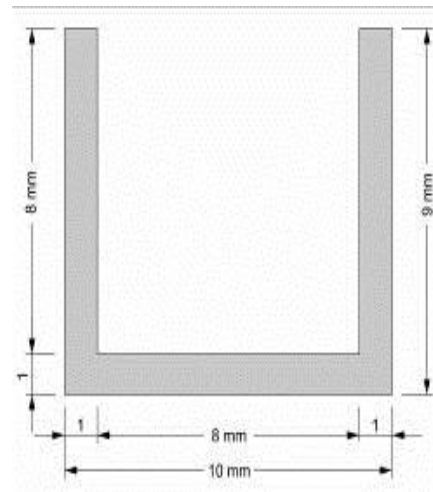
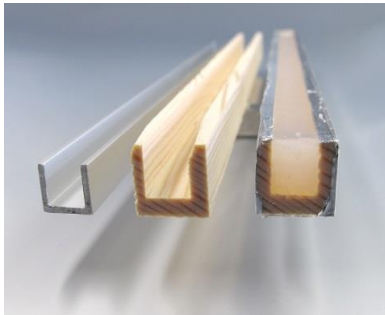
Abschlussbericht AiF-Projekt „Emissionen von Holzfenstern“ (2013)

Prozentuale Zusammensetzung Beschichtungsstoff- und Dichtstoffemissionen (28d)



Abschlussbericht AiF-Projekt „Emissionen von Holzfenstern“ (2013)

Untersuchungen von Dichtstoffen (1 m³ Kammer) Herstellung der Prüfstücke



Spezifische Belüftung „q“

24 m³ Prüfkammer:

$$q = \frac{24 \text{ m}^3 \times 0,57}{4,54 \text{ m} \times h} = 3,01 \left[\frac{\text{m}^3}{(\text{m} \times h)} \right]$$

1 m³ Prüfkammer:

$$q = \frac{1 \text{ m}^3 \times 0,60}{0,20 \text{ m} \times h} = 3,00 \left[\frac{\text{m}^3}{(\text{m} \times h)} \right]$$

Probenvorbereitung: Einfüllen des Dichtstoffes in das U-Profil (Alu, bzw. Holz) anschließend **24 h Trocknung** (im Abzug), dann Einbringung in 1 m³ Prüfkammer mit Probenahme nach 3, 7 und 28 Tagen.

Abschlussbericht AiF-Projekt „Emissionen von Holzfenstern“ (2013)

Emissionsklassen (F) von kompletten Holzfensterelementen

Parameter	Klassen										
	C	B	A	A+	Fenster 1	Fenster 2	Fenster 3	Fenster 4	Fenster 5	Fenster 6	Fenster 7
	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	[µg/m³]	P26019	P26935	P27442	P29380	P29823	P31574	P32143
Formaldehyd	> 120	< 120	< 60	< 10	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Acetaldehyd	> 400	< 400	< 300	< 200	10	3	45	16	5	5	21
Toluol	> 600	< 600	< 450	< 300	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Tetrachlorethylen	> 500	< 500	< 350	< 250	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Xylol	> 400	< 400	< 300	< 200	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
1,2,4-Trimethylbenzol	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
1,4-Dichlorbenzol	> 120	< 120	< 90	< 60	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ethylbenzol	> 1500	< 1500	< 1000	< 750	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
2-Butoxyethanol	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000	n.n.	13	11	4	2	3	n.n.
Styrol	> 500	< 500	< 350	< 250	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
TVOC-Wert Toluoläquivalent	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000	291	126	334	268	73	105	99
Einstufung					A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+

Abschlussbericht AiF-Projekt „Emissionen von Holzfenstern“ (2013)

Zusammenfassung – Emissionen von Türblättern und Türzargen

Türblätter und Türzargen sind eine Quelle für VOC und Formaldehyd im Innenraum. Die Höhe der VOC-Emission wird im Wesentlichen von der Art der Oberflächenbeschichtung geprägt. Die Höhe der Formaldehydemission hängt im Wesentlichen von den jeweils verwendeten Klebstoffen ab.

Alle untersuchten Materialien erfüllen die Anforderungen des AgBB-Schemas – die entsprechenden Grenzwerte wurden (auch als Kombination von Türblatt/Türzarge) ausnahmslos sehr deutlich unterschritten

Im Rahmen einer allgemeinen bauamtlichen Zulassung (DIBt/AgBB) könnten die untersuchten Produkte (einzeln oder als Kombination von Türblatt/Türzarge) als wft (without further testing) oder wt (without testing) eingestuft werden.

Bei der Bewertung gemäß französischer Emissionsklassen können die Produkte (einzeln oder als Kombination von Türblatt/Türzarge) als wft/wt der Emissionsklasse **A** zugeordnet werden. Im Einzelfall kann durch Messung der Nachweis für Einstufung in **A+** erbracht werden.

Zusammenfassung – Emissionen von Holzfenstern

- Holzfenster mit Nasslack-Oberflächenbeschichtung können eine Quelle für Emissionen im Innenraum darstellen. Ursächlich für diese Emissionen sind primär der verwendete Dichtstoff sowie die Oberflächenbeschichtung. Eigenemissionen der untersuchten Rahmenwerkstoffe haben nur einen sehr geringen Anteil an der Gesamtemission.
- Die untersuchten Holzfenster erfüllen deutlich die Anforderungen der besten Französischen Deklaration A+.
- Die Fenster, bei denen die Herstellervorgaben zu Trockenzeiten von Dichtstoffen eingehalten wurden, erfüllen die Anforderungen des AgBB-Schemas. 2-Butanonoxim als Inhaltsstoff von neutral-vernetzenden 1K-Silikon-Dichtstoffen, kann aufgrund des niedrigen NIK-Wertes bzgl. der Kriterien des AgBB-Schemas (R-Wert) als kritisch angesehen werden. Um die entsprechenden Kriterien erfüllen zu können, ist die Einhaltung der Herstellervorgaben zur Verarbeitung (z.B. Trockenzeiten) hier besonders wichtig.
- Für die untersuchten Holzfenster ist eine Anerkennung als Produkte „without testing“ bzw. „without further testing“ (wt/wft) für die beste Französische Emissionsklasse A+ vorstellbar.
- Gleiches gilt für Holzfenster, die mit einem Dichtstoff ohne 2-Butanonoxim hergestellt werden bei einer Bewertung nach dem AgBB-Schema.