

## Evaluierung einer Methode zur sensorischen Bewertung von Bauprodukten

### Durchführung und Ergebnisse des WKI-Projekts

Nicole Schulz, Ramona Stolte, Jennifer Bartsch  
 »Fachkonferenz zum Abschluss der Pilotphase«  
 1. Oktober, Dessau



© Fraunhofer WKI

**Fraunhofer**  
WKI

### Überblick

- Emissionskammerprüfung gemäß AgBB-Vorgaben
- Prüfung der Anforderungen im Hinblick auf die empfundenen Intensität gemäß ISO 16000 – 28
  - Direkte - indirekte Geruchsbewertung
  - VOC Bestimmung von Beutelluft
  - Bestimmung der rel. Luftfeuchte von Beutelluft
  - Tedlar - NALOPHAN
  - Kleiner - großer Trichter
  - Messung von Aceton
  - Leistungsprüfung der Probanden
- Nutzen-Analyse
- Zusammenfassung

© Fraunhofer

**Fraunhofer**  
WKI

## Emissionskammerprüfung - Methodik

### Produktauswahl:

- Es wurden insgesamt 12 Bauprodukte gemäß AgBB-Vorgaben geprüft.
- Das Produktspektrum umfasste flüssige und feste Produkte,
- „geruchlich“ auffällige und unauffällige Materialien, so dass möglichst die gesamte Skala (15 pi) der empfundenen Intensität abgedeckt wurde.
- Darunter waren marktübliche Bauprodukte,
- sowie extra für diesen Zweck mit Geruchskomponenten dotierte Produkte, um „geruchlich“ auffällige Proben untersuchen zu können.
- Die Untersuchungen erfolgten methodenorientiert, da die Evaluierung der Methode der empfundene Intensität unter Praxisbedingungen im Fokus lag und keine produktspezifischen Eigenschaften, der hier untersuchten Bauprodukte von Relevanz waren.



© Fraunhofer

## Emissionskammerprüfung - Methodik

Charakterisierung des Verfahrens zur Bestimmung der EI von verschiedenen Bauprodukten (VOC Analytik – empfundene Intensität (EI) – Hedonik).



Emissionskammerprüfung gemäß ISO 16000 – 9.

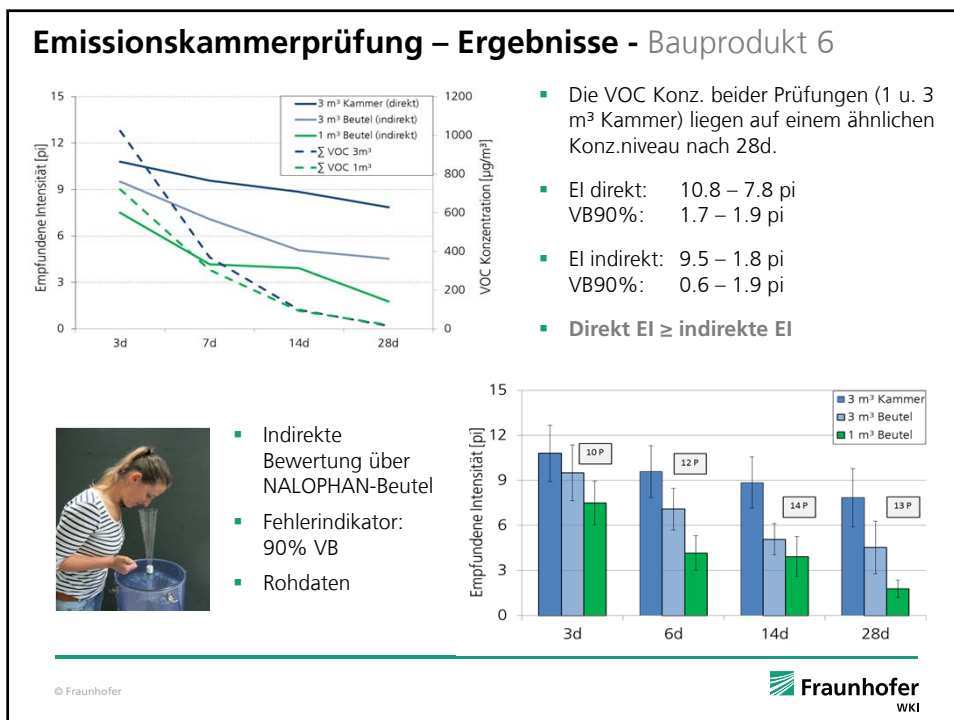
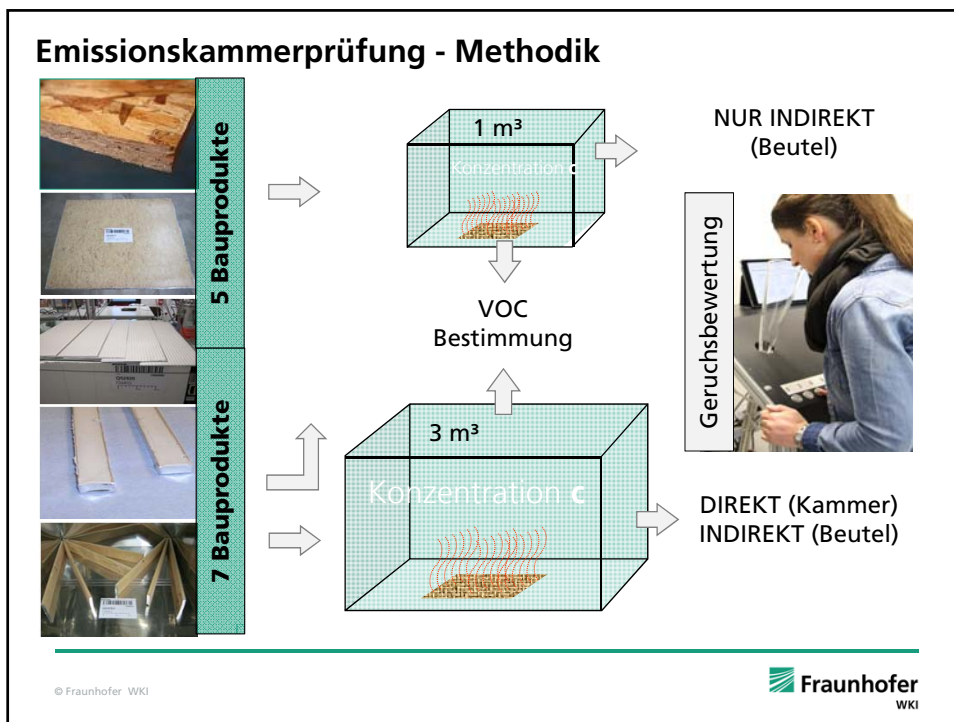
Prüfung nach 3d, 7d, 14d, 28d.  
DIBt/AgBB Prüfparameter.



Vergleichsmaßstab

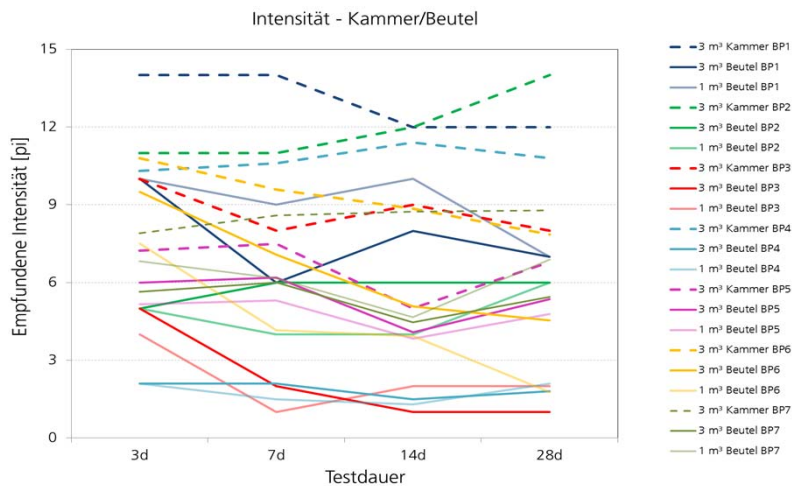
Geruchsbewertung  
gemäß ISO 16000 – 28

© Fraunhofer



### Emissionskammerprüfung – Ergebnisse

Bauprodukt 1 – 7 (parallele Prüfung in 1 und 3 m<sup>3</sup> Kammern)

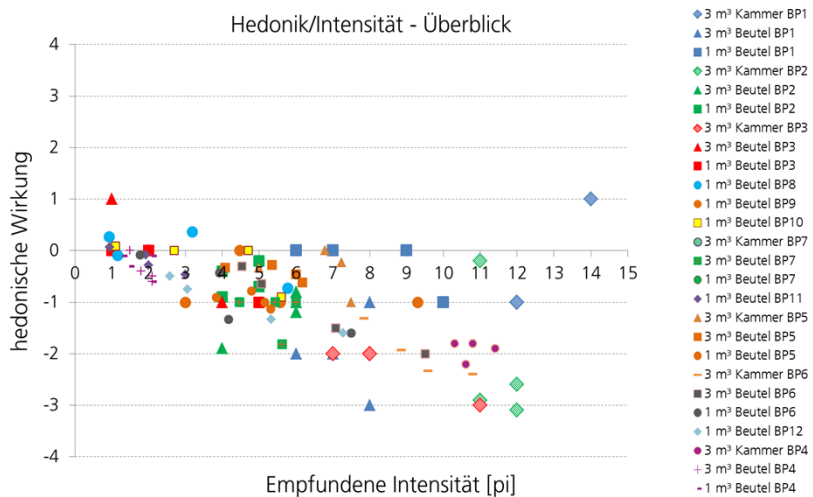


Rohdaten

© Fraunhofer



### Emissionskammerprüfung – Ergebnisse - Bauprodukt 1 - 12



© Fraunhofer



## „Direkte“ und „indirekte“ Geruchsbewertung

### Anforderung ISO 16000 – 28:

- Geruchsprüfungen können **direkt** an einer Prüfkammer und **indirekt** über Beutel bewertet werden.
- Kriterium ist ein Volumenstrom von mind. 0,6 l/s der am Bewertungstrichter vorliegen muss.
- Der geforderte Volumenstrom von 0,6 l/s ist erst ab einer Kammergröße von  $\geq 3 \text{ m}^3$  realisierbar.
- Üblich sind Kammern  $\leq 1 \text{ m}^3$  für AgBB-Prüfungen.
- Deshalb werden Geruchsprüfungen gemäß ISO überwiegend in Kammer  $\leq 3 \text{ m}^3$ , indirekt über Beutel, durchgeführt.

### Methodik:

- Geruchsbewertungen direkt an einer  $3 \text{ m}^3$  Prüfkammer und parallele Bewertung der Beutelluft (indirekt) derselben Probe. Die verwendeten Beutel waren überwiegend aus dem Material NALOPHAN.



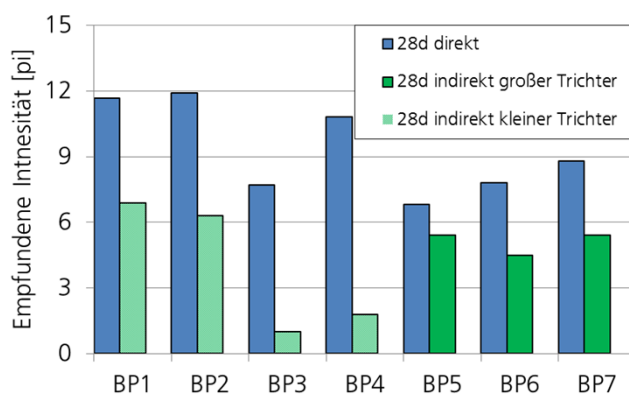
INDIREKTE



DIREKTE

© Fraunhofer

## „Direkte“ und „indirekte“ Geruchsbewertung



- Differenzen direkte und indirekte Bewertung derselben Proben  
→  $\Delta \text{pi} = 1.4$  bis  $9 \text{ pi}$  je nach Trichterwahl.
- Die Verfahrensvariante der **direkten** und **indirekten** (Nalophan) Bewertung ergeben **keine** vergleichbaren Ergebnisse → **EI direkt  $\geq$  EI indirekt**

© Fraunhofer

## Prüfung der Beutelluft im Hinblick auf deren VOC-Gehalt und der rel. Luftfeuchtigkeit

### Anforderungen ISO 16000 – 28

- Der Probenbehälter darf keine Änderung des beprobten Geruchsstoffes verursachen. Der Probenbehälter muss daher luftdicht, geruchlos, undurchlässig und nicht-adsorbierend sein.
- Die Luftproben müssen so schnell wie möglich nach der Probenahme analysiert werden. Nach einer Lagerzeit von mehr als 6 h, muss nachgewiesen werden, dass keine chemischen Änderungen in dem Probenahmebehälter ablaufen.

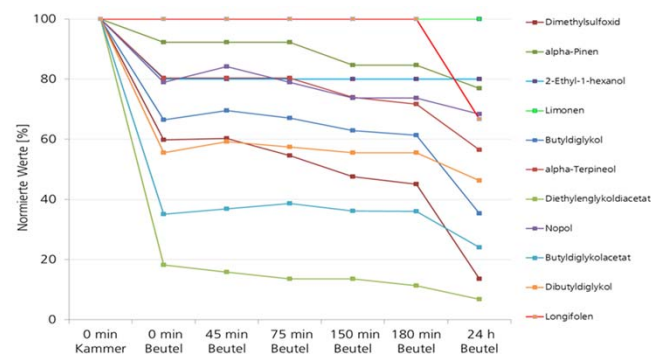
### Methodik

- VOC Bestimmung der Beutelluft (NALOPHAN) über die Zeit (TENAX TA/GC-MS). Vergleich der VOC Kammerkonzentration mit der VOC Beutelkonzentration über die Zeit.
- Bestimmung der rel. Luftfeuchtigkeit von „fast“ trockener Pressluft (8 % r.LF.) in Beutel über die Zeit (Nalophan/Nalophan<sub>doppelwandig</sub>/Tedlar) bei konstanter Temperatur (23°C).

© Fraunhofer



## VOC Bestimmung von Beutelluft über die Zeit



- Terpene, 2-Ethyl-1-hexanol und Nopol: Verluste von 20 – 30 % im Vergleich zur Kammerkonzentration → üblicher analytischer Fehler ~ 15%
- Glykole, Glykoetheracetate und Dimethylsulfoxid: Verluste zwischen 35 - 80 % im Vergleich zur Kammerkonzentration.
- Die größten Verluste treten direkt nach dem Befüllen des Beutels auf.  
→ Mögliche Ursache: Wandeffekte des Materials

© Fraunhofer



## Prüfung der Beutelluft im Hinblick auf deren VOC-Gehalt und der rel. Luftfeuchtigkeit über die Zeit

### Anforderungen ISO 16000 – 28

- Der Probenbehälter darf keine Änderung des beprobten Geruchsstoffes verursachen. Der Probenbehälter muss daher luftdicht, geruchlos, undurchlässig und nicht-adsorbtiv sein.
- Die Luftproben müssen so schnell wie möglich nach der Probenahme analysiert werden. Nach einer Lagerzeit von mehr als 6 h, muss nachgewiesen werden, dass keine chemischen Änderungen in dem Probenahmebehälter ablaufen.

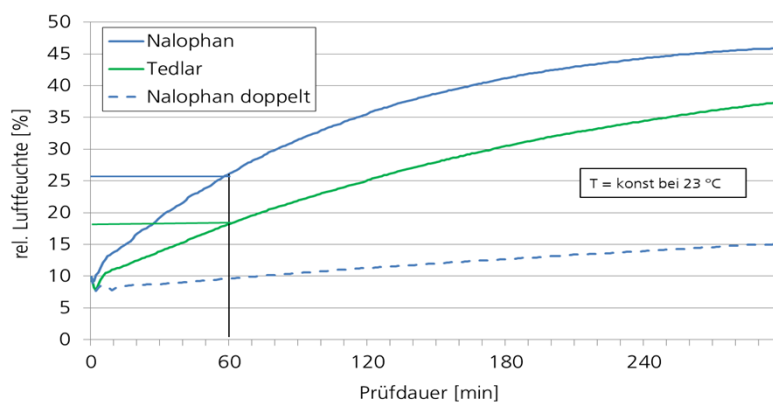
### Methodik

- VOC Bestimmung der Beutelluft über die Zeit (TENAX TA/GC-MS). Vergleich der VOC Kammerkonzentration mit der VOC Beutelkonzentration über die Zeit.
- Bestimmung der rel. Luftfeuchtigkeit von „fast“ trockener Pressluft (8 % r.LF.) in Beutel über die Zeit (Nalophan/Nalophan<sub>doppelwandig</sub>/Tedlar) bei konstanter Temperatur (23°C).

© Fraunhofer



## Verlauf der rel. Luftfeuchte in Beuteln (Nalophan/Tedlar)



Rel. Luftfeuchte nach 1 h: NALOPHAN → 26 %rF  
 Tedlar → 18 %rF  
 NALOPHAN<sub>doppelt</sub> → 10 %rF

© Fraunhofer



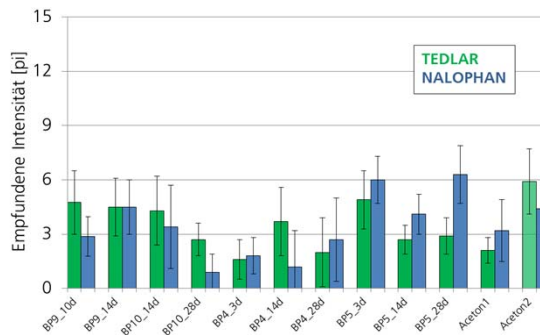
## Vergleich von Probenbeuteln aus Tedlar und NALOPHAN

### Anforderung ISO 16000 – 28

Die Geruchsproben dürfen in Beuteln aus dem Material Tedlar und NALOPHAN gelagert werden.

### Methodik

Parallele Prüfung der EI derselben Probe mit Beuteln aus Tedlar und Nalophan.

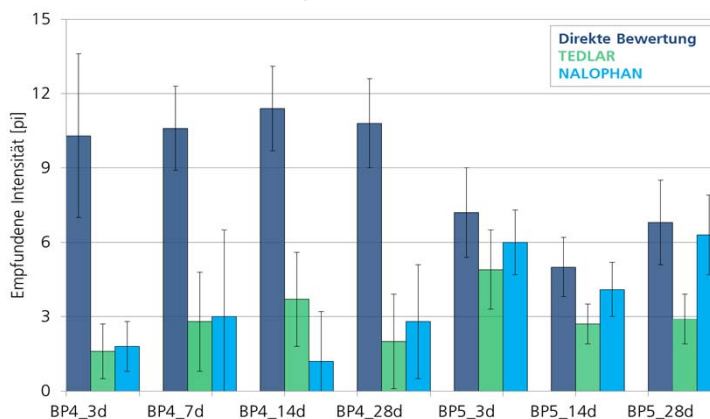


Fehlerindikator: 90% Vertrauensbereich, Rohdaten

→ Differenz zwischen +/- 0.1 – 2.9 pi

→ Keine Tendenz festzustellen, ob Beutel aus Tedlar oder Nalophan für Geruchsprüfungen geeigneter sind.

## Vergleich von Probenbeuteln aus Tedlar und NALOPHAN plus direkter Bewertung



Fehlerindikator: 90% Vertrauensbereich, Nicht korrigierte Daten

→ EI direkt ≥ EI indirekt Tedlar und NALOPHAN

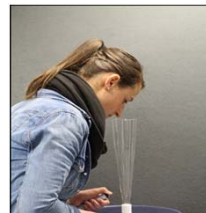
→ EI Tedlar und EI Nalophan keine Tendenz



## Vergleich von zwei verschiedenen Trichtergrößen



kleiner Trichter (A)



großer Trichter (B)

### Anforderungen gemäß ISO 16000 – 28

- In der Norm wird lediglich auf das Material und auf den maximalen Öffnungswinkel von 12 ° eines Bewertungstrichters eingegangen.
- Welchen Einfluss die Trichterlänge sowie der Durchmesser am Einlass und Auslass des Trichters auf die Bewertung haben, ist nicht geklärt.

### Methodik

- Versuch A:** Die empfundene Intensität von einer Auswahl an Bauprodukten, wurde bei der indirekten Probenbewertung (NALOPHAN) parallel mit einem kleinen (A) und einem großen (B) Glstrichter durchgeführt.
- Versuch B:** Vergleich der EI aller Proben, die direkt bewertet wurden, zur EI der indirekt bewerteten Proben mit einem kleinen Trichter (A) und einem großen Trichter (B). Abweichung EI direkt (Sollwert) zu EI indirekt .

© Fraunhofer

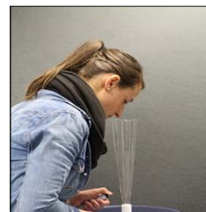
Fraunhofer WKI

## Vergleich von zwei verschiedenen Trichtergrößen

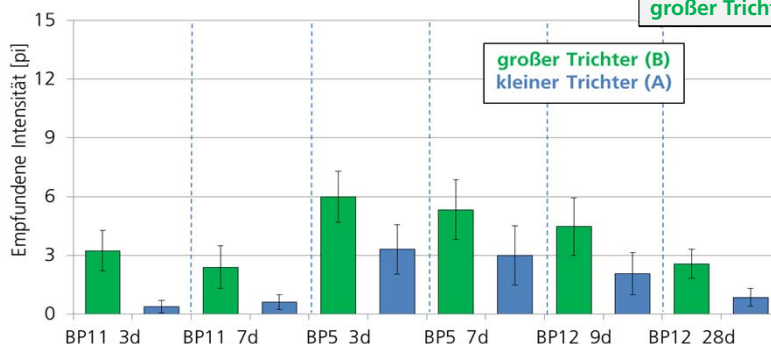
### VERSUCH A



kleiner Trichter (A)



großer Trichter (B)



→ EI der kleinen Trichter (A) ≤ EI der großen Trichter (B)

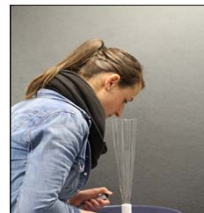
© Fraunhofer

Fraunhofer WKI

## Vergleich von zwei verschiedenen Trichtergrößen



kleiner Trichter (A)



großer Trichter (B)

### Anforderungen gemäß ISO 16000 – 28

- In der Norm wird lediglich auf das Material und auf den maximalen Öffnungswinkel von 12 ° eines Bewertungstrichters eingegangen.
- Welchen Einfluss die Trichterlänge sowie der Durchmesser am Einlass und Auslass des Trichters auf die Bewertung haben, ist nicht geklärt.

### Methodik

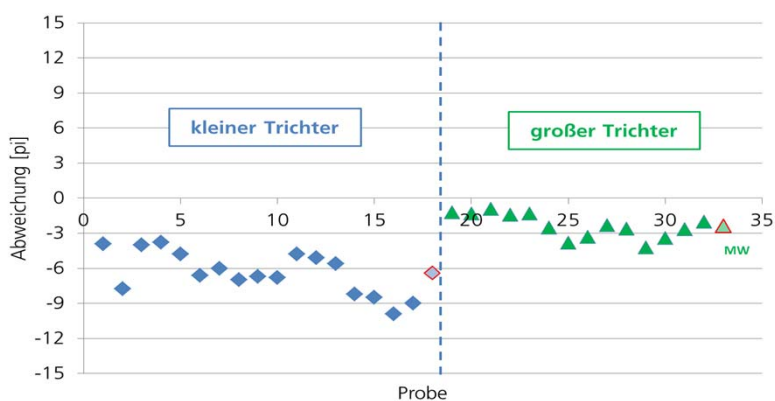
- **Versuch A:** Die empfundenen Intensität von einer Auswahl an Bauprodukten, wurde bei der indirekten Probenbewertung (NALOPHAN) parallel mit einem kleinen (A) und einem großen (B) Glastrichter durchgeführt.
- **Versuch B:** Vergleich der EI aller Proben, die direkt bewertet wurden, zur EI der indirekt bewerteten Proben mit einem kleinen Trichter (A) und einem großen Trichter (B). Abweichung EI direkt (Sollwert) zu EI indirekt .

© Fraunhofer

Fraunhofer WKI

## Vergleich von zwei verschiedenen Trichtergrößen Bauprodukte 1 - 7

VERSUCH B

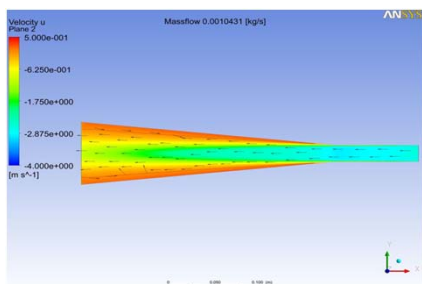


- EI direkt ≥ EI indirekt
- EI kleiner Trichter (A) ≤ EI großer Trichter (B)

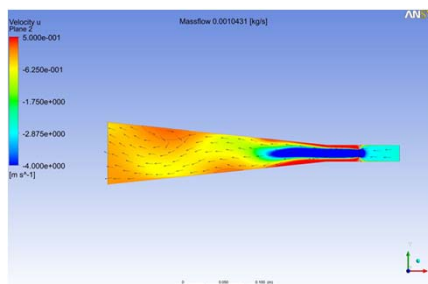
© Fraunhofer

Fraunhofer WKI

## Vergleich von zwei verschiedenen Trichtergrößen

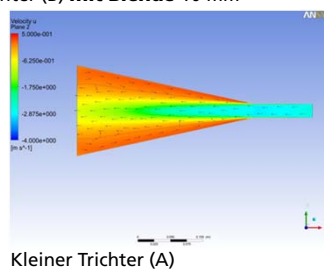


Großer Trichter (B) **ohne Blende**



Großer Trichter (B) **mit Blende 10 mm**

Strömungsprofile von zwei verschiedenen Trichtern mit einem Volumenstrom von 0.9 l/s.



Kleiner Trichter (A)

© Fraunhofer

Fraunhofer  
WKI

## Acetonbestimmung – verschiedene Messverfahren



Flammenionisationsdetektor



Fotoakustik Monitor



HPLC-UV (DNPH)

### Anforderungen gemäß ISO 16000 - 28

- Nur eine Abweichung von 0.5 pi (10 mg/m<sup>3</sup>) an der jeweiligen pi-Stufe des Vergleichsmaßstab (VM) ist definiert.
- Keine Anforderung an das Messverfahren für die Bestimmung von Aceton am VM.

### Methodik

- Es wurde eine Acetonkonzentration von 120 mg/m<sup>3</sup> mit verschiedenen Messverfahren bestimmt.
- Problematik:
  - Messung der für Innenräume untypisch hohen Acetonkonz., mit Analysengeräten deren Messbereich üblicherweise für geringere Konzentrationen ausgelegt ist.
  - Welches Messgerät liefert die „richtigen“ Messwerte?
- Die HPLC-UV Methode wurde als Bezugskonzentration definiert.

© Fraunhofer

Fraunhofer  
WKI

## Acetonbestimmung – verschiedene Messverfahren

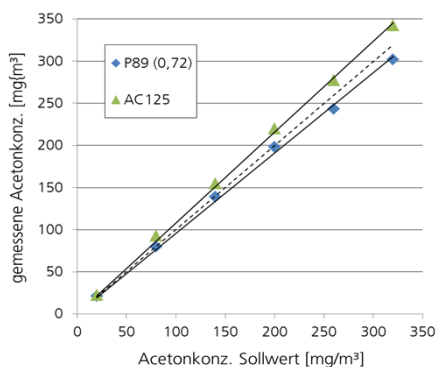
Messmethode	Konzentration [mg/m <sup>3</sup> ]	Abweichung [%]	Abweichung [pi]
HPLC-UV	120		6
FID <sub>Propan_calculated</sub> ACETON	88	- 27	- 0,6
Fotoakustikmonitor1 <sub>Propan</sub>	52	- 57	- 2,4
Fotoakustikmonitor2 <sub>PROPAN</sub>	22	- 82	- 3,9
Fotoakustikmonitor2 <sub>Toluol</sub>	78	- 35	- 1,1

- Min. Abweichung in pi = 0,6  
Max. Abweichung in pi = 3,9
- Abweichung auf einer pi-Skala bis 15:  
„worst-case“ Bedingungen ~ 26 %  
„best-case“ Bedingungen ~ 4 %.

© Fraunhofer



## Acetonbestimmung – Flammenionisationsdetektor (FID)



- Je nachdem mit welchem Prüfgas der FID kalibriert wurde, weichen die Acetonkonzentrationen voneinander ab.
- Prüfgase: Propan (89 ppm) und Aceton (125 ppm)
  - Abweichung [mg/m<sup>3</sup>] = 2 – 40 mg/m<sup>3</sup>
  - Abweichung [pi] = 0.1 – 2.0 pi

© Fraunhofer



## Leistungsprüfung der Probanden

**Anforderung gemäß ISO 16000 – 28:** Die Probanden müssen vor jeder Geruchsbewertung 2 unbekannte Acetonproben bewerten. Bei Nichtbestehen, müssen die Probanden von der Geruchsbewertung ausgeschlossen werden.

**Methodik:** Während des Projekts durften die Testpersonen, trotz des Nichtbestehens, an den Geruchsprüfungen teilnehmen. → Zwei Datensätze: Rohdaten und korrigierte Daten.

Beispiel BP - 1 m³ Beutel	Empfundene Intensität [p] nach				
	3d	6d	9d	14d	28d
MW Rohdaten	7,3	5,3	4,5	3,1	2,6
STABW	3,6	3,0	3,2	2,6	1,6
VB90%	2,0	1,5	1,5	1,2	0,7
Probandenzahl	11	12	15	16	14
MW korrigierte Werte	7,3	5,3	4,6	2,6	2,8
STABW	3,6	3,0	3,2	2,0	1,5
VB90%	2,0	1,5	2,0	0,9	0,9
Probandenzahl	11	12	9	15	13
Abweichung			0,1	0,5	0,2

**Statistischer Test → Einstichproben t-Test.** (Vergleich von Mittelwerten)

Sicherheitsniveau= 5%

**Frage:** Sind die Differenzen der Mittelwerte signifikant oder sind die Unterschiede durch die natürliche Streuung zu erklären ?

© Fraunhofer

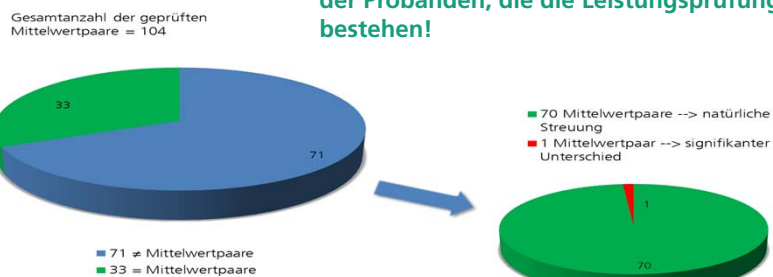
Fraunhofer  
WKI

## Leistungsprüfung der Probanden

**Ergebnis:**

Von 104 Mittelwerten gab es nur einen signifikanten Unterschied. Alle anderen Differenzen ließen sich statistisch als natürliche Streuung erklären.

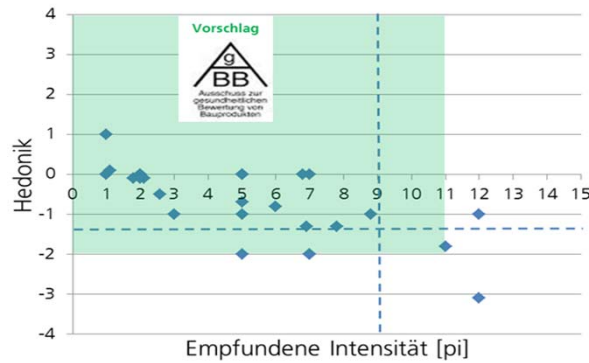
**Kein signifikanter Unterschied bei Ausschluss der Probanden, die die Leistungsprüfung nicht bestehen!**



© Fraunhofer

Fraunhofer  
WKI

### „Nutzen-Analyse“

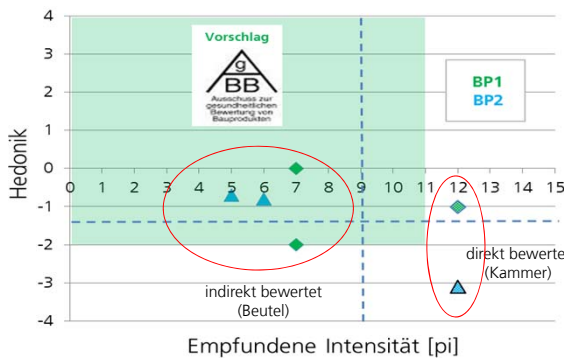


- Es wurden insgesamt 19 AgBB-Prüfungen durchgeführt und ausgewertet.
- AgBB-Vorschläge für sensorische Prüfungen
  - Empfundene Intensität → 9 + 2 pi
  - Hedonik → -1.2 - 0.8
- Von 19 AgBB-Prüfungen, würden im Hinblick auf die sensorische Prüfung, zwei Proben (BP1, BP2) die AgBB-Kriterien **NICHT** erfüllen.

© Fraunhofer



### „Nutzen-Analyse“



- BP1 erfüllte sowohl die **chemischen** als auch die **sensorischen** AgBB-Kriterien **NICHT** und wäre somit bereits durch die chemische Prüfung abgelehnt worden – direkte Bewertung.
- BP2 erfüllte die chemischen AgBB-Vorgaben, jedoch **NICHT** die **sensorischen** Kriterien – direkte Bewertung.

- Die indirekten Bewertungen von BP1 und BP2 hingegen erfüllen die AgBB-Vorgaben für sensorische Prüfungen.
- Demnach wurden von 19 untersuchten Produkten, nur ein Produkt (BP2) durch die sensorische Prüfung „herausgefiltert“, obwohl die chemischen AgBB-Kriterien erfüllt waren.

© Fraunhofer



## Zusammenfassung

- Insgesamt wurden 12 Bauprodukte untersucht (VOC – EI – Hedonik).
- Davon waren nach 28 Tagen:
  - 7 BP niedrige VOC Quellen,
  - 3 BP mäßige VOC Quelle und
  - 2 BP starke VOC Quellen.
- Bei 7 Produkten wurden parallele Messungen in 1 m<sup>3</sup>-Kammern (indirekt) und in 3 m<sup>3</sup>-Kammern (indirekt/direkt), unter gleichen Prüfbedingungen, durchgeführt.
- Die „empfundene Intensitäten“ der geprüften Proben liegen in einem Bereich von 1 – 14 pi.
- Die Konfidenzintervalle (90%) der Intensitätsbestimmungen (Rohdaten) liegen zwischen 0.5 – 3.3 pi.
- Die pi-Werte bei der direkten Geruchsbewertung an den 3 m<sup>3</sup>-Prüfkammern liegen immer höher als bei der indirekten Geruchsbewertung derselben Proben.  
→ EI indirekt ≤ EI direkt

© Fraunhofer



## Zusammenfassung

- VOC-Konz. Nalophanbeutel vs. Kammer:
  - Einige Substanzen wurden in der Beutelluft in geringeren Konz. (Minderbefunde) wiedergefunden im Vergleich zu den Kammerkonz.
  - Einige Substanzen zeigen Verluste im Bereich des analytischen Fehlers für VOC Prüfungen.
- Die Schwankungen der EI bei der Bewertung mit TEDLAR- und Nalophanbeutel liegen zwischen 0-3 pi → keine Tendenz.
- Die Trichtergeometrie hat Einfluss auf die Ergebnisse der Geruchsprüfung  
→ EI kleiner Trichter ≤ EI großer Trichter
- Je nachdem mit welchem Messverfahren ein Vergleichsmaßstab eingestellt wird, weichen die absoluten Acetonkonz. voneinander ab.
- Die Bestimmung der absoluten Acetonkonz. hat direkten Einfluss auf die pi-Skala eines Vergleichsmaßstabs und somit auf die Geruchsbewertung einer Probe.
- Von 19 AgBB-Prüfungen, würde im Hinblick auf die sensorischen Prüfungen nur EINE Probe die AgBB-Kriterien NICHT erfüllen, obwohl die chemischen Kriterien der Prüfungen erfüllt wurden.

© Fraunhofer



Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit!

© Fraunhofer



## Kontakt

**Fraunhofer-Institut für  
Holzforschung**  
Wilhelm-Klauditz-Institut WKI  
Bienroder Weg 54 E  
38108 Braunschweig  
Telefon +49 531 2155-0  
Fax +49 531 351587

[info@wki.fraunhofer.de](mailto:info@wki.fraunhofer.de)  
[www.wki.fraunhofer.de](http://www.wki.fraunhofer.de)

**Leitung**  
Prof. Dr.-Ing. Bohumil Kasal



© Fraunhofer

