

---

**PRAXISERFAHRUNG AUS DER BAUFORSCHUNG:  
ANWENDUNG DER DIN ISO 16000-28 (+VDI 4302-1)  
ZUR GERUCHSPRÜFUNG VON BAUPRODUKTEN**

---



Florian Mayer

1. Oktober 2015

UBA Dessau

# Grundlage der Sensorischen Prüfung

DEUTSCHE NORM		Dezember 2012
<b>DIN ISO 16000-28</b>		<b>DIN</b>
<p>Diese Norm ist Bestandteil des VDI/DIN-Handbuches Reinhaltung der Luft, Band 5. ICS 13.040.20</p> <p><b>Innenraumluchtverunreinigungen – Teil 28: Bestimmung der Geruchsstoffemissionen aus Bauprodukten mit einer Emissionsprüfkammer (ISO 16000-28:2012)</b></p> <p>Indoor air – Part 28: Determination of odour emissions from building products using test chambers (ISO 16000-28:2012)</p> <p>Air Intérieur – Partie 28: Détermination des émissions d'odeurs des produits de construction au moyen de chambres d'essai (ISO 16000-28:2012)</p>		

## Gegenstand

Bewertung des Geruchs von Emissionen aus Bauprodukten unter Verwendung von Emissionsprüfkammern mit Hilfe der Akzeptanz, Intensität und Hedonik:

- Unterstützung der Hersteller, Handwerker und Endverbraucher mit Daten, die für die Bewertung der Geruchswirkung von Bauprodukten auf die Innenraumluftqualität wichtig sind
- Förderung der Entwicklung von verbesserten Produkten.

ICS 13.040.01, 91.040.01		VDI-RICHTLINIEN	Mai 2012
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Geruchsprüfung von Innenraumlucht und Emissionen aus Innenraummaterialien Grundlagen	VDI 4302 Blatt 1 Entwurf	
<p>Sensory testing of indoor air and determination of odour emissions from building products – Fundamentals</p>		<p><i>Einsprüche bis 2012-08-31</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vorzugsweise in Tabellenform als Datei per E-Mail an <a href="mailto:krdl@vdi.de">krdl@vdi.de</a> Die Vorlage dieser Tabelle kann abgerufen werden unter <a href="http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche">http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche</a></li> <li>• in Papierform an Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN Fachbereich Umweltmesstechnik Postfach 10 11 39 40002 Düsseldorf</li> </ul>	
<p><b>Inhalt</b> <span style="float: right;">Seite</span></p> <p>Vorbemerkung ..... 2</p> <p>Einleitung ..... 2</p> <p><b>1 Anwendungsbereich</b> ..... 4</p> <p><b>2 Begriffe</b> ..... 4</p> <p><b>3 Bewertungsmethoden</b> ..... 5</p> <p>    3.1 Bestimmung der Akzeptanz und Berechnung des PD-Werts ..... 5</p>		Zwecke – nicht gestattet	

# Anforderungen: Prüfausrüstung

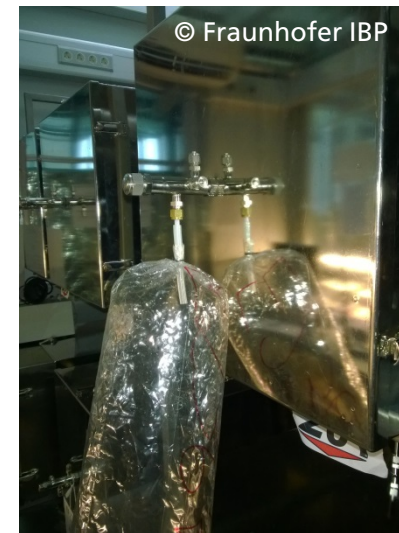
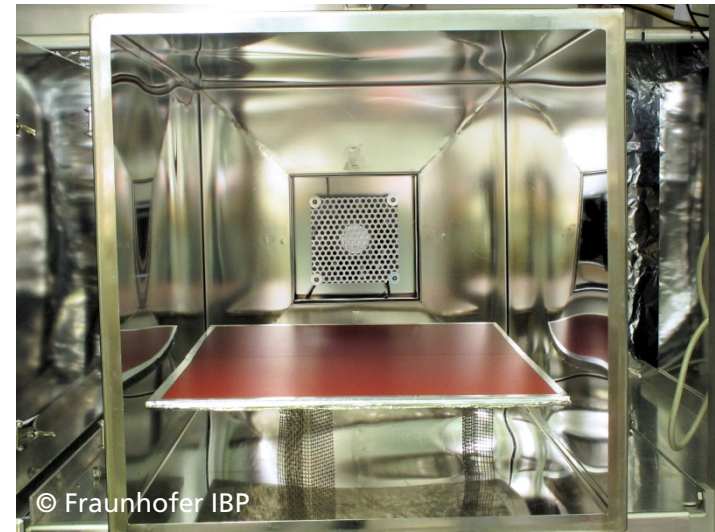
- Prüfraum
- EPK
- Geruchsbewertungsequipment (Riechtrichter/ Maske, ggf. Probenbehälter/ Beutel, Auspressgerät, Vergleichsmaßstab)
- ergänzend: Luftbefeuchtung, Überwachung von Temperatur, Feuchte, Luftgeschwindigkeit/Volumenstrom, Reinigungsmittel, Luftversorgung und Luftdurchmischung

- ✓ emissionsarm
- ✓ neutral
- ✓ nicht absorptiv
- ✓ inert
- ✓ keine Fremdluft

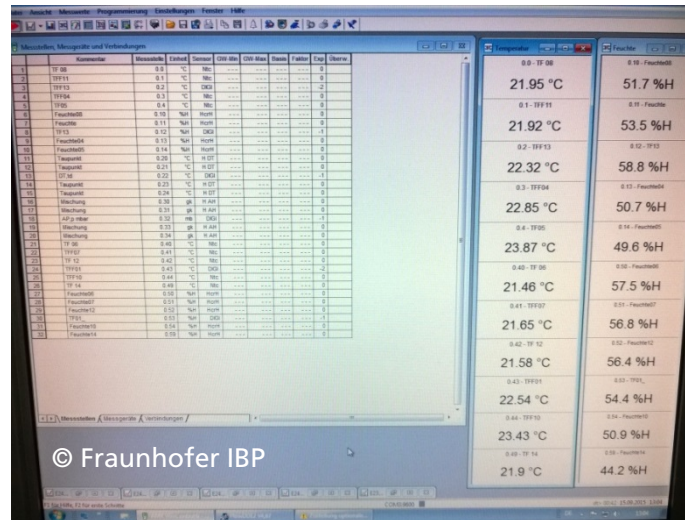
# Anforderungen: Prüfbedingungen

Prüfausrüstung	Parameter	Bedingungen
EPK	Temperatur Feuchte Hintergrund Luftgeschwindigkeit Hintergrundgeruch	23 ° C ± 2,0 ° C 50 % ± 5 % RH 0,1 – 0,3 m/s ≥ 0,8 Akzeptanz ≤ 3 pi
Trichter	Volumenstrom	0,6 – 1 L/sec
Prüfraum	Temperatur Temperatur- schwankungen Feuchte Hintergrund  Sonstiges	max. 25 ° C < ± 3 ° C  50 % ± 5 % RH ≥ 0,6 Akzeptanz ≤ 4 pi geräuscharm, kein direktes Sonnenlicht, keine störenden Lichtquellen, Luftaustauschrate 0,5/h, neutrale Zuluft

# Prüfraum, Emissionsprüfkammer, Probenbehälter



# Qualitätssicherung: Kammerdurchmischung, Temperatur- und Feuchteüberwachung, Reinigung



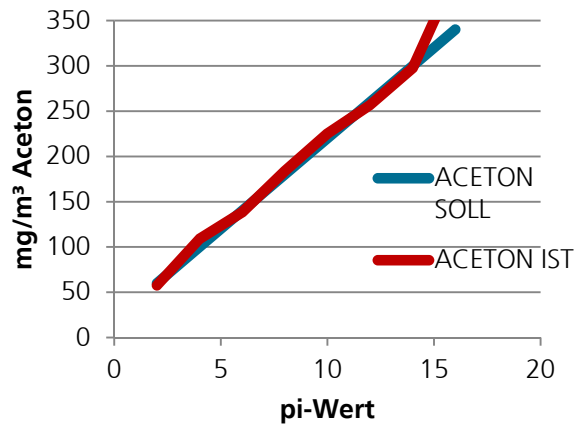
# Geruchsbewertungsequipment (Riechtrichter, Beutel, Auspressgerät, Vergleichsmaßstab)



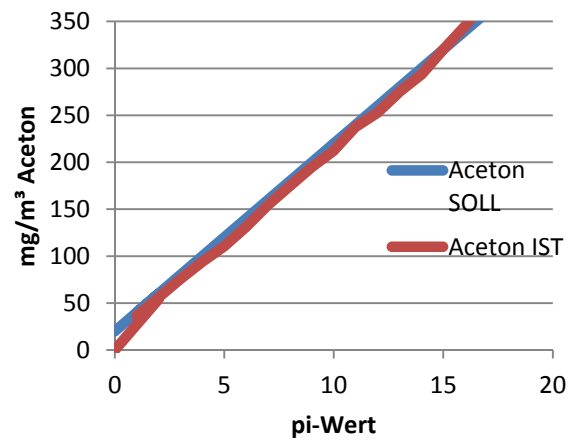
# Methoden: Aceton-Referenzstandards



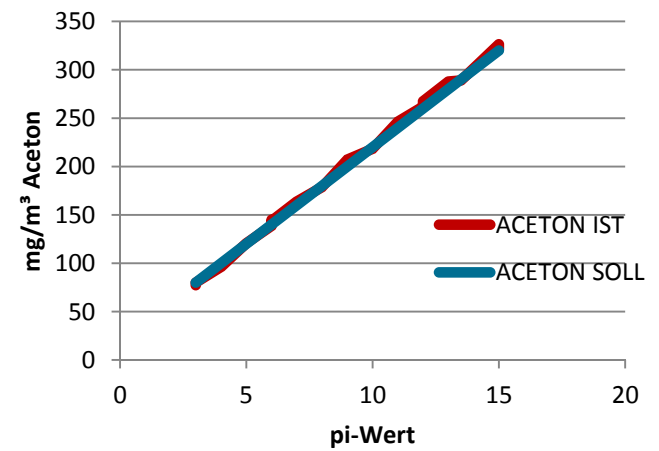
ARS 1



ARS 2.1



ARS 2.2





# Prüfergruppe: ungeschultes – geschultes Panel

- geschlechts- und altersgemischt
- keine akuten Krankheiten, keine signifikanten Anosmien
- Verhaltenskodex : motiviert, verfügbar, vor Prüfung nicht essen, rauchen oder trinken, keine störenden Eigengerüche

## Ungeschulte Prüfer

naives Panel

Akzeptanzbewertung

(mind. 15 Prüfer)

Hedonik (mind. „?“)

## Geschulte Prüfer

5 tägiges Training an Vergleichsmaßstab

empfundene Intensität (mind. 8 Prüfer)

## Anmerkung:

**Die Lücke in der ISO 16000-28 hinsichtlich der Hedonik Bewertung („ungeschulte Prüfer“) wird durch die VDI 4302 geschlossen, die auch geschulte Prüfer zulässt (mind. 8, wie bei der PI Bewertung)**

# Panel



Unser Panel

Geschult  
(33 aktive  
Testpersonen)

Geruchsintensität und Hedonik  
(objektive Klassifizierung der  
empfundenen Intensität)

Training mit Referenzstandards  
z. B. DIN ISO 16000-28, VDI 4302 , VDA 270

Geruchsqualitäten  
(Klassifizierung anhand von  
Deskriptoren)

Training mit authentischen Geruchsstoffen  
z.B. EN ISO 5492, DIN EN ISO 8586

ungeschult

naives Panel

Bewertung z. B. von Akzeptanz und  
Hedonik

## Panel: Schulungen

Geruchsqualität	Substanz
Lösungsmittel	Aceton
phenolisch	m-Kresol
fischig	Butylamin
Plastik	1-Hexen-3-on
Latschenkiefer	$\alpha$ -Pinen
Butter	2,3-Butandion
Knoblauch	Dimethyltrisulfid
fettig	(E,E)-2,4-Decadienal
malzig	3-Methylbutanal (Isovaleraldehyd)
Zitrus	Octanal,
Vanille	4-Hydroxy-3-methoxybenzaldehyd (Vanillin)



- Vollständiges ARS-Training (einmalig)
- Referenzmaterialien (für VDA 270, jährlich)
- Probanden-Kalibrierung auf pi-Wert-Skala (vor jedem Test)
- **Sniffin' Sticks®:**
  - Differenzierung (½-jährlich)
  - Schwelle (n-Butanol, Phenylethanol, ½-jährlich)
  - Identifizierung (12-/ 16-er HNO-Satz, ¼-jährlich)
  - Identifizierung (eigene Geruchsstoffe, ¼-jährlich)

# Schulung der Prüfergruppe

## Normenauszug

DIN ISO 16000-28:2012-12

Tabelle G.1 — Beispiel für ein Schulungsprogramm zum Aufbau

Schulungstag	Thematik	Aufgaben
Tag 1	Vorstellung des Schulungsplans Eingewöhnung	8 × Probenluft unterschiedlicher Acetonkonzentrationen
Tag 2	Training Eingewöhnung an die Bewertung von Innenraumausstattungen	4 × Probenluft unterschiedlicher Acetonkonzentrationen 4 × Probenluft aus Innenraumausstattungen
Tag 3	Training Eingewöhnung an den Prüfablauf	2 × Probenluft unterschiedlicher Acetonkonzentrationen (Kalibrierung) 6 × Probenluft aus Innenraumausstattungen
Tag 4	Prüfablauf für die Ermittlung des Schulungsergebnisses	2 × Probenluft unterschiedlicher Acetonkonzentrationen (Kalibrierung) 4 × Probenluft unterschiedlicher Acetonkonzentrationen 2 × Probenluft aus Innenraumausstattungen
Tag 5	Prüfablauf für die Ermittlung des Schulungsergebnisses, Auswertung der Schulung	2 × Probenluft unterschiedlicher Acetonkonzentrationen (Kalibrierung) 4 × Probenluft unterschiedlicher Acetonkonzentrationen 2 × Probenluft aus Innenraumausstattungen



© Fraunhofer IBP

# Durchführung der Geruchsbewertung – Vorbereitende Maßnahmen (Ausschnitt Prüfprotokoll)

Zu prüfender Parameter	Bedingungen	Abbruchkriterium		
Aceton als Propan-Äquivalent	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">                     Aceton 1 <b>( 4 pi )</b>                      Konz.Propan [ppm]                      IST: <u>30,2</u>                      SOLL: <u>27,8</u>                      Schwankung ± 3,5 ppm                 </td> <td style="width: 50%;">                     Aceton 2 <b>( 8 pi )</b>                      Konz.Propan [ppm]                      IST: <u>51,6</u>                      SOLL: <u>50,0</u>                      Schwankung ± 3,5 ppm                 </td> </tr> </table>	Aceton 1 <b>( 4 pi )</b> Konz.Propan [ppm] IST: <u>30,2</u> SOLL: <u>27,8</u> Schwankung ± 3,5 ppm	Aceton 2 <b>( 8 pi )</b> Konz.Propan [ppm] IST: <u>51,6</u> SOLL: <u>50,0</u> Schwankung ± 3,5 ppm	nein, aber nachjustieren
Aceton 1 <b>( 4 pi )</b> Konz.Propan [ppm] IST: <u>30,2</u> SOLL: <u>27,8</u> Schwankung ± 3,5 ppm	Aceton 2 <b>( 8 pi )</b> Konz.Propan [ppm] IST: <u>51,6</u> SOLL: <u>50,0</u> Schwankung ± 3,5 ppm			
Durchführung	<input checked="" type="checkbox"/> mit Beutel <input type="checkbox"/> direkt in der Prüfkammer, weil: _____	nein		
Überprüfung Darbietungssystem auf Geruchsneutralität (Probenbeutel, Trichter, Druckluft)	ja <input checked="" type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>	Ggf. zweiten Beutel kontrollieren		
ARS	<input type="checkbox"/> ARS 1 <input checked="" type="checkbox"/> ARS 2	nein		
Prüfraumtemperatur [°C]:	<u>22,5</u> empfohlener Sollwert 20 bis 25°C max. Schwankung ± 3 °C	nein		
Prüfraumfeuchte [%]:	<u>47,8%</u> empfohlener Sollwert 50 % ± 10 % r.F.	nein		
Empfundene Intensität des Prüfraumes [pi]:	<u>2 pi</u> Sollwert ≤ 4 pi	ja		
Auspresszeit des Beutels [sec]:	<u>28 sec</u> Sollwert 20 bis 30 sek	ja		

# Durchführung der Geruchsprüfung - Leistungstest

Proband Nr.	Aceton 1 (6 pi)	Aceton 2 (10 pi)	bestanden
1	5	9	ja
2	6	11	ja
3	6	9	ja
4	8	11	ja
5	4	9	ja
6	5	9	ja
7	2	10	nein
8	6	9	ja
9	6	10	ja
10	8	11	ja
11	6	12	ja
12	6	12	ja
13	7	5	nein
14	8	10	ja
15	5	9	ja
16	4	7	nein
17	4	8	ja
18	6	8	ja
19	6	10	ja

# Durchführung der Geruchsprüfung – Dokumentation der Leistungsprüfung

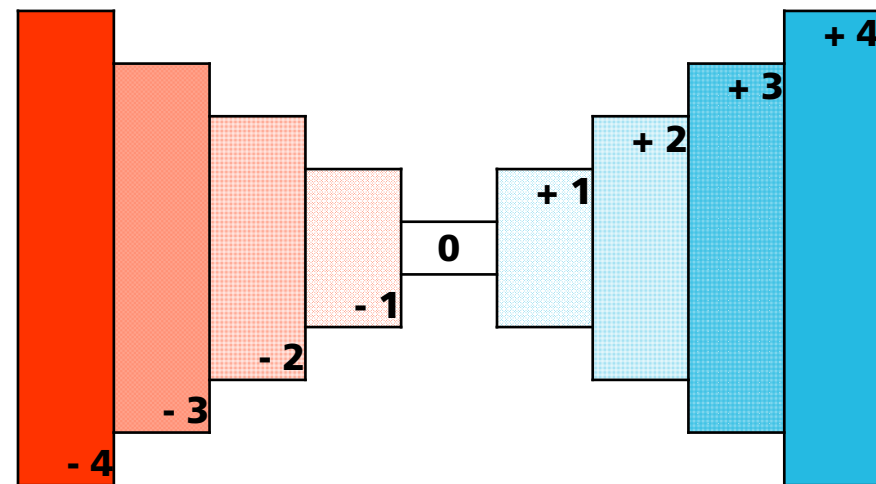
Prüfer	Test-serie	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		ja			nein	ja			nein					ja
2		ja	ja	ja				ja		nein		nein	ja	
3			ja	ja	ja	ja		ja	ja	ja		ja		ja
4		ja	ja	ja		ja		ja	ja	ja	ja	ja		
5													ja	
6											ja	ja		
7					ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja		ja	ja
8													ja	
9			ja			ja	ja	ja					ja	ja
10			ja									ja	ja	ja
11			ja	ja	ja	ja	ja		ja	ja		nein	ja	
12		ja			ja	ja							ja	nein
13		ja	ja											ja
14		ja	ja		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja		nein
15		ja		ja			ja	ja				ja		
16			ja		ja							ja		
17		ja							ja				ja	
18				ja				nein		ja				
19		nein	ja	ja		ja		ja	ja				ja	ja
20		ja	ja			ja	ja		ja	ja		ja	ja	
21				ja	ja	ja			nein	ja			ja	
22		ja		ja	ja									
23					ja	ja				ja	ja	ja		ja
24		ja						ja	ja				nein	ja
25		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja			ja	nein
26		nein		ja			ja	ja	ja		Ja	ja		
27		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja			ja	ja	ja
28		nein	ja		ja	ja	ja	nein	ja	ja	Ja	ja		ja
29			ja	ja		ja	ja		nein		Ja			
30													ja	ja
31		ja	ja	ja	ja				ja	ja			ja	nein
32						ja			ja		Ja	nein	ja	
33			ja	ja	nein						Ja	ja	ja	
34													ja	
35							ja	ja	ja		Ja			
36				ja									ja	
37			Ja	Ja			Ja		Ja	Ja				Ja
38			Ja	Ja				Ja		Ja		ja		

# Durchführung der Geruchsprüfung

Empfundene Luftqualität (perceived intensity)		
pi-Wert	c Aceton [mg/m <sup>3</sup> ]	IBP Bewertung
0	20	kaum wahr- nehmbar
1	40	
2	60	sehr schwach
3	80	
4	100	schwach
5	120	
6	140	deutlich
7	160	
8	180	stark
9	200	
10	220	sehr stark
11	240	
12	260	extrem stark
13	280	
14	300	
15	320	
16	340	



Kalibration; Bewertung; Abgleich  
Hedonik; Geruchsqualität





# Auswertung

## Formeln

1.) arithmetisches Mittel

$$\bar{x}_{\text{arithm}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

2.) Standardabweichung

$$S = \sqrt{S^2} := \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

3.) Genauigkeit der Prüfung (oberes und unteres Inter  
Bedingung:  $d \leq 2 [\pi]$

$$d = \frac{s}{\sqrt{n}} t_{(1-\alpha/2);n-1}$$

VB90% = Konfidenzintervall/ Verträ

n = Anzahl Prüfpersonen

xi = Einzelwerte (x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>...)

$\bar{x}$  = Mittelwert

d = halbe Breite des Vertrauensber

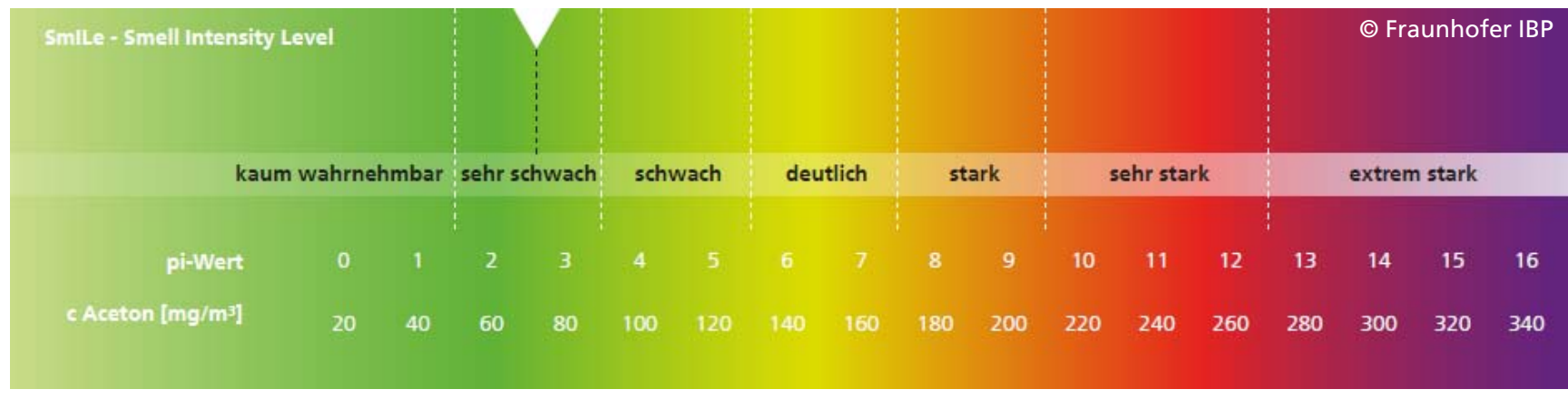
$t_{(100-\alpha/2);n-1}$  = zweiseitiges Perzentil der T-  
Verteilung

Stichprobengröße, Freiheitsgrade f (= n - 1)	$t_{(1-\alpha/2);n-1}$ (für 0,95 Quantil)
1	6,31
2	2,92
3	2,35
4	2,13
5	2,02
6	1,94
7	1,89
8	1,86
9	1,83
10	1,81
11	1,80
12	1,78
13	1,77
14	1,76
15	1,75
16	1,75
17	1,74
18	1,73
19	1,73
20	1,72

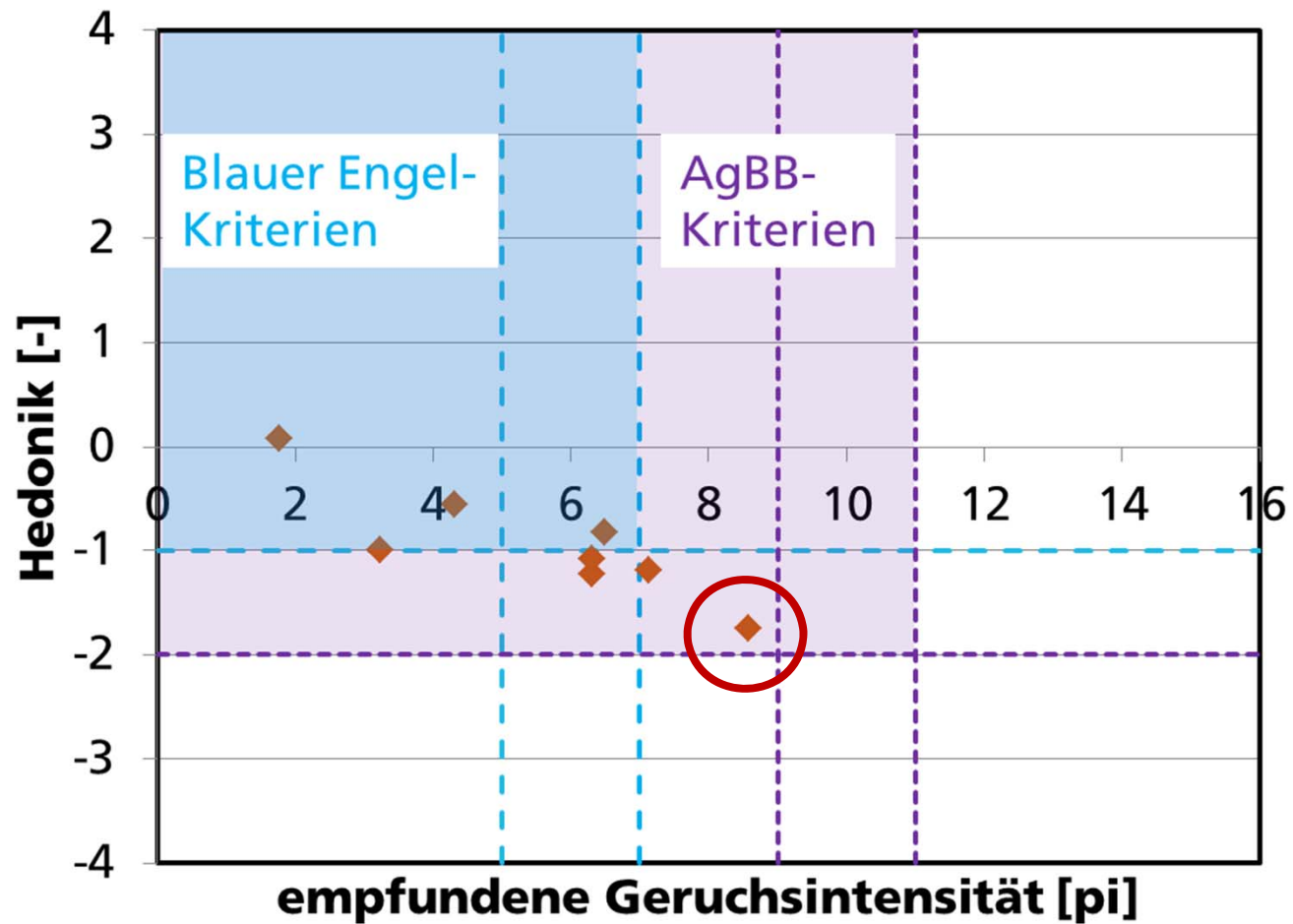
# Akkreditierung

**Seit 9/2014 sind Geruchstests am IBP bei der DAkkS (Deutsche Akkreditierungsstelle) akkreditiert.**

**Neben dem Prüfbericht mit der Geruchsbewertung bekommt ein Kunde zusätzlich ein Beiblatt, in dem der PI-Wert in eine verbale Intensitätsbeschreibung unseres IBP Panels „übersetzt“ wird:  
Smell Intensity Level SmILe™**

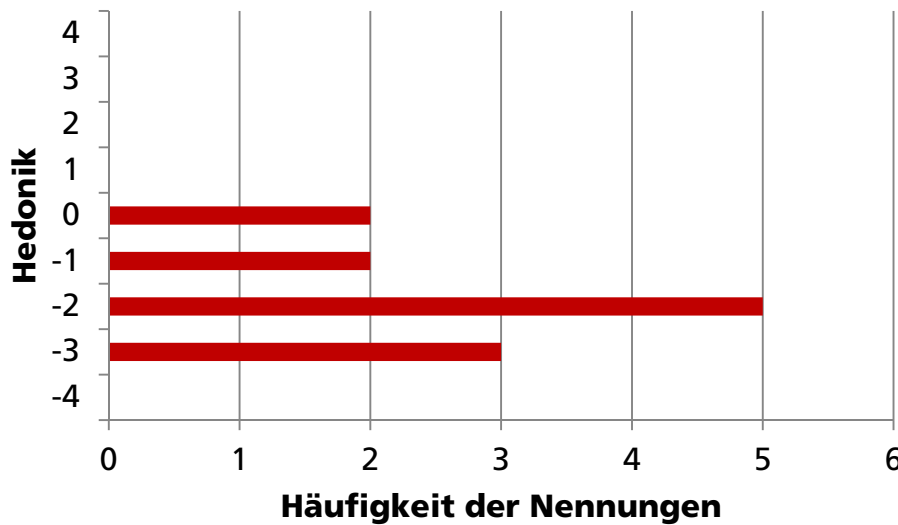
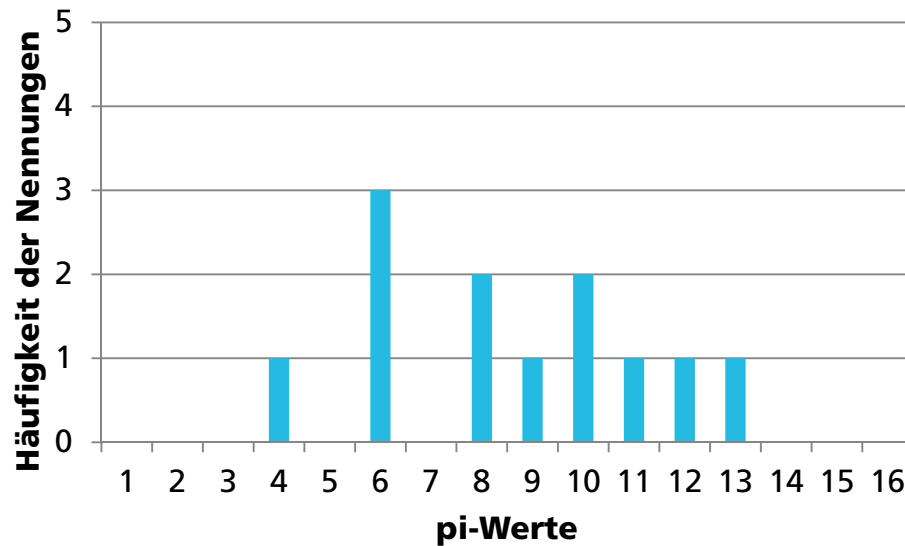


## Beispiel: Geruchsbewertung von Putzen



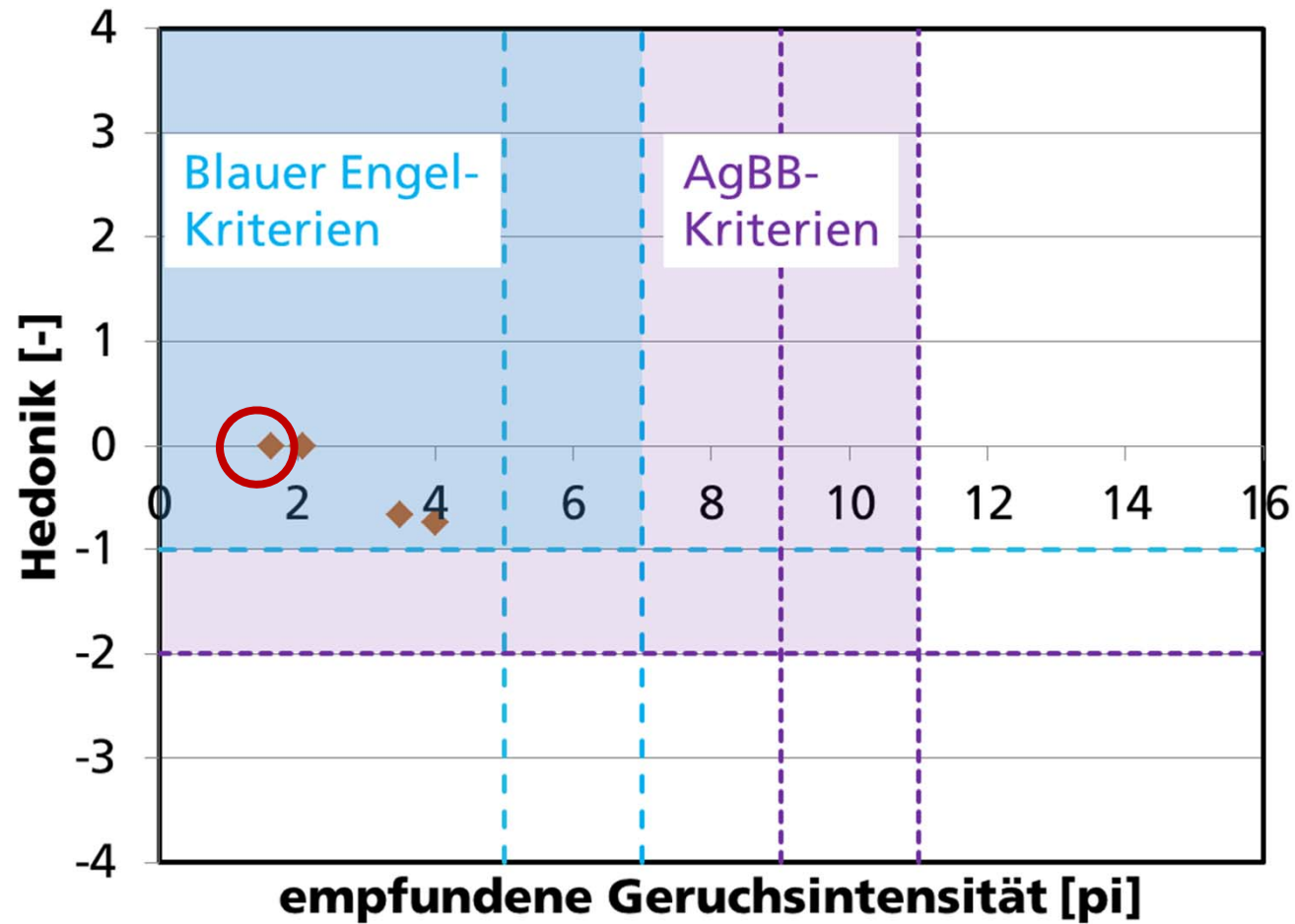
Burdack-Freitag, A.; Scherer, C.; Mayer, F.: Geruchsbewertung und Geruchsstoffanalytik pastöser Innenputze – Erfahrungsbericht zur DIN ISO 16000-28, Gefahrstoffe- Reinhaltung der Luft 3/2015, Seite 76-84

# Verteilung der Bewertungen

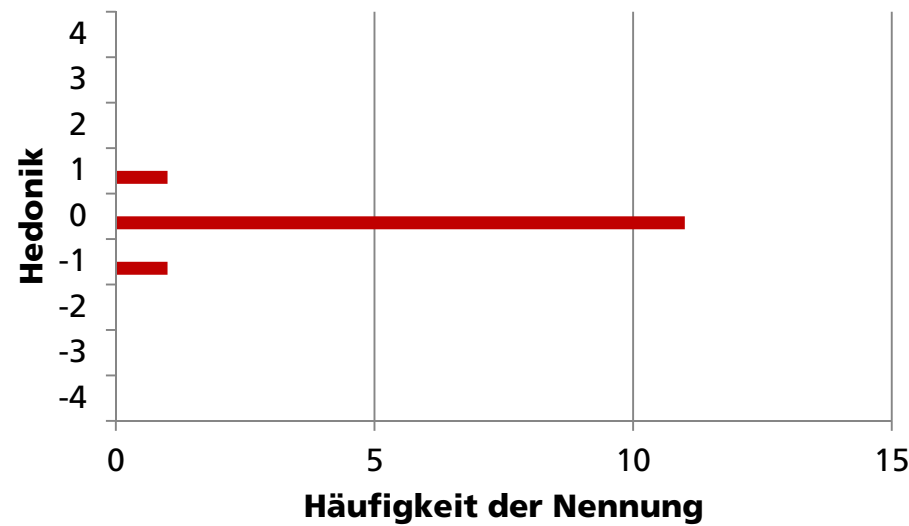
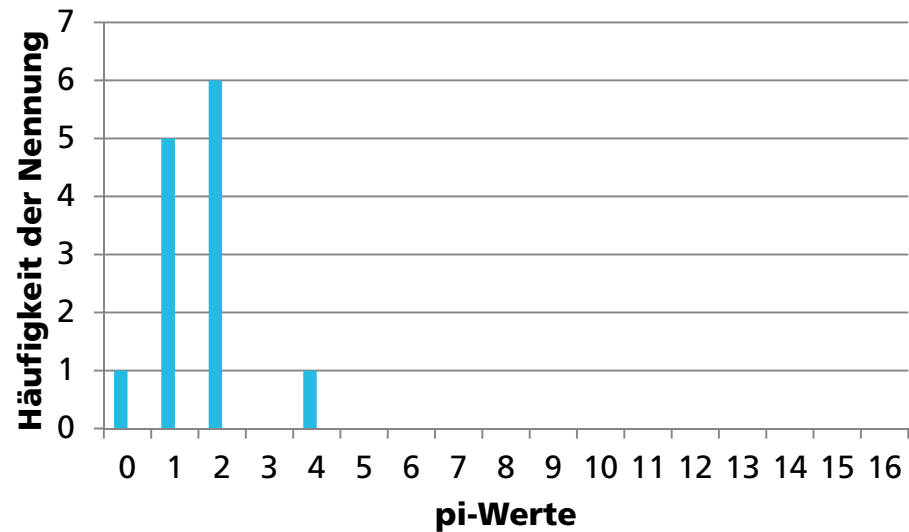


Proband	Pi-Wert	Hedonik
1	11	-2
2	4	-2
3	13	-2
4	12	-1
5	10	-3
6	9	-3
7	6	0
8	8	-2
9	8	-1
10	6	0
11	6	-3
12	10	-2
<b>X</b>	<b>8,58</b>	<b>-1,75</b>
<b>S</b>	<b>2,75</b>	<b>1,06</b>
<b>d</b>	<b>1,43</b>	<b>0,55</b>

# Beispiel: Geruchsbewertung von Dekor-Estrichen



# Verteilung der Bewertungen



Proband	Pi-Wert	Hedonik
1	2	0
2	1	1
3	1	0
4	2	0
5	1	0
6	2	0
7	2	0
8	0	0
9	1	0
10	2	-1
11	4	0
12	1	0
13	2	0
<b>X</b>	<b>1,62</b>	<b>0</b>
<b>S</b>	<b>0,96</b>	<b>0,41</b>
<b>d</b>	<b>0,47</b>	<b>0,20</b>

# Erkenntnisse

## Panel

- Probandenzahl muss genügend hoch sein.
- Regelmäßiges Training und Überprüfung der Riechfähigkeit sind notwendig.
- Geruchsqualitäten können objektiv zugeordnet werden.
- Größter Störfaktor: Lärm!

# Erkenntnisse

## Methode

- Keine Korrelation von TVOC und pi-Werten.
- Sensorische Prüfung kann durch Geruchsstoffanalyse ergänzt werden.
- Geeignet für die objektive Bewertungen von Bauproduktgerüchen, da erforderliche Genauigkeiten mit einem gut trainierten Panel erfüllt werden.
- Sehr gut für Vergleiche und Trends geeignet.
- Sehr gut zur begleitenden Überwachung von Produktoptimierungen geeignet.